

## প্রথম অধ্যায়

ল্যাবরেটরিভিত্তিক শিক্ষকের  
তত্ত্বীয় আলোচনা = ১৫ পিরিয়ড

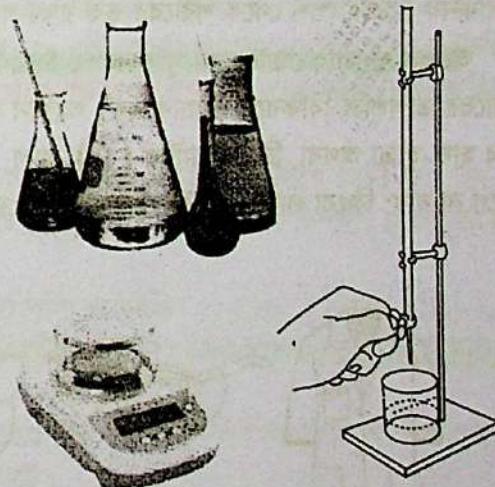
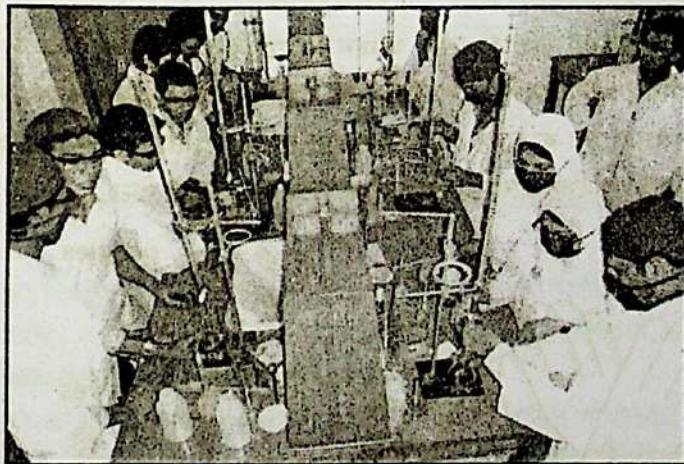
# ল্যাবরেটরির নিরাপদ ব্যবহার

## Safe Use of Laboratory

### ভূমিকা (Introduction)

রসায়ন হলো ল্যাবরেটরি বা পরীক্ষাগারকেন্দ্রিক বিজ্ঞান। পরীক্ষাগারে বিভিন্ন রাসায়নিক পদার্থের বৈশিষ্ট্য পরীক্ষা, পর্যবেক্ষণের মাধ্যমে শিক্ষার্থীরা রাসায়নের বিষয়বস্তুকে সঠিকভাবে জানতে পারে। ল্যাবরেটরিতে বিভিন্ন রাসায়নিক দ্রব্যাদি নিয়ে কাজ করতে হয়। সব রাসায়নিক ঘোগই কম-বেশি ক্ষতিকর, কোনোটা কম আবার কোনোটা বেশি। কোনো কোনো রাসায়নিক পদার্থ সত্যিকার অথেই বিপজ্জনক। তাই কতগুলো সতর্কতা রাসায়নের শিক্ষার্থীদের জানা আবশ্যিক। যেমন ল্যাবরেটরিতে নিজের ও সহপাঠীর সুরক্ষার কৌশল, গ্লাসসামগ্ৰী ব্যবহারবিধি, নির্ভুল পরিমাপ প্রক্ৰিয়া, পরিবেশের ওপর রাসায়নিক দ্রব্যের ক্ষতিকর প্রভাৱ এবং প্রভাৱ হ্রাসকৰণ উপায়, রাসায়নিক দ্রব্যের পরিমিত ব্যবহার নিশ্চিতকৰণ এবং সৰ্বোপরি যেহেতু ল্যাবরেটরিতে আগুন নিয়ে কাজ প্রায়ই করতে হবে বা বিভিন্ন বিষাক্ত রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহার করতে হবেই, তাই সৰ্বোচ্চ সচেতনতাৰ পাশাপাশি দৃষ্টিনাৰ হাত থেকে রক্ষাৰ কৌশল জেনে রাখতে হবে।

**অধ্যায়ের প্রধান শব্দসমূহ (Key Words) :** ল্যাবরেটরি নিরাপত্তা বিধি, গ্লাস যন্ত্ৰপাতি, বাৰ্নাৱ, আয়তনিক বিশ্লেষণ, টাইট্ৰেশন, ল্যাবরেটরি বৰ্জ্য, কেমিক্যাল ব্যালেন্স ও রাইডাৰ ধূৰ্বক, বিকাৰক, রাসায়নিক দ্রব্যেৰ পরিমিত ব্যবহার, পরিবেশেৰ ওপৰ রাসায়নিক দ্রব্যেৰ ক্ষতিকৰণ প্ৰভাৱ, হ্যাজাৰ্ড সিস্টল, সেমিমাইক্রো ও মাইক্রো বিশ্লেষণ, ফাস্ট-এইড বক্স।



### শিখনফল : এ অধ্যায় পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা—

১. ল্যাবরেটরিতে নিজের ও সহপাঠীর নিরাপত্তা নিশ্চিত কৰে যথাযথ কাজ কৰতে পাৰবে।
২. নিয়মানুযায়ী ও নিরাপত্তাৰ সাথে গ্লাসসামগ্ৰী ব্যবহাৰ কৰতে পাৰবে।
৩. ল্যাবরেটরি, যন্ত্ৰপাতি ও গ্লাসসামগ্ৰী পৰিচ্ছন্ন রাখতে পাৰবে।
৪. যথাযথ যন্ত্ৰ ব্যবহাৰ কৰে পদার্থেৰ ভৱ নির্ভুল পৰিমাপ কৰে প্ৰমাণ দ্ৰবণ তৈৰি কৰতে পাৰবে।
৫. টাইট্ৰেশন কালো কনিকেল ফ্লাক্ৰ, ব্যৱেট, পিপেট ও ওয়াশ বোতলেৰ সঠিক ব্যবহাৰ কৰতে পাৰবে।
৬. নিরাপত্তা নিশ্চিত কৰে তাপীয় পৰীক্ষা সম্পাদন কৰতে পাৰবে।
৭. বোতলেৰ বিকাৰক বা রিএজেন্টকে (reagent) তেজোলমুক্ত রাখতে পাৰবে।
৮. প্ৰয়োজনীয় সতৰ্কতা অবলম্বন কৰে রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহাৰ ও ল্যাবরেটোৰি বুকিহাস কৰতে পাৰবে।

৯. রাসায়নিক দ্রব্য সঠিকভাবে ও যথাস্থানে সংরক্ষণ ও পরিত্যাগ করতে পারবে।
১০. পরিবেশের ওপর ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক দ্রব্যের অভিরক্তি ব্যবহারের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১১. ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক দ্রব্যের পরিমিত ব্যবহারে সচেতনতা প্রদর্শন করবে।
১২. রাসায়নিক বিশ্লেষণে সেমিমাইক্রো ও মাইক্রো অ্যানালিটিক্যাল পদ্ধতি ব্যবহার করে দেখাতে পারবে।
১৩. দুর্ঘটনা প্রতিরোধে নিরাপত্তাসামগ্ৰী সংরক্ষণ ও প্রয়োজনে তা ব্যবহার করতে পারবে।
১৪. ল্যাবরেটরি দুর্ঘটনায় ফাস্ট-এইড বক্স ব্যবহারবিধি জেনে প্রাথমিক চিকিৎসা দিতে পারবে।

টিপস : ওয়েবসাইট (*Ref: http://www.sciencelab.com/msdsList.php*) থেকে সংশ্লিষ্ট রাসায়নিক পদার্থসমূহের Material Safety Data Sheet (MSDS) সংরক্ষণ প্রক্রিয়া ও সতর্ক ব্যবহার জেনে নাও।

## ১.১ ল্যাবরেটরি ব্যবহার বিধি : পোশাক, নিরাপদ গ্লাস, মাস্ক ও হ্যান্ড গ্লাভস Laboratory Rules to Use : Dress, Safety Glass, Mask & Hand Gloves

ল্যাবরেটরিতে কাজ শুরু করার পূর্বে প্রতিটি শিক্ষার্থীকে প্রথমত মানসিক প্রস্তুতি, দ্বিতীয়ত কলেজ-ড্রেস বা ইউনিফরম রক্ষা, তৃতীয়ত পরীক্ষাকালীন ব্যবহৃত রাসায়নিক পদার্থের ক্ষতিকর সংস্পর্শ এবং ভাঙ্গা কাচের আঘাত ইত্যাদি থেকে নিজের নিরাপত্তা নিশ্চিত করতে হবে। তাই নিম্নোক্ত বিধি অনুসরণ করে অ্যাপ্রন, নিরাপদ চশমা, হ্যান্ড গ্লাভস, মাস্ক ইত্যাদি যথাযথ ব্যবহার করে ল্যাবে কাজ করতে হবে।

(১) অ্যাপ্রন (apron) : প্রত্যেক শিক্ষার্থী রাসায়ন পরীক্ষাগারে ঢোকার আগে সাদা অ্যাপ্রন বা ল্যাব কোট পরে নিতে হবে। এতে প্রথমত শিক্ষার্থীর মানসিক প্রস্তুতি লাভ; দ্বিতীয়ত রাসায়নিক দ্রব্য থেকে কলেজ ড্রেস সুরক্ষা ও তৃতীয়ত রাসায়নিক দ্রব্যের স্পর্শ থেকে শরীরের ত্বক রক্ষা পায়।

অ্যাপ্রন বা ল্যাব কোট সাদা সূতি কাপড় দিয়ে তৈরি করা হয়। সূতি কাপড়ের অ্যাপ্রন আরামদায়ক হয়। সাদা সূতি কাপড় শরীরের তাপশক্তি বিকিরণে সহায় করে। অ্যাপ্রন বা ল্যাব কোটটি বেশি টিলেচালা হওয়া বাঞ্ছনীয় নয়। কেমিস্ট্রি ল্যাব কোট হবে হাফ-হাতা অথবা, ত্রি-কোয়াটার ( $\frac{3}{4}$ ) হাতা, যেন অ্যাপ্রনের বা ল্যাব কোটের হাতায় কোনো রাসায়নিক পদার্থ সহজে লেগে না যায়; কিংবা ল্যাব কোটের কোনো অংশ যেন সহজে বুনসেন বার্নারের শিখার সংস্পর্শে না আসতে পারে।



চিত্র-১.১ : অ্যাপ্রন, নিরাপদ চশমা, গ্লাভস ও ক্যাপ।

(২) নিরাপদ চশমা : ক্ষতিকর ও সহজে উদ্বায়ী রাসায়নিক পদার্থসহকারে পরীক্ষা কাজ করার সময় চোখে নিরাপদ চশমা বা গগলস ব্যবহার করতে হবে; এতে ছিটকে পড়া রাসায়নিক পদার্থ, রাসায়নিক পদার্থের ধোয়া থেকে চোখ রক্ষা পায়। ল্যাবরেটরিতে ব্যবহৃত অনেক রাসায়নিক পদার্থের বাল্প কোমল চোখের জন্য ক্ষতিকর হতে পারে। অথবা কাজ করার সময় অসতর্ক মুহূর্তে ক্ষতিকর রাসায়নিক পদার্থ ছিটকে চোখে পড়তে পারে। এমন কী যে কোনো সময়ে কোনো দুর্ঘটনায় ও রাসায়নিক ল্যাবে বিষাক্ত ধোয়ার সৃষ্টি হতে পারে। তাই রাসায়নিক পরীক্ষাগারে এ ধরনের অনাকাঙ্ক্ষিত দুর্ঘটনার ক্ষতিকর প্রভাব থেকে নিজেকে রক্ষা করতে নিরাপদ চশমা বা safety glass ব্যবহার করতে হয়।

(৩) হ্যান্ড গ্লাভস : ক্ষয়কারক ও বিষাক্ত রাসায়নিক পদার্থের বোতল ধরার আগে হাতে হ্যান্ড গ্লাভস পরতে হবে। এতে ক্ষয়কারক রাসায়নিক পদার্থ যেমন- এসিড, ক্ষার ও বিভিন্ন ক্ষতিকারক রাসায়নিক পদার্থের সংশ্পর্শ হাতে ঘটবে না। বাজারে কম দামে পাওয়া সিনথেটিক জিটেক্স, ল্যাটেক্স ও ভিনাইল হ্যান্ড গ্লাভস পচনশীল নয় এবং অধিক দাহ্য। তাই **পরিবেশবান্ধব পচনযোগ্য নাইট্রাইল রাবার গ্লাভস ব্যবহার করা উচিত।**

\* গাঢ় এসিড ব্যবহারের সময় এসিডের বোতলের গায়ে অসাবধানতাবশত গাঢ় এসিড লেগে থাকলে এবং তা হাতের সংশ্পর্শে আসলে তখন হাতের ক্ষতি হওয়ার সত্ত্বাবনা থাকে। এক্ষেত্রে হাতে হ্যান্ড গ্লাভস পরা থাকলে হাতের কোনো ক্ষতি হওয়ার সত্ত্বাবনা থাকে না।

\* ল্যাবরেটরিতে ব্যবহৃত ফিল্টার পেপার, কাচের টুকরা, ভাঙা কর্ক ইত্যাদিকে ডাট্টবিনে ফেলার ক্ষেত্রে হাতে হ্যান্ড-গ্লাভস ব্যবহার করা উচিত। এক্ষেত্রে ল্যাবরেটরিতে ব্যবহৃত রাসায়নিক বস্তু দ্বারা সৃষ্টি ক্ষতিকর প্রভাবের মাত্রার ওপর নির্ভর করে বিভিন্ন প্রকার হ্যান্ড-গ্লাভস ব্যবহার করতে হয়। বাজারে বিভিন্ন ধরনের হ্যান্ড-গ্লাভস পাওয়া যায়। যেমন-

(ক) নাইট্রাইল গ্লাভস (Nitrile gloves) : নাইট্রাইল গ্লাভস **সংশ্লেষিত রাবার অ্যাক্রাইলো নাইট্রাইল** ( $\text{CH}_2=\text{CHCN}$ ) ও বিউটা ডাইইন-এর কো-পলিমার। থেকে তৈরি করা হয়। এটি বেশ নমনীয়, জীবাণু সংক্রমণ রোধক ও বৈদ্যুতিক শক্তি রোধক; বিভিন্ন ক্ষয়কারক রাসায়নিক পদার্থ যেমন- এসিড, ক্ষার, লবণ, জৈব দ্রাবক, ডিটারজেন্ট ইত্যাদি প্রতিরোধী বটে। তাই **ল্যাবরেটরিতে প্রধানত নাইট্রাইল গ্লাভস ব্যবহৃত হয়।** নাইট্রাইল গ্লাভসে কোনো প্রোটিন উপাদান থাকে না; তাই এটির ব্যবহারে হাতে কোনো এলার্জি সৃষ্টি হয় না।

(খ) জিটেক্স গ্লাভস (Zetex gloves) : ছোটখাটো জুলত বস্তু নিয়ে কাজ করার সময় জিটেক্স গ্লাভস ব্যবহার করা হয়। এটি তাপ রোধক অ্যাসবেন্টস গ্লাভসের বিকল্পপে ব্যবহৃত হয়। জিটেক্স হলো ফাইবার কাচ দ্বারা তৈরি উললাইনিং বা নাইট্রাইল আস্তরণযুক্ত আরামদায়ক গ্লাভস।

(গ) ল্যাটেক্স গ্লাভস (Latex gloves) : চামড়ায় ক্ষয় ও জুলা সৃষ্টিকারী রাসায়নিক পদার্থের ব্যবহারকালে ল্যাটেক্স গ্লাভস ব্যবহার করা হয়। এটি সংক্রামক পদার্থের বিরুদ্ধেও প্রতিরোধ সৃষ্টি করে। এটি প্রাকৃতিক রাবার ল্যাটেক্স থেকে তৈরি করা হয়। **ল্যাটেক্স-রাবার গ্লাভস ব্যবহারে বৈদ্যুতিক শক্তি বা তুকে ক্ষত সৃষ্টি থেকে রক্ষা পাওয়া যায়।** ল্যাটেক্স রাবারে প্রোটিন থাকায় এটি ব্যবহারকারীর হাতে এলার্জি সৃষ্টি করতে পারে।

(ঘ) PVC বা ভিনাইল গ্লাভস (Vinyl gloves) : এটি পলিভিনাইল ক্লোরাইড বা PVC দিয়ে তৈরি করা হয়। সাধারণত মৃদু ক্ষয়কারী পদার্থ এবং তুকে বিরক্তিকর অনুভূতি সৃষ্টিকারী রাসায়নিক পদার্থের ব্যবহারকালে ভিনাইল গ্লাভস হাতে পরা হয়।

(ঙ) নিওপ্রেন গ্লাভস (Neoprene gloves) : এটি নিউপ্রিন রাবার বা পলিক্লোরোপ্রিন  $(-\text{CH}_2\text{CCl}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$  দিয়ে তৈরি। এটি বেশ নরম এবং তাপরোধী। মৃদু ক্ষয়কারী পদার্থ, তেল জাতীয় পদার্থ ও জৈব দ্রাবক পদার্থ নিয়ে ল্যাবে কাজ করার বেলায় নিউপ্রিন গ্লাভস হাতে পরা শ্রেণী।

(চ) প্রাকৃতিক রাবার গ্লাভস : প্রাকৃতিক রাবার গ্লাভস সাধারণত ব্যবহৃত হয় মৃদু ক্ষয়কারক পদার্থের সংশ্পর্শ থেকে তুককে রক্ষা করার উদ্দেশ্যে। এটি বৈদ্যুতিক শক্তি (Shock) প্রতিরোধকও বটে।

(৪) মাস্ক : ক্ষতিকারক গ্যাস বা রাসায়নিক পদার্থের বাস্পের প্রস্তুতি বা ব্যবহারের আগে মাস্ক পরতে হবে। এক্ষেত্রে ল্যাবরেটরি প্রেকটিক্যাল বইয়ে নির্দেশনা দেয়া থাকে। সাধারণত বিভিন্ন পরীক্ষায়  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$  প্রভৃতি ক্ষতিকর গ্যাস উৎপন্ন হয়। এসব গ্যাসের প্রভাবে শ্বাসকষ্ট, মাথা ধরা ও চোখে পানি আসা, জুলা করা ইত্যাদি ঘটে। মাস্ক পরে এসব ক্ষতির মাত্রা কমানো যায়।

(৫) পায়ে জুতা পরতে হবে (স্যান্ডল নয়)।

(৬) লম্বা চুল বেঁধে মাথায় ক্যাপ পরতে হবে।

বাজারের প্লাষ্টিকের চশমা ব্যবহারের ক্ষেত্রে দেখতে হবে ঐ প্লাষ্টিকের চশমার দুই পার্শ্বে যেন রক্ষা প্লেট (shields) থাকে, যাতে কোনো রাসায়নিক দ্রব্য ও ধোয়া ইত্যাদি চোখের পার্শ্বে দিয়ে প্রবেশ করতে না পারে। ল্যাবরেটরিতে এরপে নিজের ও সহপাঠীর সুরক্ষা নিশ্চিত করে পরীক্ষা কাজ সুস্পন্দন করা যাবে।

(৭) ল্যাবরেটরিতে দোকার পর সব দরজা জানালা খোলা না থাকলে নিজে ঐ সব জানালা খুলে দিয়ে পর্যাপ্ত বায়ু চলাচলের ব্যবস্থা রাখতে হবে।

**শিক্ষার্থীর কাজ-১.১ : ল্যাবরেটরি ব্যবহার বিধিভিত্তিক :**

প্রশ্ন-১.১ : উপকরণ : **অ্যাথন, নিরাপদ চশমা, হ্যান্ড গ্লাভস ও মাস্ক।**

উপরোক্ত উপকরণ যথাযথ ব্যবহার করে নিজের নিরাপত্তা নিশ্চিত করে তুমি কীভাবে ল্যাবে কাজ করবে তা বিশ্লেষণ কর।

টিপস : (১) সিনথেটিক কাপড়, অলংকার পরিধান করবে না। টাইট কাপড় পরবে।

(২) **সিনথেটিক গ্লাভসের পরিবর্তে নাইট্রাইল গ্লাভস ব্যবহার করা উচিত।** কারণ এটি মাইক্রো অর্গানিজম বা অণুজীব দ্বারা আক্রান্ত হয়ে মাটিতে মিশে যায়।

### ১.১.১ ল্যাবরেটরিতে শিক্ষার্থীর কর্মকাণ্ড ও করণীয়

#### How to behave during Lab. Activities

পরীক্ষাগারে নিরাপদ পরিবেশ সৃষ্টি ও অঙ্গুশ রাখতে হলে কতিপয় 'সোনালি বিধি' (golden rules) পালন অত্যাবশ্যক।  
সেগুলো হলো- নিয়মানুবর্তিতা, যত্নশীলতা, অধ্যবসায়, পরিশ্রম, সুবিবেচনা ও পরিচ্ছন্নতা।

- ১। ল্যাবরেটরিতে আসার আগে বই পড়ে সংশ্লিষ্ট পরীক্ষা কাজের স্বচ্ছ ধারণা নিয়ে ভালোভাবে প্রস্তুত হয়ে আসতে হবে।
  - ২। ল্যাবরেটরিতে চিংকার, জোরে জোরে কথা বলা অবশ্যই পরিহার করতে হবে, যাতে করে পরীক্ষা কাজে মনোনিবেশে ব্যাঘাত না ঘটে।
  - ৩। যে ডেক্সে কাজ করতে হবে, সে ডেক্সটি যাতে অত্যন্ত পরিচ্ছন্ন থাকে, সেদিকে খেয়াল রাখতে হবে। ল্যাবরেটরি ত্যাগের আগে ব্যবহৃত সকল কাচসামগ্ৰী উত্তমরূপে বোতকরণ সামগ্ৰী দিয়ে ধূয়ে ডেক্সের ওপরে সাজিয়ে রাখতে হবে।
  - ৪। কোনো একটা পরীক্ষা কাজ সম্পন্ন করার সাথে সাথে এবং ল্যাবরেটরি ত্যাগ করার আগে অবশ্যই সাবান দিয়ে হাত ধূয়ে নিতে হবে।
  - ৫। অব্যর্থ বুনসেন বার্নার জ্বালিয়ে রাখা যাবে না।
  - ৬। বইপত্র, খাতা, ব্যাগ, পানীয় বোতল ডেক্সের ওপর ছড়িয়ে ছিটিয়ে রাখা ঠিক নয়।
  - ৭। পরীক্ষণ পদ্ধতি সতর্কতার সাথে অনুসরণ করতে হবে।
  - ৮। ব্যালেস পরিচ্ছন্ন রাখা আবশ্যিক। ব্যালেসের প্যান এবং আশপাশ রাসায়নিক দ্রব্য মুক্ত রাখতে হবে।
  - ৯। তাড়াহড়া করে পরীক্ষা কাজ শেষ করে চলে যাওয়ার প্রবণতা পরিহার করতে হবে।
  - ১০। কাজ করার সময় সম্পূর্ণ মনোযোগী হতে হবে, কোনোক্রমেই অন্যমনক হওয়া যাবে না।
  - ১১। রাসায়নিক দ্রব্যের গন্ধ ও স্বাদ নেয়া বাস্ত্রের পক্ষে ঝুঁকিপূর্ণ। তাই রাসায়নিক দ্রব্যের কখনো সরাসরি গন্ধ ও স্বাদ নেয়া যাবে না।
  - ১২। রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহারের পূর্বে বোতলের লেভেল সঠিকভাবে দেখে নিশ্চিত হয়ে ব্যবহার করতে হবে। ব্যবহার শেষে এই রাসায়নিক দ্রব্যের বোতল যথাস্থানে রাখতে হবে।
  - ১৩। রাসায়নিক বর্জ্য পদার্থকে ল্যাবরেটরিতে রাখা ডাক্টবিলে পরিত্যাগ করতে হবে।
  - ১৪। গাঢ় এসিডকে পানিসহকারে লঘুকরণের বেলায় বইয়ে দেয়া নির্দেশমতো সতর্কতার সাথে লঘুকরণ করতে হবে।
  - ১৫। উল্লেখ গ্লাসের যন্ত্রপাতিকে ঠাণ্ডা পানিতে ডুবানো যাবে না; এতে উল্লেখ গ্লাসসামগ্ৰী ফেটে যায়।
  - ১৬। ল্যাবরেটরিতে অনেক সহপাঠী এক সাথে কাজ করতে হয়, তখন নিজের নিরাপত্তার সাথে অন্যান্য সহপাঠীদের নিরাপত্তার বিষয়েও উরুত্সবকারে মনে রাখা প্রয়োজন।
- সর্বোপরি ল্যাবরেটরিতে শিক্ষকের নির্দেশ অন্তো পরীক্ষা কাজ শেষ করে গণনা কাজসহ সিদ্ধান্ত সম্পন্ন করতে হয়।

## ১.২ গ্লাসসামগ্রী ব্যবহারের নিরাপদ কৌশল Safe-Techniques to Use Lab Apparatus

ল্যাবরেটরিতে গ্লাসসামগ্রী ব্যবহার করে অধিকাংশ পরীক্ষা কাজ করতে হয়। গ্লাসসামগ্রীর মধ্যে রয়েছে গ্লাস টেন্টিউব, বিকার, ফানেল, কনিকেল ফ্লাক্স, মেজারিং বা পরিমাপক ফ্লাক্স, পিপেট, ব্যুরেট, মেজারিং সিলিন্ডার, গোলতলি ফ্লাক্স, গ্লাস রড, গ্লাস টিউব, লিবিগ শীতক ইত্যাদি। ল্যাবরেটরিতে কাজের সময় এ সব গ্লাসের তৈরি যন্ত্রপাতি আঘাতে সহজে ভেঙে যায়। ভাঙা গ্লাস ধারালো হয় এবং গায়ে লাগলে চামড়া কেটে গিয়ে রক্তপাত হতে পারে।

(ক) গ্লাসের যন্ত্রপাতি ভাঙার সম্ভাব্য রুঁকি বা কারণগুলো হলো—

- (১) গ্লাসসামগ্রী ধোয়ার সময় পানির ট্যাপে বা বেসিনে আঘাত লাগা।
- (২) হোল্ডার দ্বারা গ্লাস টিউব ফিটিং কালে বেশি চাপ দেয়া ও ব্যবহার কালে সতর্ক না থাকা।
- (৩) ক্ল্যাম্প দ্বারা স্ট্যান্ডের সাথে আটকানোর সময় অসতর্কতাবে অধিক চাপ প্রয়োগে গ্লাসসামগ্রী ভেঙে যায়।
- (৪) গ্লাস যন্ত্রের বাইরের দেওয়ালে পানি থাকা অবস্থায় উত্পন্ন করা।

(৫) ছিদ্র করা কর্ক বা রাবার স্ট্যাপের মধ্যে গ্লাস টিউব বা থার্মোমিটার ফিট করতে বিশেষ সতর্কতা নিতে হয়। যেমন গ্লাস টিউব ও স্ট্যাপকে টাওল (কাপড়) জড়িয়ে স্ট্যাপের ছিদ্র পথে গ্লাসটিউব চেপে ঢুকাতে হবে। যদি এ সময় গ্লাস ভেঙে যায়; তবে ভাঙা গ্লাস হাত কাটবে না। যদি সহজে গ্লাস টিউব না ঢেকে, তখন ছিদ্র বড় করে এবং পানি বা গ্লিসারিন দিয়ে ভিজিয়ে নিতে হবে। অসতর্কতাবশত এক্ষেত্রে হাত কেটে যেতে পারে।

(৬) গ্লাসসামগ্রী ওপর থেকে নিচে পড়ে গেলে ভেঙে যায়। তাই সতর্কতাই গ্লাসসামগ্রী নষ্ট হওয়া থেকে রক্ষা করা সম্ভব।

(খ) গ্লাসসামগ্রীর শ্রেণিকরণ ভিত্তিতে এদের ব্যবহার : রাসায়নিক ল্যাবে ব্যবহৃত গ্লাসসামগ্রীকে এদের তৈরিতে ব্যবহৃত গ্লাস বা কাচের উপাদান অনুসারে (১) Soft glass বা কোমল গ্লাসসামগ্রী ও (২) শক্ত গ্লাস বা পাইরেক্স গ্লাস (pyrex glass) এ দু'শ্রেণিতে বিভক্ত করা যায়।

\* Soft গ্লাস দিয়ে তৈরি গ্লাসসামগ্রী হলো কাচনল, বিকার, ওয়াচ-গ্লাস, ফানেল, রি-এজেন্ট বা বিকারক বোতল, লিবিগ শীতক ইত্যাদি। Soft গ্লাস বা কোমল গ্লাস তৈরি সামগ্রী বুনসেন বার্নারের শিখায় উত্পন্ন করলে সহজে গলে নরম হয়ে যায় অর্থাৎ কোমল গ্লাস কম তাপ সহ্য করতে পারে। কোমল গ্লাসসামগ্রী বাদামি বা খুব শুক্র থাকে না। অপরদিকে

\* পাইরেক্স বা শক্ত পটাস গ্লাস দিয়ে তৈরি সামগ্রী হলো বিকার, রিএজেন্ট বোতল, কনিকেল ফ্লাক্স, ~~পিপেট, ব্যুরেট,~~ মেজারিং সিলিন্ডার, মেজারিং ফ্লাক্স বা আয়তনিক ফ্লাক্স, গোলতলি ফ্লাক্স, পাতন ফ্লাক্স ইত্যাদি। শক্ত গ্লাসের তৈরি সামগ্রী উচ্চ তাপসহ ও খুব শক্ত হয়। তাই ল্যাবের বিভিন্ন কাজের জন্য পাইরেক্স গ্লাসসামগ্রী নিরাপদে ব্যবহার করা যায়। যেমন উচ্চ তাপমাত্রায় উত্পন্নকরণ, রাসায়নিক পদার্থ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত গোলতলি ফ্লাক্স, পাতন প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত ফ্লাক্স ও ভ্যাকুয়াম পরিস্রাবণ প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি পাইরেক্স গ্লাস দ্বারা তৈরি করা হয়। [রসায়ন-২য় পত্র, অনুচ্ছেদ-৫.৫ এর 'বিভিন্ন প্রকার কাচ' দেখো]

রাসায়নিকভাবে, পাইরেক্স গ্লাস হলো জিংক অক্সাইড ও বেরিয়াম বোরো সিলিকেটস্ মিশ্রণ দিয়ে তৈরি গ্লাস। অপরদিকে কোমল গ্লাস বা Soft গ্লাস হলো সোডিয়াম ও ক্যালসিয়াম সিলিকেটস্-এর মিশ্রণ থেকে তৈরি গ্লাস।

\* উল্লেখ্য কোনো রাসায়নিক পদার্থের মিশ্রণ বা কোনো দ্রবণকে তাপ দিতে হলে শক্ত পটাস গ্লাস বা পাইরেক্স গ্লাস নির্মিত বিকার অথবা কনিকেল ফ্লাক্স ব্যবহার করতে হয়।

\* পাইরেক্স গ্লাসের সংকেত হলো,  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot \text{ZnO} \cdot \text{BaO} \cdot x(\text{SiO}_2 \cdot \text{B}_2\text{O}_3)$

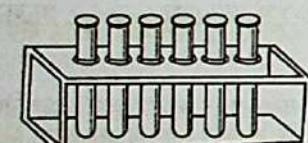
\* শক্ত পটাস গ্লাসের সংকেত হলো,  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot x\text{SiO}_2$

আমরা এখন ল্যাবরেটরিতে ব্যবহার্য বিভিন্ন গ্লাসের যন্ত্রপাতি চিনে নেব। [চিত্র-১.২]

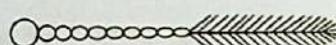
### ১.৩ ল্যাবরেটরি, যন্ত্রপাতি ও গ্লাসসামগ্ৰী পরিষ্কার কৰাৰ কৌশল

#### Techniques to Clean Equipments, Glass Apparatus and Laboratory

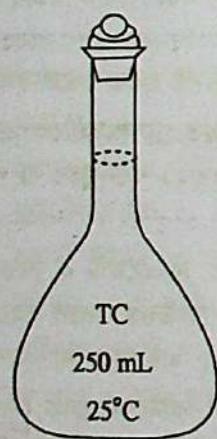
কলেজের কেমিস্ট্রি ল্যাবরেটরি বা রসায়ন পরীক্ষাগারের নিজস্ব বৈশিষ্ট্যের অবকাঠামো থাকে। এ পরীক্ষাগারের মধ্যে থাকে বিভিন্ন প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি, রাসায়নিক দ্রব্যাদি এবং বিভিন্ন পরীক্ষা সংশ্লিষ্ট গ্লাসসামগ্ৰী। সাধাৰণত কাঠামোগতভাৱে, কেমিস্ট্রি ল্যাবরেটরিতে দু'সারি দীৰ্ঘ টেবিল থাকে, প্রতিটি দীৰ্ঘ টেবিলে শিক্ষার্থীৰ ব্যবহারযোগ্য ডেক্স এবং ডেকেৰ ওপৰ রিএজেন্ট বোতল সাজিয়ে রাখাৰ শেল্ফ যুক্ত থাকে। এ ছাড়া পানি সরবৰাহেৰ ওয়াটাৰ সাপ্লাই নল ও বেসিন এবং বুনসেন বাৰ্নাৰেৰ গ্যাস সাপ্লাই নল বিন্যস্ত থাকে। রাসায়নিক দ্রব্যাদি সংৰক্ষণেৰ জন্য পৃথক আলমাৰি, শেল্ফ থাকে; গ্লাসসামগ্ৰী এবং ধাতব ও প্লাস্টিক যন্ত্রপাতিকে পৃথক আলমাৰিতে রাখা হয়।



টেষ্ট টিউব স্ট্যাডে রাখা টেষ্ট টিউব



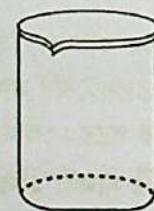
টেষ্ট টিউব ব্ৰাশ



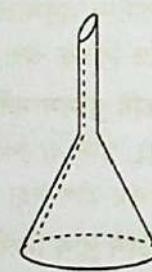
১. পৰিমাপক ফ্লাস্ক



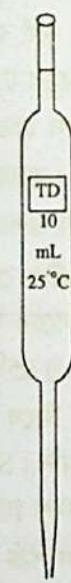
২. কনিকেল ফ্লাস্ক



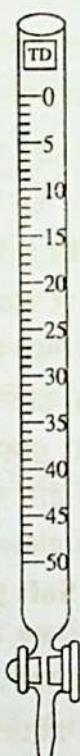
৩. বিকাৰ



৪ ফানেল



৫. পিপেট



৬. বুনোট

চিত্ৰ-১.২ : গুণগত বিশ্ৰেণ ও আয়তনিক বিশ্ৰেণ কাজে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি।

**চিপস :** পিপেট, বুনোট, কনিকেল ফ্লাস্ক পাইৱেল্স কাচ ধারা তৈৰি; এজন্য এগুলো তাপে সহজে ভাঙ্গে না।

**চেক কৰা :** বুনোট, পিপেট, কনিকেল ফ্লাস্ক, ফানেল প্ৰভৃতি কাচেৰ পাত্ৰসমূহ ধোয়াৰ পৰ যদি এদেৱ গায়ে ফোঁটা ফোঁটা পানিৰ কণা দেখা যায় তাহলে বুনোটে এসব পৰিষ্কাৰ হয়নি।

(১) ল্যাবরেটোৰি পৰিষ্কাৰ রাখাৰ কৌশল : ল্যাবরেটোৰিৰ সমস্ত দায়িত্বে থাকেন ল্যাবরেটোৰি সহকাৰী, ডেমন্ট্ৰেটোৰ ও দায়িত্ব প্রাণৰ রসায়ন বিভাগেৰ শিক্ষক। তাদেৱ তত্ত্বাবধানে ল্যাবরেটোৰি সুসংজ্ঞিত থাকে। এছাড়া প্রতিটি শিক্ষার্থীৰ দায়িত্ব রয়েছে নিজেৰ ল্যাবরেটোৰি ব্যবহাৰেৰ পৰ পৰিষ্কাৰ-পৰিচ্ছন্ন রাখা। তাই ল্যাবরেটোৰি পৰিষ্কাৰ রাখাৰ কৌশলগত শিক্ষার্থীৰ দায়িত্ব ও ভূমিকা হলো :

(i) পানিৰ সিংকে পৰীক্ষাকালে বৰ্জ্যসামগ্ৰী যেমন, ভাঙা গ্লাস টিউব, ব্যবহৃত ফিল্টাৰ পেপাৰ, ছেড়া কাগজ ইত্যাদি না ফেলা। এ সব বৰ্জ্যসামগ্ৰী ল্যাবরেটোৰিতে নিৰ্দিষ্ট স্থানে রাখা ডাক্ষিণে ফেলতে হবে।

(ii) পরীক্ষাকালে ব্যবহৃত রিএজেন্ট বোতল ব্যবহার শেষে শেল্ফে যথাস্থানে রাখতে হবে; টেবিলের ওপর রাখা যাবে না।

(iii) পরীক্ষা শেষে ব্যবহৃত গ্লাসটিউব পরিষ্কার করে স্ট্যান্ডে শুকানোর জন্য রেখে সাজিয়ে টেবিলে রাখতে হবে।

(২) যন্ত্রপাতি পরিষ্কার রাখার কৌশল : একাদশ ও দ্বাদশ শ্রেণির সিলেবাস মতে পরীক্ষা কাজে বিভিন্ন গ্লাসসামগ্ৰী, কেমিক্যাল ব্যালেন্স, বুনসেন বার্নার, থাৰ্মোমিটাৰ ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়। এছাড়া কৰ্মমূখী রসায়নে ব্যবহৃত প্ৰেসাৱ ক্যানিং যন্ত্ৰ, বিভিন্ন প্ৰকাৱ কোটা ও ক্ৰিম মেসিন রয়েছে।

কেমিস্ট্ৰি ল্যাবে কেমিক্যাল ব্যালেন্স ব্যবহৃত হয় বিশুদ্ধ রাসায়নিক পদাৰ্থের সঠিক ওজন নেয়াৱ জন্য। এটি একটি মূল্যবান যন্ত্ৰ। শিক্ষকেৱ নিকট থেকে ব্যবহারবিধি জেনে কেমিক্যাল ব্যালেন্স ব্যবহার কৰতে হয়। এতে যন্ত্ৰ নিতে হয় যেন ব্যালেন্সেৱ ওপৰ এবং আশেপাশে কোনো রাসায়নিক পদাৰ্থ পড়ে না থাকে। কাজ শেষ কৰে ব্যালেন্সেৱ প্যান (pan) টিসু পেপাৱ বা ফ্লানেল কাপড় দিয়ে মুছে নিতে হবে। ওয়েট-বৰ্নেৱ ওয়েটগুলোকে সঠিক স্থানে রাখতে হবে। ব্যালেন্সেৱ বক্সেৱ দৰজা বন্ধ রাখতে হবে।

(৩) গ্লাসসামগ্ৰী পৰিষ্কার কৰাৱ কৌশল : পৰিষ্কার গ্লাসসামগ্ৰী নিয়েই পৰীক্ষা কাজ শুৱ কৰতে হয়। অপৰিচ্ছন্ন, অৰ্পচ্ছ গ্লাসসামগ্ৰী নিয়ে রাসায়নিক পৰীক্ষার কাজ কৰা যেতে পাৰে না। সাধাৱণত ট্যাপেৱ পানিতে গ্লাসসামগ্ৰী ধূয়ে নিতে হয়। তবে—

(i) তেলাক্ত পদাৰ্থ থাকলে বিশেষত ব্যৱেটে স্টপকক পৰিষ্কার কৰাৱ কাজে বোতলে সংৰক্ষিত ক্ৰোমিক এসিড মিশ্ৰণ ( $K_2Cr_2O_7$  ও গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিড মিশ্ৰণ) দিয়ে সতৰ্কতাৱ সাথে ও গ্লাভস পৰা হাতে পৰিষ্কার কৰা হয়। টেষ্টটিউব পৰিষ্কার কৰাৱ সময় বাম হাতে টেষ্টটিউব নিয়ে ট্যাপেৱ পানিতে ডান হাতে কৰে ব্ৰাশ ব্যবহার কৰতে হয়।

(ii) রঙিন পদাৰ্থ যেমন লোহ লবণ, কপাৱ লবণ,  $KMnO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$ , ইত্যাদিৰ দ্রবণ টেষ্টটিউবে ব্যবহার কৰে শেষে না ধূয়ে রেখে দিলে ঐ সব পদাৰ্থ টেষ্টটিউবেৰ ভিতৰেৱ গায়ে লেগে থাকে। পৰে পৰিষ্কার কৰতে গিয়ে অনেক সময় লাগে। তাই গ্লাসসামগ্ৰী ব্যবহার শেষে পানিতে ধূয়ে পৰিষ্কার কৰে রাখতে হয়। টেষ্টটিউব পৰিষ্কার কৰে টেষ্টটিউব স্ট্যান্ডে সাজিয়ে রাখা হয়।

(iii) অ্যামোনিয়া দ্রবণ দিয়েও বাচ যন্ত্ৰ পৰিষ্কার কৰা হয়।

### ১.৩.১ ল্যাবৱেটৱিতে ব্যবহৃত গ্লাসসামগ্ৰী ধৌতকৰণ

#### Washing the Used up Glass Apparatus in Lab.

ল্যাবৱেটৱিতে গ্লাসসামগ্ৰী ব্যবহাৱেৰ পৰ ঐ ব্যবহৃত গ্লাসসামগ্ৰীকে ধৌতকৰণেৰ জন্য নিম্নোক্ত তিনটি ‘পৰিষ্কারক-মিশ্ৰণেৰ’ মধ্য থেকে যেটি সংশ্লিষ্ট গ্লাস সামগ্ৰীৰ জন্য উপযুক্ত হবে সেটিকে ব্যবহার কৰে গ্লাসসামগ্ৰী পানি দিয়ে পৰিষ্কার কৰতে হয়।

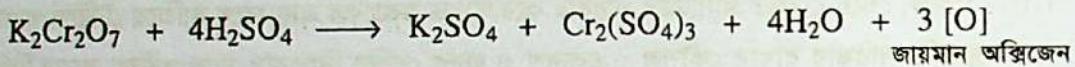
(ক)  $Na_2CO_3$  দ্রবণ : সোডিয়াম কাৰ্বনেটেৰ 10% লঘু দ্রবণ বড় প্লাষ্টিক গামলায় নিয়ে এতে ময়লাযুক্ত গ্লাসসামগ্ৰী ডুবিয়ে কিছুক্ষণ রেখে শেষে ব্ৰাশ দিয়ে ঘষে ময়লা পৰিষ্কার কৰে পানিতে ধূয়ে নিতে হয়।

(খ) ডিটাৱজেন্ট ডেকন-90 : রাসায়নিক ল্যাবেৰ প্ৰায় সব গ্লাসসামগ্ৰী পৰিষ্কার কৰাৱ জন্য ডেকন-90 অত্যন্ত কাৰ্যকৰ একটি পৰিষ্কারক ডিটাৱজেন্ট। বিভিন্ন ধৰনেৱ ময়লা যেমন- প্ৰিজ, আলকাতৱাৰ জাতীয় পদাৰ্থ, সিলিকোন তেল, পলিমাৱিক অবশেষ প্ৰত্বিতও দূৰ কৰাৱ জন্য ডেকন-90 বেশ কাৰ্যকৰ ডিটাৱজেন্ট। ডেকন-90 হলো একটি পৰিবেশবান্ধব ডিটাৱজেন্ট, এটি পানিতে তেমন দৃঢ়ণ সৃষ্টি কৰে না। এটি 100% অণুজীব দ্বাৱা ভাঙনযোগ্য বা biodegradeable এবং ফসফেট মুক্ত পৰিষ্কারক।

(গ) ক্ৰোমিক এসিড মিশ্ৰণ : রাসায়নিক ল্যাবেৱ গ্লাসসামগ্ৰীকে পৰিষ্কার কৰাৱ জন্য সৰ্বোক্তম পৰিষ্কারকৰণে ব্যবহৃত হয় ‘ক্ৰোমিক এসিড মিশ্ৰণ’। গ্লাসসামগ্ৰীৰ গায়ে বিশেষত ব্যৱেটে লেগে থাকা প্ৰিজ বা তেল জাতীয় পদাৰ্থ দূৰীকৰণে

DAT: 19-20

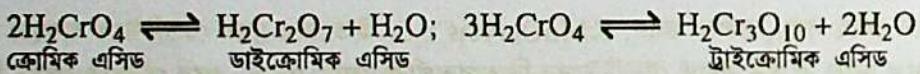
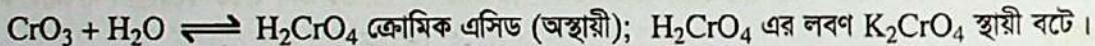
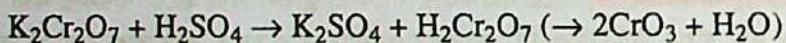
ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ খুবই কার্যকর। ক্রোমিক এসিড একটি তীব্র জারক। বিক্রিয়াকালে এটি জায়মান অক্সিজেন [O] বা, অক্সিজেন পরম্যাপ্ত উৎপন্ন করে। তৈল জাতীয় ময়লা পদার্থকে ঐ জায়মান অক্সিজেন জারিত করে ময়লাকে দূর করে থাকে।



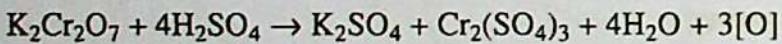
**ক্রেমিক এসিড মিশ্রণ প্রস্তুতি :** নিম্নোক্ত উপাদান মিশিয়ে ক্রেমিক এসিড মিশ্রণ তৈরি করা হয় :

- (i) ପଟ୍ଟସିଆମ ଡାଇକ୍ରୋମେଟ ( $K_2Cr_2O_7$ ) : 4.0 g  
 (ii) ପାନି (ପାତିତ) : 40.0 mL  
 (iii) ଗାଡ଼  $H_2SO_4$  (2M) : 40.0 mL

**প্রস্তুত প্রণালি :** একটি 250 mL পাইরেক্স গ্লাস বিকারে 4 g  $K_2Cr_2O_7$  গুঁড়াকে 40 mL পাতিত পানিতে দ্রবীভূত করা হয়। এর মধ্যে অল্প অল্প করে 2M (মোলার) ঘনমাত্রার 40 mL  $H_2SO_4$  মিশ্রিত করা হয়। তখন তাপোৎপাদী বিক্রিয়া ঘটে, তাই মিশ্রণের তাপমাত্রা  $70^{\circ}$ — $80^{\circ}C$  পর্যন্ত হয়। মিশ্রণটি কক্ষ তাপমাত্রায় শীতল হলে গ্লাসের টপার বিশিষ্ট রিএজেন্ট বোতল বা বিকারক বোতলে ভর্তি করা হয়। সদ্য প্রস্তুত ক্রোমিক এসিড মিশ্রণে ক্রোমিক অ্যানহাইড্রাইড ( $CrO_3$ ) এর একাধিক higher chromic acids থাকে। এক্ষেত্রে নিম্নরূপ পরিবর্তন ঘটে থাকে।



তবে জারণ-বিজ্ঞান বিক্রিয়াকালে ডাইক্রোমেট আয়ন ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) এর রিউক্স বিক্রিয়া নিম্নরূপে দেখানো হয়।



এসিড মিশ্রণটি তৈরির পর স্বচ্ছ বর্ণ থাকলেও অনেকবার ব্যবহার করার পর এটি সরুজ রং ধারণ করে। তখন এ ক্রোমিক এসিড মিশ্রণের জারণ ক্ষমতা থাকে না; তাই  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  তৈরি হওয়ার ফলে এ মিশ্রণ ব্যবহার করা হয় না।

**ক্রোমিক এসিড মিশ্রণের ব্যবহার বিধি :** হাতে লাটেক্স প্লাস পরে অতি সাবধানতার সাথে ময়লাযুক্ত গ্লাসসামগ্রী যেহেন পিপেট, ব্যুরেট, কনিকেল ফ্লাঙ্ক ইত্যাদিকে ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ দ্বারা পূর্ণ করে প্রয়োজনমতো কয়েক ঘণ্টা বা একদিন রেখে এই ক্রোমিক এসিড মিশ্রণকে আবার গ্লাস স্টপার যুক্ত বিকারক বোতলে ঢেলে রাখতে হয়। এরপর গ্লাস সামগ্রীকে পানি দিয়ে ভালোভাবে ধুয়ে পরিষ্কার করা হয়। কিছু কিছু তৈলাক্ত পদার্থ ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ দ্বারা খুব ধীরে ধীরে জারিত হয়। তখন ময়লাযুক্ত গ্লাসসামগ্রীকে ক্রোমিক এসিড মিশ্রণে কয়েকদিন পর্যন্ত ডুবিয়ে রাখা হয়। ব্যুরেটের স্টপ-কক (stop-cock) এর ভিতরের ঘিঞ্জকে এরূপে পরিষ্কার করা হয়ে থাকে।

**ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ প্রস্তুতি ও ব্যবহারে সাবধানতা :** ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ তৈরিতে গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিড মিশ্রণ ডাইক্লোরেট লবণের দ্রবণে যোগ করা হয়, তখন তাপোৎপাদী বিক্রিয়া ঘটে। গাঢ়  $H_2SO_4$  পানিশোষী ও ক্ষয়কারক পদার্থ। তাই গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিড ব্যবহার কালে চোখে সেফ্টি গ্লাস বা গগলস্, হাতে ল্যাটেক্স গ্লাভস্ বা ভিনাইল গ্লাভস পরতে হয়। ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ ব্যবহারকালেও একই সাবধানতা অনুসরণ করতে হয়। ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ ব্যবহারকালে এটি যেন হাত, পা বা শরীরে না লাগে, সেদিকে সতর্ক থাকতে হবে। যদি ঐ এসিড ঢুকে কোথাও লেগে যায়; তখন প্রচুর পানি দিয়ে ধূঁয়ে শেষে 5%  $NaHCO_3$  দ্রবণ দিয়ে ভালোভাবে ধূঁয়ে নিতে হবে।

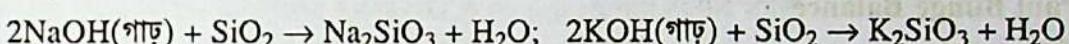
\* গ্রাসসামঠী থেকে তেল ছিজ জাতীয় পদার্থ দূর করতে প্রয়োজনে অ্যাসিটোন ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ) দ্রাবক ব্যবহার করা হয়।

**অধিক জেনে নাও :** ল্যাবরেটরিতে গ্লাসসামগ্রী ব্যবহারে সুবিধাগুলো হলো নিম্নরূপ :

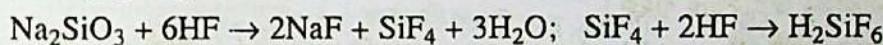
\* ল্যাবরেটরিতে পরীক্ষা কাজে ব্যবহৃত রাসায়নিক পদার্থসমূহ ব্যবহৃত গ্লাসসামগ্রীর সাথে কোনো বিক্রিয়া করে না।

তবে তীব্র সবল ক্ষার কষ্টিক সোডা ( $\text{NaOH}$ ), কষ্টিক পটাস ( $\text{KOH}$ ) ও ক্ষয়কারক দুর্বল এসিড হাইড্রোফ্লোরিক এসিড ( $\text{HF}$ ) কাচের উপাদানের সাথে বিক্রিয়া করে কাচের ক্ষয় করে থাকে। যেমন-

(i) গাঢ়  $\text{NaOH}$  কাচের মধ্যস্থ উপাদান সিলিকা ( $\text{SiO}_2$ ) সহ বিক্রিয়ায় সোডিয়াম সিলিকেট তৈরি করে। ফলে কাচ অমসৃণ হয়।



(ii)  $\text{HF}$  এসিড কাচের উপাদান সোডিয়াম সিলিকেট ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) এর সাথে বিক্রিয়া করে দ্রবণীয় হাইড্রোফ্লোরো সিলিসিক এসিড ( $\text{H}_2\text{SiF}_6$ ) তৈরি করে। ফলে কাচ ক্ষয়প্রাণ হয়।



- \* গ্লাসসামগ্রী স্বচ্ছ হওয়ায় এতে ব্যবহৃত বা গৃহীত রাসায়নিক পদার্থের পরিমাণ, আয়তন, ভৌত বৈশিষ্ট্য ও রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সৃষ্টি পদার্থের বর্ণ ও অধ্যক্ষেপ পর্যবেক্ষণের জন্য সুবিধাজনক।
- \* পরীক্ষা কাজে ব্যবহৃত গ্লাসসামগ্রীকে সহজে পরিষ্কার করা সম্ভব।
- \* এছাড়া কাচকে উভাপে গলায়ে সহজে বিভিন্ন গ্লাসসামগ্রী তৈরি করা সম্ভব। তাই গ্লাসসামগ্রী ল্যাবরেটরিতে পরীক্ষা কাজের অনন্য উপাদানে পরিণত হয়েছে।

## ১.৮ আয়তনিক বিশ্লেষণ কাজে ব্যবহৃত রাসায়নিক নিক্তি বা ব্যালেন্স

### Chemical Balance Used for Volumetric Analysis

রাসায়নিক নিক্তির সংজ্ঞা : আয়তনিক বিশ্লেষণ কাজে রাসায়নিক পদার্থকে গ্রাম এককের দশমিক দ্বিতীয় স্থান থেকে চতুর্থ স্থান পর্যন্ত সঠিকভাবে ( $0.01 - 0.0001$  g) পরিমাপের জন্য ব্যবহৃত নিক্তিকে রাসায়নিক নিক্তি বা কেমিক্যাল ব্যালেন্স (Chemical balance) বলে।

কেমিক্যাল ব্যালেন্স দুই প্রকার : (১) পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স ও (২) সারটোরিয়াস (Sartorius) ব্যালেন্স।

উভয় ব্যালেন্সের পার্থক্য হলো, পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সে এটির ওপরের বিম বা তুলাদণ্ডকে 100 ভাগ করে বাম প্রান্তের দাগে 0 (শূন্য) ও ডান প্রান্তের দাগে 100 চিহ্নিত থাকে (চিত্র-১.৩)। 5 mg বা 10 mg রাইডারকে 0 (শূন্য) দাগে রেখে ব্যালেন্সের সমতা করা হয়। অপরদিকে সারটোরিয়াস ব্যালেন্সে ওপরের বিমটির মাঝখানে 0 (শূন্য) দাগ ধরে বাম ও ডানদিকে 50টি করে দাগাক্ষিত থাকে। সারটোরিয়াস ব্যালেন্সের এখন ব্যবহার নেই। [ বর্তমান সিলেবাসেও নেই। ]

বর্তমানে কেমিক্যাল ব্যালেন্স রূপে প্রধানত পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স (Paul Bunge balance) অথবা ডিজিটাল ব্যালেন্স এক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। আমরা এখন পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স ও 'ইলেকট্রনিক ডিজিটাল ব্যালেন্স'-এর গঠন ও ব্যবহার পদ্ধতি জানতে পারব। এছাড়া ক্ষয়কারক রাসায়নিক পদার্থের মোটাযুক্তি ওজন নেয়ার জন্য এক প্রকার ব্যালেন্স বা নিক্তি ব্যবহৃত হয়, এদেরকে রাফ ব্যালেন্স (Rough balance) বলা হয়। রাফ ব্যালেন্সের সাহায্যে বস্তুর সঠিক ওজন নেয়া যায় না।

রাসায়নিক নিক্তির ব্যবহারের ক্ষেত্র : কেবলমাত্র প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের ওজন গ্রাম এককের দশমিক চতুর্থ স্থান পর্যন্ত সঠিকভাবে নেয়ার জন্য কেমিক্যাল ব্যালেন্স বা রাসায়নিক নিক্তি ব্যবহৃত হয়। কলেজ ও বিশ্ববিদ্যালয়ের কেমিস্ট্রি ল্যাবরেটরিতে এবং ঔষুধ শিল্পোৎপাদনে মূলত কেমিক্যাল ব্যালেন্স ব্যবহৃত হয়।

প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের চারটি বৈশিষ্ট্য থাকে; যেমন এরা বিশুদ্ধ রাসায়নিক পদার্থ, এরা বায়ুর উপাদানের সাথে বিক্রিয়া করে না, রাসায়নিক নিক্তির ক্ষয় করে না, এদের ঘারা প্রস্তুত দ্রবণের ঘনমাত্রা দীর্ঘদিন অপরিবর্তিত থাকে। একই প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ হলো অন্তর্দ্রু অ্যান্ড্রু  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , অক্সালিক এসিড, পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) ইত্যাদি। প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ থেকে প্রমাণ দ্রবণ ( $0.1\text{M}$ ) তৈরি করা হয়।

অপরদিকে যে সব রাসায়নিক পদার্থের মধ্যে প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের এক বা একাধিক বৈশিষ্ট্য না থাকে; বিশেষত অবিশুক্ত ও ক্ষয়কারক হয়, এদেরকে সেকেভারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ বলে। যেমন, কষ্টিক সোডা ( $\text{NaOH}$ ),  $\text{HCl}$  এসিড,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এসিড, পটাসিয়াম পারম্যাগনেট ( $\text{KMnO}_4$ ) ইত্যাদি।

\* উল্লেখ্য কঠিন সেকেভারি পদার্থের ওজন নিতে রাফ ব্যালেন্স ব্যবহৃত হয়।

\* তরল সেকেভারি পদার্থ যেমন গাঢ়  $\text{HCl}$ , গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এসিডকে আয়তন এককে মেজারিং সিলিভারে পরিমাপ করতে হয়। এসব সেকেভারি পদার্থকে রাসায়নিক নিষ্ক্রিয় ওজন করা যাবে না।

### ১.৪.১ পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স

#### Paul Bunge Balance

**পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সের গঠন :** গঠনগতভাবে পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স প্রধানত চারটি অংশে বিভক্ত। যেমন—

- (১) কাচের বক্সযুক্ত বেদী বা বেস, (২) স্তুত বা কলাম, (৩) তুলাদণ্ড বা দাগাঙ্কিত বিম ও পাল্লা,
- (৪) রাইডার (আরোহী) ও রাইডার বাহক।

(১) কাচের বক্সযুক্ত বেদী (Base with glass box) : পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সের বেদীটি হলো আয়তাকার। এটি গ্রানাইট পাথর বা ইবোনাইট (ebonite) নামক শক্ত রাবারের তৈরি। কাচের বক্সটি এ বেদীর সাথে যুক্ত থাকে। মূল পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সটি কাচের বক্স বা কক্ষের ভেতর বেদীর ওপর খাড়াভাবে বসানো থাকে। বেদীটির নিচে সামনের দিকে ডানে ও বামে দুটি ওপেনের দিকে ঠিক মাঝখানে একটি করে মোট তিনটি লেভেলিং বা সমতলকারী স্তুত থাকে। সামনের লেভেলিং জুড় দুটিকে ডানে বা বামে ঘূরিয়ে বেদীর লেভেল ঠিক করা হয়। তখন বেদীর সামনে থাকা শ্পিরিট লেভেলের ভেতর বুদ্বুদ মাঝখানে থাকে। অথবা দোলকের সৃঁচালু মুখ ও স্তুতের সাথে যুক্ত স্থির সৃঁচালু মুখ দুটি বরাবর থাকে। বেদীর ডান দিকে পাল্লা ওঠানো ও নামানোর জন্য একটি হ্যান্ডল থাকে। এ হ্যান্ডল দ্বারা ব্যালেন্সটিকে সচল বা বন্ধ করা হয়।

(২) স্তুত বা কলাম (Column) : স্তুত বা কলামটি হলো ব্রাস বা পিতলের তৈরি ফাঁপা নল। এটি বেদীর মাঝখানে খাড়াভাবে যুক্ত থাকে। এ ফাঁপা স্তুতের ভেতর একটি ধাতব দণ্ড থাকে। এ ধাতব দণ্ডটির নিচের প্রান্ত হ্যান্ডলের দণ্ডের সাথে যুক্ত থাকে এবং ওপরের প্রান্তের সাথে যুক্ত মসৃণ এগেট (agate) সমতলের ওপরে নিষ্ক্রিয় তুলাদণ্ডের বা বিমের প্রিজমাকৃতির কেন্দ্রীয় ছুরির ফলকটি (knife edge) স্থাপন করা হয়। হ্যান্ডলের সাহায্যে তুলাদণ্ডটিকে ওঠানামা করে ব্যালেন্সটিকে সচল বা বন্ধ করা যায়। স্তুত বা কলামের ওপরের দুটিকে সমান দুটি আনুভূমিক দণ্ড ক্লিপ দ্বারা যুক্ত থাকে। এ দণ্ড দুটির দু'প্রান্তে দুটি ধাতব থাকে। ব্যালেন্সটি স্থির অবস্থায় এ ধাতব দুটির ওপর দাগাঙ্কিত বিম বা মূল তুলাদণ্ডটি অবস্থান করে।

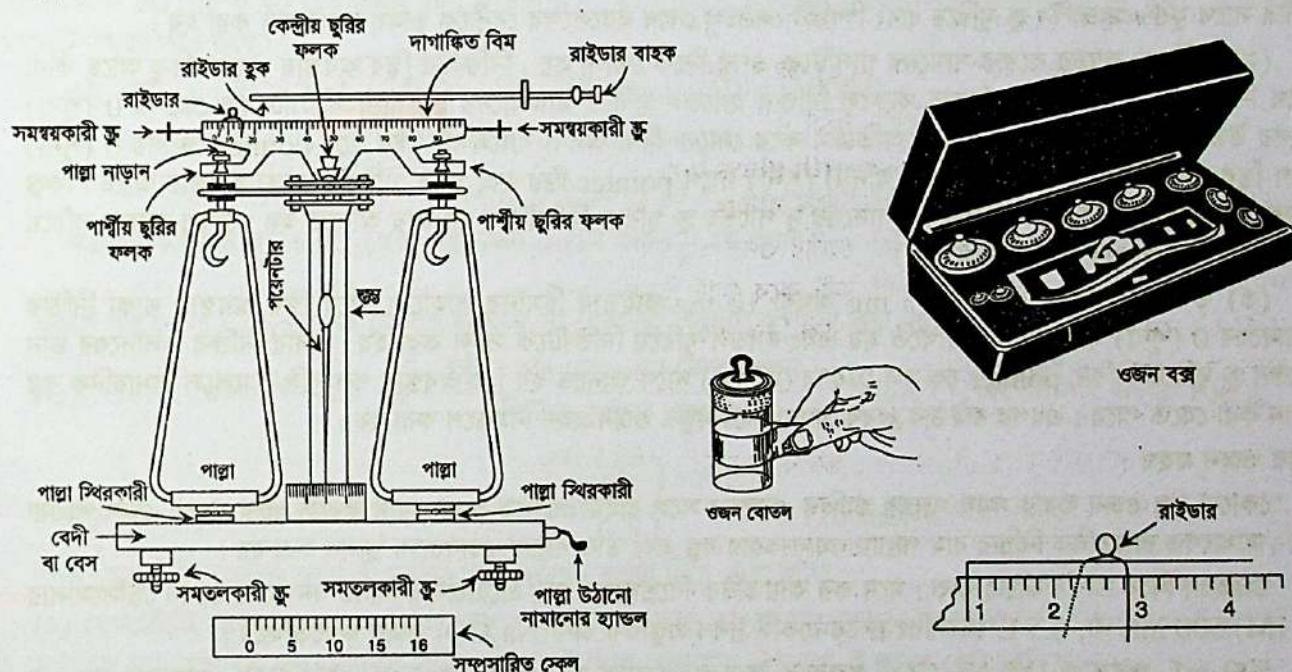
(৩) তুলাদণ্ড বা বিম ও পাল্লা (beam & pans) : সবচেয়ে ওপরের চেপ্টাকৃতির দাগাঙ্কিত বিম বা তুলাদণ্ডটি হলো রাসায়নিক নিষ্ক্রিয় প্রধান অংশ। এ বিম বা তুলাদণ্ডটি অ্যালুমিনিয়াম ধাতু অথবা পিতল দ্বারা তৈরি। এ তুলাদণ্ডের দু'পার্শে ও কেন্দ্র বিন্দুতে একটি করে মোট তিনটি মসৃণ এগেট পাথরের প্রিজমাকৃতির ছুরির ফলক (knife edge) যুক্ত থাকে। দু'পার্শের দুটি ফলকের সাথে দুটি সমান পাল্লা (pan) ঝুলানো থাকে। কেন্দ্রীয় ছুরির ফলকটি স্তুতের ভেতরে থাকা ধাতব দণ্ডটির এগেট সমতলের ওপর অবস্থান করে। এগেট পাথরের সমতলের ওপর এগেট পাথরের ছুরির ফলক মুক্তভাবে দুলতে পারে। তুলাদণ্ডের দু'প্রান্তে দুটি স্তুত সংযুক্ত থাকে। প্রয়োজনমতো এ স্তুত ঘূরিয়ে তুলাদণ্ডের সাথে যুক্ত পয়েন্টারটিকে স্তুতের নিচে যুক্ত মূল ক্ষেপের শূন্য দাগে রাখা হয়।

বিম বা তুলাদণ্ডটির গায়ে একটি দাগ কাটা ক্ষেপ থাকে। দাগাঙ্কিত বিমে এ ক্ষেপ করার প্রকৃতি অনুসারে রাসায়নিক ব্যালেন্সের দু'প্রান্তের নাম হয়েছে। একটি পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স ও অপরটি সারটোরিয়াস ব্যালেন্স। পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সে বিমের বামপ্রান্তের দাগে ০ (শূন্য) ও ডান প্রান্তের দাগে 100 চিহ্নিত থাকে। অর্থাৎ তুলাদণ্ডটি সমান 100 ভাগে দাগাঙ্কিত থাকে। সারটোরিয়াস ব্যালেন্সে বিমের মাঝখানে ০ (শূন্য) দাগ ধরে বাম ও ডান দিকে 50টি করে দাগাঙ্কিত থাকে।

(৪) রাইডার (আরোহী) ও রাইডার বাহক (rider & rider carrier) : আরোহী বা রাইডার হলো 5 mg অথবা 10 mg ভরের স্থানান্তরযোগ্য Pt বা Al ধাতুর একটি লুপ (loop) বা পঁয়চানো তার। এটিকে একটি ধাতব শলাকার সাহায্যে কাচের বক্সের বাইরে থেকে তুলাদণ্ডের বা বিমের ওপর স্থানান্তর করা যায়। এ শলাকাটিকে রাইডার বাহক বলে। 5 mg বা 10 mg ভরের রাইডার ওজন বক্সে (weight box-এ) থাকে। চিমটার সাহায্যে ওজন বক্স থেকে রাইডার নিয়ে

রাইডার বাহকের সাহায্যে তুলাদণ্ডের ০ (শূন্য) দাগে রেখে ব্যালেন্সটিকে সমতা সাধন করা হয়। সমতা করার জন্য তুলাদণ্ডের দু'পাণ্ডের স্ক্রু দুটিকে প্রয়োজনমতো বামে বা ডানে ঘুরিয়ে দিতে হয়। তখন তুলাদণ্ডের সাথে যুক্ত পয়েন্টারটি নিচের ক্ষেত্রে ০ (শূন্য) দাগে আসলে ব্যালেন্স বা নিক্তিটি সমতাযুক্ত হয়েছে বোঝায়। এ অবস্থায় ব্যালেন্স বা নিক্তিটি ব্যবহারযোগ্য হয়।

**ওজন বক্স :** রাসায়নিক নিক্তির একটি পৃথক ওজন বক্স (weight box) থাকে (চিত্র-১.৮)। তাতে ১ থেকে 100 গ্রাম এবং 5 থেকে 500 মিলিগ্রাম পরিমাপের অনেকগুলো ওজন থাকে। রাসায়নিক নিক্তির বাম পাশ্চায় রাসায়নিক দ্রব্যটি এবং এরপর ডান পাশ্চায় এসব ওজন স্থাপন করে কোনো দ্রব্যের ওজন গ্রাম এককের তিন দশমিক স্থান পর্যন্ত নির্ণয় করা যায়। কিন্তু রাসায়নিক মাত্রিক বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় সূক্ষ্ম সঠিক ওজন নির্ণয়ের স্বার্থে প্রায়ই গ্রাম এককের চার দশমিক স্থান পর্যন্ত মান প্রয়োজন হয়। সেক্ষেত্রে রাইডার ব্যবহৃত হয়। তখন 5 mg অথবা 10 mg রাইডার নিক্তির তুলাদণ্ড বা বিমের বামদিকের ০ (শূন্য) দাগে রেখে নিক্তির ডানদিকের সমত্বকারী স্ক্রু (screw) ঘুরিয়ে নিক্তির সমতা সাধন করতে হয়।



চিত্র-১.৩ : পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স বা, রাসায়নিক নিক্তি।

চিত্র-১.৪ : ওজন বক্স, ওজন বোতল ও বিম ক্ষেত্রে ওপর রাইডার।

**রাইডার ও রাইডার ধ্রুবক :** পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সে এক গ্রামের চতুর্থ দশমিক স্থান পর্যন্ত পরিমাপের জন্য 5 mg অথবা 10 mg ভরের স্থানান্তরযোগ্য AI ধাতুর একটি লুপ (loop) যুক্ত বা পঁয়াচানো তার ব্যালেন্সের বিমের ওপর ব্যবহৃত হয়, এটিকে নিক্তির রাইডার বলে।

পল-বুঙ্গি নিক্তিতে ওজন নেয়ার পূর্বে 5 mg রাইডার বিমের ০ (শূন্য) দাগে রেখে ডান দিকের বিমের স্ক্রু সরিয়ে সমতা আনয়ন করা হয়। কাজেই 0 দাগ থেকে রাইডারকে 100 দাগে বিমের ডানদিকে নিলে প্রকৃতপক্ষে ডান পাশ্চায়  $5 \text{ mg} \times 2 = 10 \text{ mg}$  ওজন যোগ করার সামিল (কারণ বামে 0 দাগে 5 mg রাইডার রেখে স্ক্রু নেড়ে ডানদিকে 100 দাগে অদৃশ্য 5 mg ওজন যোগ করে সমতা আনয়ন করা হয়েছে। এখন বামের 5 mg রাইডারকেও 100 দাগে রাখলে মোট 10 mg কার্যকর হয়ে থাকে।) সুতরাং 100 ভাগ দৈর্ঘ্যের বিম বা তুলাদণ্ডটি 10 mg ওজনের রাইডারের সচল কার্যক্ষেত্র।

**রাইডার ধ্রুবক :** রাসায়নিক নিক্তির বিমের দৈর্ঘ্যের ওপর প্রতি শতাংশে ব্যবহৃত রাইডারের ওজনের পার্শ্বক্ষেত্রে রাইডার ধ্রুবক (rider constant) বলে।

**রাইডার ধ্রুবক গণনা :**

$$(i) 5 \text{ mg রাইডার ব্যবহার করলে তখন রাইডার ধ্রুবক হবে} = (5 \text{ mg} \times 2)/100 = 0.1 \text{ mg} = 0.0001 \text{ g.}$$

$$(ii) \text{ যদি } 10 \text{ mg রাইডার ব্যবহৃত হয়, তখন রাইডার ধ্রুবক হবে} = 10 \text{ mg} \times 2/100 = 0.2 \text{ mg} = 0.0002 \text{ g.}$$

কিন্তু সারটোরিয়াস ব্যালেন্সের বেলায় বিমের মাঝখানে ০ দাগ এবং ডানে ও বামে 50টি করে দাগ থাকে। এক্ষেত্রে 5 mg রাইডার ব্যবহৃত হলে রাইডার ধ্রুবক হবে ( $5 \text{ mg} \div 50$ ) = 0.0001 g এবং 10 mg রাইডার ব্যবহৃত হলে রাইডার ধ্রুবক হবে ( $10 \div 50$ ) = 0.0002 g। রাইডার বাম দিকের দাগে থাকলে রাইডারজনিত ওজন পান্নায় রাখা ওজনের সাথে যোগ হয়। কিন্তু পল-বুঙ্গির বেলায় রাইডারজনিত ওজন সব সময় পান্নায় রাখা ওজনের সাথে যোগ হয়।

**পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সের ব্যবহার বিধি ও বস্তুর ওজন গ্রহণ :**

**ব্যবহার বিধি :** (১) প্রথমত নিক্তিটি ভূমির সমান্তরাল আছে কীনা তা স্প্রিট লেভেল বা দোলক দেখে জেনে নিতে হয়। যদি ভূমির সমান্তরাল না থাকে তখন স্প্রিট লেভেলের তেতরের বৃদ্ধবৃদ্ধ মাঝখানে থাকবে না অথবা দোলকের সূচালো মুখ ও স্তরের সাথে যুক্ত সূচালো মুখ দুটি বরাবর থাকে না। তখন নিক্তিটিকে ভূমির সমান্তরাল করার প্রয়োজন হয়। এজন্য বেদীর সাথে যুক্ত এডজাস্টিং স্ক্রু ঘুরিয়ে এবং স্প্রিট লেভেল দেখে ব্যালেন্সের বেদীকে ভূমির সমান্তরাল করা হয়।

(২) দ্বিতীয়ত কাচের বক্সের সামনের গ্লাসটিকে ওপর দিকে তোলা হয়। নিক্তিটির স্থির অবস্থায় পান্নায় কিছু আছে কীনা দেখে নিতে হয়। পান্না দুটি পরিষ্কার থাকলে নিক্তির হ্যাভেল ঘুরিয়ে মাঝখানের **pointer** কাঁটাটি মূল ক্ষেলের ০ (শূন্য) দাগের উভয় দিকে সমান সংখ্যক দাগ অতিক্রম করে দোলে কীনা অথবা ব্যালেন্সটি স্থির হলে pointer ক্ষেলের ০ (শূন্য) দাগে স্থির থাকে কীনা দেখে নিতে হয়। যদি ০ (শূন্য) দাগে pointer স্থির হয়, তবে নিক্তিটি সমতা অবস্থায় আছে। কিন্তু সমতা অবস্থায় নিক্তি না থাকলে তখন তুলাদণ্ডের দু'পার্শের স্ক্রু ঘুরিয়ে নিক্তিটিকে সমতায় আনতে হয়। শেষে হ্যাভেল ঘুরিয়ে নিক্তিটিকে স্থির (rest) অবস্থায় রাখা হয়।

(৩) তৃতীয়ত ওজন-বক্স থেকে 5 mg অথবা 10 mg রাইডার চিমটার সাহায্যে নিয়ে স্থির অবস্থায় থাকা নিক্তির তুলাদণ্ডের ০ (শূন্য) দাগের ওপর রাখতে হয় এবং হ্যাভেল ঘুরিয়ে নিক্তিটিকে সচল করা হয়। এবার নিক্তির তুলাদণ্ডের ডান প্রান্তের স্ক্রু ঘুরিয়ে নিক্তির pointer কে মূল ক্ষেলের ০ (শূন্য) দাগে আনতে হয়। এ অবস্থায় পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সে রাসায়নিক বস্তু ওজন করা যেতে পারে। এরপর রাইডার ধ্রুবক গণনা করে বস্তুর ওজন গ্রহণ নিম্নরূপে করা হয়।

**বস্তুর ওজন গ্রহণ :**

কোনো বস্তু ওজন করার সময় পান্নায় স্থাপিত ওজনের সঙ্গে রাইডারজনিত ওজন যোগ করলে বস্তুর প্রকৃত ওজন পাওয়া যায়। সাধারণত রাসায়নিক নিক্তির বাম পান্নায় ওজন করার বস্তু এবং ডান পান্নায় ওজনগুলো স্থাপন করা হয়।

উদাহরণ দিয়ে তা বোঝানো যাক। মনে কর আয়তনিক বিশ্লেষণের জন্য প্রয়োজনীয় নির্দিষ্ট ঘনমাত্রার যেমন ডেসিমোলার (0.1M) 500 mL বা, 0.5 L মেজারিং ফ্লাস্কে একটি দ্রবণ প্রস্তুতির জন্য  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ওজন করতে হবে।

500 mL ফ্লাস্কে 0.1M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  প্রস্তুতির জন্য 0.1 মোল  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  বা, 5.3 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  প্রয়োজন হয়। এ উদ্দেশ্যে একটি ওজন বোতলে (Weighing bottle-এ) যথেষ্ট পরিমাণ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  নেয়া হয়।  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  সহ ওজন বোতলের ১ম ওজন নেয়া হয়। এরপর এই নির্দিষ্ট ঘনমাত্রার দ্রবণ প্রস্তুতির জন্য যতটুকু  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  প্রয়োজন তা অথবা তার কাছাকাছি ওজনের  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ঐ 500 mL আয়তনিক ফ্লাস্ক বা মেজারিং ফ্লাস্কে (measuring flask-এ) স্থানান্তরিত করার পর ওজন বোতলের আবার ২য় ওজন নেয়া হয়। এ দু' ওজনের পার্থক্যই হলো গৃহীত  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  এর ওজন।

**১ম ওজন নেয়া :** মনে কর, এ উদ্দেশ্যে ১ম ওজন নেয়ার সময় পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সের বাম পান্নায়  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  পূর্ণ ওজন বোতল স্থাপন করে ডান পান্নায় ওজন বক্স (weight box) থেকে চিমটার সাহায্যে ১টি 20 g, ১টি 5 g, ১টি 2 g, ১টি 1 g, ১টি 500 mg, ১টি 100 mg ও ১টি 50 mg ওজন স্থাপনের পর অবশিষ্ট সমতা বিধানের জন্য ইতিপূর্বে রাখা 10 mg এর রাইডারটিকে বিমের ০ (শূন্য) দাগ থেকে নিক্তির ডানদিকে 25 দাগ পর্যন্ত সরাতে হলো। এখন হ্যাভেল ঘুরিয়ে পান্না নামিয়ে নিক্তিটিকে স্থির অবস্থায় রাখা হলো।

$$\text{সুতরাং রাইডার ধ্রুবক হলো} = \frac{10 \text{ mg} \times 2}{100} = 0.0002 \text{ g};$$

এক্ষেত্রে  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  পূর্ণ ওজন বোতলের, ১ম ওজন :

$$= (20 + 5 + 2 + 1) \text{ g} + (500 + 100 + 50) \text{ mg} + 25 \text{ বিমের দাগ} \times \text{রাইডার ধ্রুবক}$$

$$= (20 + 5 + 2 + 1) \text{ g} + (0.5 + 0.1 + 0.05) \text{ g} + (25 \times 0.0002) \text{ g} = \boxed{28.6550 \text{ g}}$$

**MCQ-1.1 :** রাসায়নিক নিক্তিতে সঠিকভাবে ওজন নেয়া যায় কত পরিমাণ?

- (ক) 0.1 g      (খ) 0.01 g  
 (গ) 0.001 g      (ঘ) 0.0001 g

আয়তনিক ফ্লাক্সে  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  স্থানান্তর : পার্শ্বের চিত্র মতে 500 mL আয়তনিক ফ্লাক্সের মুখে ফানেল বসিয়ে ঐ ফানেলের ওপর ওজন বোতল থেকে প্রায় 5.3 g এর কাছাকাছি  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  গুঁড়া ধীরে ধীরে বোতলে আঙুলের টোকা দিয়ে ঢেলে নেয়া হয়। এবার ওজন বোতলের মুখে স্টপার যুক্ত করে ২য় ওজন নেয়া হয়।

২য় ওজন নেয়া : স্থির অবস্থায় থাকা ব্যালেন্সের বাম পাল্টায় ঐ ওজন বোতলটি রেখে ডান পাল্টা থেকে চিম্টার সাহায্যে 5 g ও 1 g ওজন দুটি তুলে নেয়া হয়, কারণ 5 g এর বেশি  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  'ওজন বোতল' থেকে ঢেলে নেয়া হয়েছে। এবার হ্যান্ডল সুরিয়ে ব্যালেন্সকে সচল করা হয়। এখন উভয় পাল্টায় সমতা আনার জন্য ডান পাল্টা থেকে 100 mg ও 50 mg তুলে নিয়ে প্রয়োজনমতো 20 mg ও 10 mg ওজন ডান পাল্টায় রাখা হয়। শেষে 10 mg রাইডারটিকে বিমের 10 নং দাগে রাখলে ব্যালেন্সটি সমতা লাভ করে।

$$\therefore \text{২য় ওজন} = (20 + 2) \text{ g} + (500 + 20 + 10) \text{ mg} + (10 \times 0.0002) \text{ g}$$

$$\begin{aligned}\therefore \text{২য় ওজন} &= (20 + 2) \text{ g} + (0.5 + 0.02 + 0.01) \text{ g} + (10 \times 0.0002) \text{ g} \\ &= (22 \text{ g} + 0.5 \text{ g} + 0.03 \text{ g} + 0.0020 \text{ g}) = \boxed{22.5320 \text{ g}}\end{aligned}$$

$$\therefore \text{আয়তনিক ফ্লাক্সে } \text{গৃহীত } \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ এর ওজন} = (\text{১ম ওজন} - \text{২য় ওজন}) = (28.6550 \text{ g} - 22.5320 \text{ g}) \\ = 6.123 \text{ g}$$

এরপে প্রস্তুত  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা বা মোলারিটি নিম্নরূপে গণনা করা হয়।

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ এর মোলার ঘনমাত্রা, } M = \frac{\text{গৃহীত } \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ এর মোল সংখ্যা}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন}} ; [\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ এর মোলার ভর} = 106 \text{ g}]$$

$$\therefore \text{প্রস্তুত } \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ এর মোলার ঘনমাত্রা, } M = \frac{\left(\frac{6.123}{106}\right) \text{ mol}}{0.5 \text{ L}} = 0.116 \text{ mol L}^{-1} \text{ বা (M)}$$

এখন মোলারিটি, মোলার দ্রবণ ও ডেসিমোলার দ্রবণের সংজ্ঞা নিচে দেয়া হলো :

(১) মোলারিটি (Molarity) : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যেমন কক্ষ তাপমাত্রায় কোনো দ্রবের এক লিটার দ্রবণে ঐ দ্রবের যত মোল (বা গ্রাম আণবিক ভর) দ্রবীভূত থাকে, দ্রবের ঐ মোল সংখ্যাকে ঐ দ্রবণে ঐ দ্রবের মোলারিটি বলে।

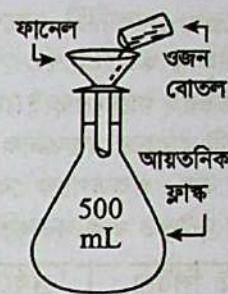
$$\therefore \text{দ্রবণে দ্রবের মোলারিটি} = \frac{\text{মোল এককে দ্রবের পরিমাণ}}{\text{লিটার এককে দ্রবণের আয়তন}}$$

(২) মোলার দ্রবণ : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো দ্রবের এক লিটার দ্রবণে এক মোল দ্রব দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে ঐ দ্রবের এক মোলার দ্রবণ বলে। মোলার দ্রবণকে 1M দ্বারা বোঝানো হয়। যেমন কক্ষ তাপমাত্রায় এক লিটার দ্রবণে এক মোল  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  বা, 106 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে 1M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবণ বলা হয়।

(৩) সেমিমোলার দ্রবণ : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো দ্রবের এক লিটার দ্রবণে অর্ধমোল (0.5 mol) দ্রব দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে ঐ দ্রবের সেমিমোলার (0.5M) দ্রবণ বলে। যেমন কক্ষ তাপমাত্রায় এক লিটার দ্রবণে 0.5 mol  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  বা, 53 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবীভূত করা হলে ঐ দ্রবণটিকে সেমিমোলার (0.5M)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবণ বলে।

(৪) ডেসিমোলার দ্রবণ : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো দ্রবের এক লিটার দ্রবণে 0.1 mol দ্রব দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে ঐ দ্রবের ডেসিমোলার (0.1M) দ্রবণ বলে। যেমন কক্ষ তাপমাত্রায় এক লিটার দ্রবণে 0.1 mol  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  বা, 10.6 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবীভূত করা হলে ঐ দ্রবণটি হবে 0.1M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবণ।

উল্লেখ্য প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ যেমন  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ইত্যাদির মোলার (1M) দ্রবণ, সেমিমোলার (0.5M) দ্রবণ, ডেসিমোলার (0.1M) দ্রবণ প্রতিটির প্রত্যেকটিকে প্রমাণ দ্রবণ বা Standard solution বলে। কারণ প্রমাণ দ্রবণের সংজ্ঞা মতে, নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের নমুনা দিয়ে তৈরি করা কোনো দ্রবণের ঘনমাত্রা সঠিকভাবে জানা থাকলে ঐ দ্রবণকে ঐ দ্রবের প্রমাণ দ্রবণ বলে। এক্ষেত্রে 1M, 0.5M, 0.1M দ্রবণের প্রতি ক্ষেত্রে দ্রবের ঘনমাত্রা সঠিকভাবে জানা থাকে।



উল্লেখ্য মোলারিটি এককে নির্দিষ্ট ঘনমাত্রার দ্রবণ তৈরি করা হয় নির্দিষ্ট আয়তনের মেজারিং ফ্লাক্স বা আয়তনিক ফ্লাক্সে। আয়তনিক ফ্লাক্স সাধারণত 250 mL, 500 mL অথবা 1000 mL বা 1 L আয়তনের হয়ে থাকে। দ্রবণের মধ্যে দ্রবণের পরিমাণ গণনার সময় ব্যবহৃত দ্রবকের পরিমাণ গণনার হিসাবে ধরা হয় না; শুধুমাত্র দ্রবণের আয়তনটি ব্যবহৃত আয়তনিক ফ্লাক্স থেকে জেনে নেয়া হয়। এ ছাড়া ব্যবহৃত দ্রবের গ্রাম-আণবিক ভর বা মোল পরিমাণ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। প্রকৃতপক্ষে কোনো দ্রবণের প্রতি লিটারে দ্রবের গ্রাম-আণবিক ভর বা এর ভগ্নাংশ অথবা এর পূর্ণ গুণিতক পরিমাণ দ্রবীভূত থাকলে সংশ্লিষ্ট দ্রবণের ঘনমাত্রাকে মোলারিটি এককে নির্মাণপে প্রকাশ ও নামকরণ করা হয়।

প্রতি লিটার দ্রবণে দ্রবীভূত দ্রবের পরিমাণ	দ্রবণে দ্রবের মোলারিটি	দ্রবণের মাত্রা	দ্রবণের নাম
1 মোল দ্রব	1	1 M	মোলার দ্রবণ
0.5 মোল দ্রব	0.5	0.5 M	সেমি মোলার
0.1 মোল দ্রব	0.1	0.1 M	ডেসি মোলার
0.01 মোল দ্রব	0.01	0.01 M	সেন্টি মোলার
0.001 মোল দ্রব	0.001	0.001 M	মিলি মোলার
2 মোল দ্রব	2	2 M	দুই মোলার
x মোল দ্রব	x	x M	x মোলার

জেনে নাও : ল্যাবরেটরিতে গুণগত বিশেষণ ও মাত্রিক বিশেষণের টাইট্রেশন প্রক্রিয়া ক্ষেত্রে মোলার দ্রবণের ব্যবহারই অধিক। এক্ষেত্রে মনে রাখা দরকার দ্রবণে দ্রবের মোলারিটি তাপমাত্রার ওপর নির্ভরশীল। কারণ দ্রবের ভরের ওপর তাপমাত্রার কোনো প্রভাব না থাকলেও দ্রবণের আয়তন তাপমাত্রার ওপর নির্ভরশীল। এ কারণে ল্যাবরেটরিতে সঠিক গণনার কাজে মোলারিটি একক ব্যবহার করলে তখন অবশ্যই তাপমাত্রা উল্লেখ করার প্রয়োজন হয়।

**প্রাইমারি স্ট্যাভার্ড পদার্থ :** যে সব শুক রাসায়নিক পদার্থ (১) বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করা যায়, (২) বাতাসের সংশ্রেণে জলীয় বাপ্প বা,  $O_2$  সহ বিক্রিয়া করে না, (৩) ওজন নেয়ার সময় রাসায়নিক নিক্রিকে ক্ষয় করে না এবং (৪) তাদের প্রস্তুত দ্রবণ দীর্ঘকাল ঘনমাত্রায় অপরিবর্তিত থাকে, তাদেরকে প্রাইমারি স্ট্যাভার্ড পদার্থ বলে। যেমন- অনর্দ্র  $Na_2CO_3$ , কেলাসিত অক্সালিক এসিড ( $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ ), পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ( $K_2Cr_2O_7$ ) জারক, (৫) কেলাসিত সোডিয়াম অক্সালেট ( $Na_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ ) বিজারক পদার্থ ইত্যাদি।

MAT:12-13

**সেকেন্ডারি স্ট্যাভার্ড পদার্থ :** যে সব পদার্থের মধ্যে প্রাইমারি স্ট্যাভার্ড পদার্থের ৪টি বৈশিষ্ট্যের যেমন- (১) বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করা, (২) বায়ুর সংশ্রেণে অপরিবর্তিত থাকা, (৩) ওজন নেয়ার সময় রাসায়নিক নিক্রিকে ক্ষতি না করা এবং (৪) প্রস্তুত করা দ্রবণ দীর্ঘদিন অপরিবর্তিত থাকা ইত্যাদির কোনো একটি বা একাধিক বৈশিষ্ট্য থাকে না, তাদেরকে সেকেন্ডারি স্ট্যাভার্ড পদার্থ বলে। যেমন, (১) কষ্টিক সোডা ( $NaOH$ ) ক্ষার, (২) সালফিউরিক এসিড ( $H_2SO_4$ ), (৩) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ( $KMnO_4$ ) জারক পদার্থ, (৪) সোডিয়াম থায়োসালফেট পেন্টাহাইড্রেট ( $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ ) বিজারক পদার্থ ইত্যাদি সেকেন্ডারি পদার্থ।

কিছু প্রাইমারি স্ট্যাভার্ড পদার্থ ও সেকেন্ডারি স্ট্যাভার্ড পদার্থের আণবিক ভর নিচে দেয়া হলো :

প্রাইমারি স্ট্যাভার্ড পদার্থ	আ. ভর	সেকেন্ডারি স্ট্যাভার্ড পদার্থ	আ. ভর
(১) অনর্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট ( $Na_2CO_3$ ) :	106	(১) কষ্টিক সোডা ( $NaOH$ ) :	40.0
(২) কেলাসিত অক্সালিক এসিড ( $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ ) :	126	(২) হাইড্রোক্লোরিক এসিড ( $HCl$ ) :	36.5
(৩) কেলাসিত সোডিয়াম অক্সালেট ( $Na_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ ) :	170	(৩) সালফিউরিক এসিড ( $H_2SO_4$ ) :	98.0
(৪) পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ( $K_2Cr_2O_7$ ) :	294	(৪) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ( $KMnO_4$ ) :	158
		(৫) সোডিয়াম থায়োসালফেট ( $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ ) :	268

অধিক জেনে নাও : অনুধাবনশৰভিত্তিক সমস্যা :

\* (ক) অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) কে প্রাইমারি স্ট্যাভার্ড পদার্থ বলা হয় কেন? [মাদ্রাসা বোর্ড ২০১৮]

সমাধান : অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট বা,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  কে প্রাইমারি স্ট্যাভার্ড পদার্থ বলা হয়। এর কারণ হলো- প্রাইমারি স্ট্যাভার্ড পদার্থের ৪টি বৈশিষ্ট্যই এর মধ্যে রয়েছে। যেমন,

(১)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  কে বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করা যায় :

(২) বাতাসের সংস্পর্শে, বাতাসের উপাদান জলীয় বাষ্প,  $\text{O}_2$  বা,  $\text{CO}_2$  দ্বারা এটি আক্রান্ত হয় না;

(৩) এর ওজন নেয়ার সময় রাসায়নিক নিক্রিকে ক্ষয় করে না;

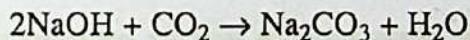
(৪) এর প্রস্তুত দ্রবণের ঘনমাত্রা দীর্ঘকাল অপরিবর্তিত থাকে।

\* (খ) কষ্টিক সোডা বা,  $\text{NaOH}$  কে সেকেন্ডারি স্ট্যাভার্ড পদার্থ বলা হয় কেন?

সমাধান : কষ্টিক সোডা বা,  $\text{NaOH}$  কে সেকেন্ডারি স্ট্যাভার্ড পদার্থ বলা হয়। এর কারণ হলো- সেকেন্ডারি স্ট্যাভার্ড পদার্থের ৪টি বৈশিষ্ট্যই এর মধ্যে রয়েছে। যেমন,

(১)  $\text{NaOH}$  পিলেট বা দানা বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করা যায় না;

(২) বাতাসের সংস্পর্শে, বাতাসের উপাদান  $\text{CO}_2$  এর সাথে  $\text{NaOH}$  বিক্রিয়া করে  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  গঠন করে;



(৩) এর ওজন নেয়ার সময় এটি ক্ষয়কারী পদার্থ হওয়ায় রাসায়নিক নিক্রিকে ক্ষয় করে;

(৪) এর প্রস্তুত দ্রবণের ঘনমাত্রা দীর্ঘকাল অপরিবর্তিত থাকে না। কারণ এটির দ্রবণ বাতাসের  $\text{CO}_2$  এর সাথে বিক্রিয়া করে থাকে।

\* (গ) গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  কে প্রাইমারি স্ট্যাভার্ড পদার্থ বলা হয় না কেন?

সমাধান : গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  কে প্রাইমারি স্ট্যাভার্ড পদার্থ বলা হয় না; বরঞ্চ এটিকে সেকেন্ডারি স্ট্যাভার্ড পদার্থ বলা হয়। এর কারণ হলো- গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর মধ্যে প্রাইমারি স্ট্যাভার্ড পদার্থের ৩টি বৈশিষ্ট্য অনুপস্থিত। যেমন,

(১) গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  কে বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করা যায় না;

(২) বাতাসের সংস্পর্শে এটি বাতাসের উপাদান জলীয়-বাষ্প ( $\text{H}_2\text{O}$ ) শোষণ করে।

(৩) গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ক্ষয়কারী পদার্থ হওয়ায় রাসায়নিক নিক্রিকে ক্ষয় করে।

\* (ঘ)  $\text{KMnO}_4$  কে প্রাইমারি স্ট্যাভার্ড পদার্থ বলা হয় না কেন?

সমাধান :  $\text{KMnO}_4$  কে প্রাইমারি স্ট্যাভার্ড পদার্থ বলা হয় না; বরঞ্চ এটিকে সেকেন্ডারি স্ট্যাভার্ড পদার্থ বলা হয়। এর কারণ হলো-  $\text{KMnO}_4$  এর মধ্যে প্রাইমারি স্ট্যাভার্ড পদার্থের ২টি বৈশিষ্ট্য অনুপস্থিত। যেমন,

(১)  $\text{KMnO}_4$  শতভাগ বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করা যায় না;

(২)  $\text{KMnO}_4$  এর প্রস্তুত দ্রবণ দীর্ঘ সময় একই ঘনমাত্রায় থাকে না; কারণ পানি বা বাতাসের ব্যাকটেরিয়া দ্বারা  $\text{KMnO}_4$  বিয়োজিত হয়। ফলে  $\text{KMnO}_4$  এর ঘনমাত্রা সময়ের সাথে পরিবর্তিত হয়।

শিক্ষার্থীর কাজ-১.২ : পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সে ওজন নেয়াভিত্তিক :

সমস্যা-১.১ : পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সের বাম পাত্রায়  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ভর্তি ওজন বোতল রেখে তান পাত্রায় 10 g, 5 g, 2 g, 500 mg, 100 mg, 50 mg ও 20 mg ওজন চাপানো হলো। ব্যালেন্সের পয়েন্টারকে শূন্য দাগে নিতে 10 mg রাইডারটিকে বিমের 30 নম্বর দাগে রাখা হলো। নমুনা ভর্তি ওজন বোতলের মোট ভর নির্ণয় কর। (রাইডার বিমে 100টি ভাগ আছে)

[উ: 17.676 g]

সমস্যা-১.২ : পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সের বাম পাত্রায় অক্সালিক এসিড  $[(\text{COOH})_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}]$  ভর্তি ওজন বোতল রেখে তান পাত্রায় 20 g, 10 g, 5 g, 1 g, 500 mg, দুটি 200 mg, 50 mg, 20 mg ওজন চাপানো হলো। শেষে 5 mg ভরের

রাইডারটিকে বিমের 60 নম্বর দাগে রেখে ব্যালেন্সের পয়েন্টারকে শূন্য দাগে আনা গেল। নমুনা ভর্তি ওজন বোতলের মোট  
ভর কর হবে তা গণনা কর। [উ: 36.976 g]

**সমস্যা-১.৩ :** প্রাইমারি পদার্থ অক্সালিক এসিডের প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করতে প্রয়োজনীয় অক্সালিক এসিড ওজন করার  
জন্য পল-বৃঙ্গি ব্যালেন্সের ডান পান্তায় 100 g, 50 g, 5 g, 200 mg, 20 mg ওজন রেখে 10 mg রাইডারটিকে শিক্ষার্থী  
ব্যালেন্সের বিমের 15 দাগে রাখ। ওজন বোতলসহ অক্সালিক এসিডের ভর কর হবে? [উ: 155.223 g]

### ১.৪.২ ডিজিটাল ব্যালেন্স : 2-ডিজিট ও 4-ডিজিট

Digital Balance : 2-digit and 4-digit

বর্তমানে পল-বৃঙ্গি ব্যালেন্সের পরিবর্তে কেমিস্ট্রি ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক পদার্থের ভর মাপার জন্য বিভিন্ন ইলেকট্রনিক  
ডিজিটাল ব্যালেন্স ব্যবহৃত হয়। ডিজিটাল ব্যালেন্সগুলো খুব সংবেদনশীল বা sensitive হওয়ায় পদার্থের ভরের সূক্ষ্ম পরিমাপ  
করা সম্ভব। বর্তমান সিলেবাসে 2-ডিজিট ইলেকট্রনিক ডিজিটাল ব্যালেন্স ও 4-ডিজিট ইলেকট্রনিক ডিজিটাল ব্যালেন্স অন্তর্ভুক্ত  
করা হয়েছে। এদের ব্যবহার বিধি জেনে সঠিকভাবে ব্যবহার করতে হয়। **ডিজিটাল ব্যালেন্সকে টপ লোডিং (top loading)** ব্যালেন্সও বলা হয়। এদের একটি মাত্র পান্তা বা প্যান (pan) থাকলেও পল-বৃঙ্গি ব্যালেন্সের মতো দু-প্যানবিশিষ্ট  
ব্যালেন্সের ন্যায় কাজ করে।

**2-ডিজিট ব্যালেন্স :** যে ইলেকট্রনিক ডিজিটাল ব্যালেন্স কোনো রাসায়নিক বস্তুর ভর এক গ্রামের দশমিক দ্বিতীয় স্থান  
(0.01g) পর্যন্ত সঠিকভাবে ওজন করা সম্ভব হয়, তাকে 2-ডিজিট ব্যালেন্স বলা হয়। সাধারণত সেকেন্ডারি স্ট্যার্ডার্ড  
পদার্থের ওজন করার জন্য 2-ডিজিট ব্যালেন্স ব্যবহার করা হয়। পূর্বে ব্যবহৃত রাফ ব্যালেন্সের স্থলে বর্তমানে 2-ডিজিট  
ব্যালেন্স ব্যবহৃত হয়।

**4-ডিজিট ব্যালেন্স :** যে ইলেকট্রনিক ডিজিটাল ব্যালেন্স কোনো প্রাইমারি স্ট্যার্ডার্ড পদার্থের ভর এক গ্রামের দশমিক  
চতুর্থ স্থান (0.0001g) পর্যন্ত সঠিকভাবে ওজন করা সম্ভব হয়, তাকে 4-ডিজিট ব্যালেন্স বলা হয়। 4-ডিজিট ব্যালেন্স খুব  
সংবেদনশীল বা sensitive হওয়ায় রাসায়নিক বিশ্লেষণীয় কাজে ব্যবহৃত প্রমাণ দ্রবণ তৈরিতে সংশ্লিষ্ট পদার্থের সঠিক ওজন  
নিতে 4-ডিজিট ব্যালেন্স ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

**ব্যবহারের ক্ষেত্র :** 2-ডিজিটাল ব্যালেন্স দ্বারা 1 g এর 100 ভাগের 1 ভাগ অর্থাৎ 0.01 g ভর পর্যন্ত সঠিকভাবে মাপা  
যায়। কিন্তু 4-ডিজিটাল ব্যালেন্স দ্বারা 1 g এর 10 হাজার ভাগের 1 ভাগ অর্থাৎ 0.0001 g ভর পর্যন্ত সঠিকভাবে মাপা যায়।  
পূর্বে ব্যবহৃত রাফ ব্যালেন্সের স্থলে 2-ডিজিটাল ব্যালেন্স ম্যাক্রো ও সেমি ম্যাক্রো গুণগত বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে প্রয়োজনীয়  
বিকারক প্রস্তুতিতে বস্তুর ভর পরিমাপে ব্যবহৃত হয়। যেমন, কষ্টিক সোডা ( $\text{NaOH}$ ) পিলেট,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  
 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , অক্সালিক এসিড ইত্যাদি।

অপরদিকে, 4-ডিজিটাল ব্যালেন্স সেমি ম্যাক্রো ও ম্যাক্রো গুণগত ও ভরভিত্তিক আয়তনিক বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে  
প্রয়োজনীয় প্রাইমারি স্ট্যার্ডার্ড পদার্থের প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতিতে বস্তুর ভর পরিমাপে ব্যবহৃত হয়। যেমন অক্সালিক এসিড  
[( $\text{COOH}$ )<sub>2</sub>. $2\text{H}_2\text{O}$ ], পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ), সোডিয়াম থায়োসালফেট ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3.5\text{H}_2\text{O}$ ) ইত্যাদি।



চিত্র-১.৫ : 2-ডিজিটাল ইলেকট্রনিক ব্যালেন্স



চিত্র-১.৬ : 4-ডিজিটাল ইলেকট্রনিক ব্যালেন্স



ওজন বোতল

### ডিজিটাল ব্যালেন্সের ব্যবহার বিধি বা কার্য পদ্ধতি :

**ডিজিটাল ব্যালেন্স-2 ডিজিট :** চিত্র-১.৫ মতে ব্যালেন্সটিকে পরিষ্কার সমতল টেবিলের ওপর রাখা হয়। কোনো রাসায়নিক পদার্থের ওজন নেয়ার সময় ঐ রাসায়নিক পদার্থ সরাসরি ব্যালেন্সের প্যানের ওপর রাখা যাবে না। এতে ব্যালেন্সের ক্ষতি হয়। তাই কঠিন রাসায়নিক বস্তুকে ছোট বিকারে বা ওয়াচ গ্লাসে বা শুষ্ক কাগজের টুকরার ওপরে নিয়ে ব্যালেন্সের গোলাকার প্যানের ওপর রাখা হয়। এছাড়া ওজন-বোতলে (weighing bottle) ও রাসায়নিক বস্তু নিয়ে ওজন করা হয়। কেবল ৪-ডিজিটাল ব্যালেন্সের বেলায় ওজন-বোতল ব্যবহৃত হয়।

(১) এখন ডিজিটাল ব্যালেন্স ব্যবহারের জন্য 'on' (অন) বোতামটি চাপ দিয়ে অপেক্ষা করতে হয়—যতক্ষণ না ডিজিটাল পর্দায় জিরো (0.00 g বা 0.0000 g) রিডিং ভেসে ওঠে। এবার বস্তুর ওজন নেয়ার খালি পাত্র বা container যেমন কাগজের টুকরা, খালি ছোট বিকার বা ওজন-বোতলটিকে ব্যালেন্সের প্যানের ওপর রেখে 'tare' বা 'Zero' বোতলটি চাপ দিতে হয়। তখন খালি পাত্রের ওজন ডিজিটাল ব্যালেন্সের মেমোরিতে (memory-তে) সংরক্ষিত থাকে, যা পরবর্তী পাত্র ও বস্তুর মোট ওজন থেকে খালি পাত্রের ওজন বাদ পড়ে যায়। তাই এক্ষেত্রেও ডিজিটাল পর্দায় পূর্বের মতো জিরো (0.00 g বা 0.0000 g) রিডিং প্রদর্শিত হয়।

(২) এবার খালি পাত্রের ওপর স্প্যাচুলা (spatula) বা চামচের সাহায্যে আন্তে আন্তে রাসায়নিক বস্তু প্রয়োজনমতো যোগ করে এই বস্তুর ভর ডিজিটাল পর্দার রিডিং থেকে রেকর্ড করা হয়। পরে সুইচ অফ করে পাত্রসহ গৃহীত রাসায়নিক বস্তুকে সরিয়ে নেয়া হয়।

**ডিজিটাল ব্যালেন্স-4 ডিজিট :** সূক্ষ্ম পরিমাপের একপ ব্যালেন্সে চিত্র-১.৬ মতে, বস্তুর ভর পরিমাপের সময় বাতাস চলাচলের চাপের প্রভাব মুক্ত রাখতে ব্যালেন্সের গোলাকার প্যানটি কাচের দেওয়ালে আবদ্ধ থাকে। তাই ঐ প্যানের ওপর ওজন বোতলসহ বস্তু রাখা এবং নেয়ার জন্য গ্লাস স্লাইডিং এর ব্যবস্থা থাকে। এক্ষেত্রে ওজন বোতলে রাসায়নিক বস্তু নিয়ে ১ম ওজন এবং পরে আয়তনিক ফ্লাক্সের মুখে রাখা ফানেলের ওপর ঐ ওজন বোতলের মুখ খুলে এবং বোতলের গায়ে তর্জনী আঙুলের মৃদু আঘাত করে প্রয়োজনীয় বস্তু ফানেলের ওপর ঢেলে নেয়া হয়। পরে অবশিষ্ট বস্তুর ২য় ওজন নেয়া হয় (পল-বুঙ্গ ব্যালেন্সের মতো)।

(১) প্রথমে ওজন-বোতলটি শুষ্ক ও পরিষ্কার করে নেয়া হয়। চিত্র-১.৬ মতে, এক টুকরা টিস্যু পেপার অথবা ভাঁজ করা কাগজ দ্বারা ওজন বোতলকে ধরতে হয়। [হাতের আঙুল দ্বারা সরাসরি ধরা যাবে না; আঙুলের আর্দ্ধতা ওজন-বোতলে লেগে ভর পরিমাপে ঝুঁটি দেখা দেয়।]

(২) এবার সংশ্লিষ্ট রাসায়নিক বস্তুর গুঁড়া ঐ ওজন-বোতলে নেয়া হয়। এখন ওজন নেয়ার জন্য ব্যালেন্সের on (অন) বোতাম চাপ দিয়ে ডিজিটাল পর্দায় 0.0000 g এ আনা হয়; অথবা 'tare' বোতাম চেপে 0.0000 g রিডিং এ আনা হয়। এখন স্লাইডিং গ্লাস সরিয়ে প্যানের ওপর রাসায়নিক বস্তু ভর্তি ওজন বোতল রাখা হয়। ডিজিটাল পর্দায় প্রদর্শিত রিডিং ১ম ওজনরূপে রেকর্ড করা হয়।

(৩) এরপর ওজন বোতল বের করে নিয়ে আয়তনিক ফ্লাক্সে রাখা ফানেলের ওপর ওজন-বোতল খুলে কাত করে তর্জনী আঙুলের মৃদু আঘাত করে বা স্প্যাচুলা (spatula) বা ইস্পাতের ছোট চামচ দ্বারা প্রয়োজনমতো রাসায়নিক বস্তু ঢেলে নিয়ে পুনরায় ওজন বোতলটির ভর মেপে নেয়া হয়। [প্রয়োজনে একাধিক বার অনুরূপভাবে ওজন পরীক্ষা করা যেতে পারে।] শেষ বারের ওজনটি রেকর্ড করা হয়। ১ম ওজন ও শেষ ওজনের পার্থক্য থেকে গৃহীত বস্তুর ভর গণনা করা হয়।

### ডিজিটাল ব্যালেন্স ব্যবহারে সাধারণতা :

- (১) 4-ডিজিটাল ব্যালেন্সে এটির ধারণ ক্ষমতার বেশি ওজন করা যাবে না।
- (২) ওজন নেয়ার সময় ব্যালেন্সের সামনের গ্লাসটি বন্ধ করে ওজন নিতে হয়।
- (৩) ব্যালেন্সে ক্ষয়কারক সেকেন্ডারি পদার্থ যেমন কঠিক সোডার পিলেট, গাঢ়  $H_2SO_4$  ইত্যাদি ওজন করা যাবে না।
- (৪) উত্তপ্ত অবস্থায় কোনো রাসায়নিক পদার্থের ওজন নেয়া যাবে না।
- (৫) ব্যবহারের আগে ও পরে ডিজিটাল ব্যালেন্সের প্যান (pan) বা পান্টাকে sable ব্রাশ নামক বিশেষ ব্রাশ (যেমন camel hair brush) দ্বারা পরিষ্কার করে নিতে হবে।

### ডিজিটাল ব্যালেন্স ব্যবহারে সুবিধা :

- (১) ডিজিটাল ব্যালেন্সে বাইর থেকে পান্টায় ওজন যোগ করতে হয় না। তাই ওজন-বাস্তুর এক্ষেত্রে কোনো ব্যবহার নেই।

- (২) ডিজিটাল ব্যালেন্সে রাইডার ব্যবহারের কোনো প্রয়োজন হয় না।  
 (৩) ডিজিটাল ব্যালেন্সে ওজন নিতে সময়ও কম লাগে।  
 (৪) ডিজিটাল ব্যালেন্সে সঠিকভাবে সরাসরি ওজন করা যায়।  
 (৫) ডিজিটাল ব্যালেন্সে ওজন নিতে 'ব্যক্তিগত ভুল' বা Personal error এর কোনো সম্ভাবনা নেই। সরাসরি ডিজিটাল রিডিং স্ক্রিন বা পর্দায় ভেসে ওঠে।

### পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স ও ডিজিটাল ব্যালেন্সের মধ্যে পার্থক্য

পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স	4-ডিজিটাল ব্যালেন্স
১। পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স হলো ম্যানুয়েল বা হস্তচালিত অ্যানালাইটিক্যাল ব্যালেন্স।	১। 4-ডিজিটাল ব্যালেন্স হলো সংখ্যা প্রদর্শক বৈদ্যুতিক অ্যানালাইটিক্যাল ব্যালেন্স।
২। পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সে দুটি পাল্লা থাকে। বাম পাল্লায় ওজন বোতলে রাসায়নিক পদার্থ থাকে, ডানপাল্লায় নির্দিষ্ট ওজনসমূহ রাখা হয়।	২। 4-ডিজিটাল ব্যালেন্সে কেবল মাত্র একটি টপ লোডিং পাল্লা থাকে। এর ওপর রাসায়নিক পদার্থ ভর্তি ওজন বোতল রাখা হয়।
৩। বায়ু চলাচলের ধাক্কা মুক্ত রাখতে ব্যালেন্সটিকে কাচের বাঁকে রাখা হয়।	৩। 4-ডিজিটাল ব্যালেন্সটিও বায়ুর ধাক্কা মুক্ত অবস্থায় কাচের বাঁকে থাকে।
৪। হস্তচালিত পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সে ওজন নিতে বিদ্যুতের প্রয়োজন হয় না।	৪। 4-ডিজিটাল ব্যালেন্স ব্যবহারে বিদ্যুতের প্রয়োজন হয়।
৫। পল-বুঙ্গিতে ওজন নিতে বেশি সময় প্রয়োজন হয়।	৫। ডিজিটাল ব্যালেন্সে অল্প সময়ের মধ্যে ওজন নেয়া যায়।
৬। পল-বুঙ্গিতে ওজন করা বস্তুর ওজনের সূক্ষ্মতা কম থাকে; কারণ 'ব্যক্তিগত ভুল' হতে পারে।	৬। ডিজিটাল ব্যালেন্সে ওজন করা বস্তুর ওজনের সূক্ষ্মতা বেশি থাকে; কারণ 'ব্যক্তিগত ভুল' এক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয়।

### শিক্ষার্থীর কাজ-১.৩ : পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স ও 4-ডিজিটাল ব্যালেন্সভিত্তিক :

প্রশ্ন-১.২(ক) : রাইডার কী?

[দি. বো. ২০১৯]

প্রশ্ন-১.২(খ) : রাইডার ধ্রুবক কী?

[চ. বো. ২০১৯; সি. বো. ২০১৭, ২০১৯]

প্রশ্ন-১.২(গ) : একটি ধ্রুবণ তৈরির জন্য তোমাকে  $X_2CO_3$  এর 2.6575 g ওজন করতে বলা হলো। 'X' এর পাঃ সংখ্যা 11 ধরতে হবে।

[ঢ. বো. ২০১৯]

(১) পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স-এর সাহায্যে তুমি এ বিকারকটি কীভাবে পরিমাপ করবে?

প্রশ্ন-১.২(ঘ) : পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স ও 4-ডিজিটাল ব্যালেন্স ব্যবহারে সুবিধা ও অসুবিধাসমূহের তুলনামূলক আলোচনা কর।

প্রশ্ন-১.২(ঙ) : দুইজন একাদশ শ্রেণির শিক্ষার্থী আলমগীর ও সজল পৃথকভাবে 500 mL 0.1M  $Na_2CO_3$  ধ্রুবণ তৈরির জন্য প্রয়োজনীয় পরিমাণ দ্রব পরিমাপ করতে পল-বুঙ্গি ও ডিজিটাল ব্যালেন্স ব্যবহার করল। কোন রাসায়নিক ব্যালেন্স ব্যবহারে কোন শিক্ষার্থীর কাজের কীরণ সুবিধা ও অসুবিধা হয়েছিল তা ব্যাখ্যা কর।

প্রশ্ন-১.৩ : ডিজিটাল ব্যালেন্সে রাসায়নিক পদার্থের ওজন নিতে সুবিধাগুলো কী?

প্রশ্ন-১.৪ : পল-বুঙ্গি ও 4-ডিজিটাল ব্যালেন্স ব্যবহারের বিধিসমূহ লেখ।

### জেনে নাও :

- \* প্রাইমারি স্ট্যাভার্ড পদার্থকে ওজন করতে পল-বুঙ্গি ও 4-ডিজিটাল ব্যালেন্স ব্যবহার করা হয়।
- \* ক্ষয়কারক কঠিন সেকেভারি পদার্থকে যেমন,  $NaOH$ -এর দানাকে রাফ ব্যালেন্স (Rough balance)-এ ওজন করতে হয়।
- \* ক্ষয়কারক তরল সেকেভারি পদার্থ যেমন,  $HCl$  এসিড ও  $H_2SO_4$  এসিডকে মেপে নিতে মেজারিং সিলিন্ডার ব্যবহার করতে হয়।

সমাধানকৃত সমস্যা-১.১ : তোমাকে 250 mL আয়তনের একটি আয়তনিক ফ্লাক্স দিয়ে বলা হলো এ ফ্লাক্সে  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  এর একটি ডেসিমোলার দ্রবণ প্রস্তুত কর। তুমি এজন্য কত গ্রাম  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  রাসায়নিক নিষ্ঠিতে ওজন করে নিবে?

দক্ষতা :  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  এর গ্রাম আণবিক ভর ও মোলার দ্রবণের সংজ্ঞা ব্যবহৃত হবে।

সমাধান :  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  এর গ্রাম আণবিক ভর =  $(23 \times 2 + 12 + 16 \times 3) \text{ g} = 106 \text{ g}$

মোলার দ্রবণের সংজ্ঞা মতে,

1.0L বা, 1000 mL আয়তনের 1M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবণ তৈরিতে  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  লাগে = 106 g

$$\therefore 250 \text{ mL আয়তনের } 0.1\text{M } \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ দ্রবণ তৈরিতে } \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ লাগে} = \frac{106 \times 250 \times 0.1}{1000 \times 1} \text{ g} = 2.65 \text{ g}$$

$\therefore 250 \text{ mL } 0.1\text{M } \text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবণ প্রস্তুতির জন্য প্রয়োজন হবে 2.65 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

সমাধানকৃত সমস্যা-১.২ : উপরের সমস্যা-১.১ মতে 250 mL ফ্লাক্সে 0.1M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  তৈরি করতে 2.65 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  প্রয়োজন হলেও তুমি পল-বুঙ্গি ব্যালেসে ওজন নিতে গিয়ে 2.9415 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ওজন করেছ। তখন  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  এর প্রস্তুত দ্রবণটির মোলার ঘনমাত্রা কত হবে তা হিসাব করে দেখাও।

দক্ষতা :  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  এর মোল সংখ্যা ও মোলারিটির সংজ্ঞা ব্যবহৃত হবে।

$$\text{সমাধান : গৃহীত } \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ এর মোল সংখ্যা} = \frac{\text{গৃহীত } \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ এর ভর}}{\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ এর মোলার ভর}} = \frac{2.9415 \text{ g}}{106 \text{ g mol}^{-1}} = 0.02775 \text{ mol}$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ দ্রবণের মোলারিটি} = \frac{\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ এর মোল সংখ্যা}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন}} ;$$

$$\therefore \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ দ্রবণের মোলারিটি} = \frac{0.02775 \text{ mol}}{0.250 \text{ L}} = 0.111 \text{ mol L}^{-1}$$

$$\therefore \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা হবে} = 0.111 \text{ mol L}^{-1} \text{ বা } 0.111 \text{ M}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-১.৩ : রাসায়নিক ব্যালেস, দ্রবণের ঘনমাত্রা ও প্রমাণ দ্রবণভিত্তিক :

উদ্দীপক : অনিক 4-ডিজিট ব্যালেসে 1.0589 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  এবং তুলি 2-ডিজিট ব্যালেসে 1.62 g  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  পরিমাপ করে পৃথকভাবে 100 mL মেজারিং ফ্লাক্সে নিয়ে প্রয়োজন মতো পানি মিশিয়ে দুটি দ্রবণ তৈরি করা হলো।

(ক) প্রমাণ দ্রবণ কী?

[ঢ. বো. ২০১৭]

(খ) অনিকের প্রস্তুতকৃত দ্রবণটির মোলার ঘনমাত্রা ও pH গণনা কর।

(গ) উদ্দীপকের কোন দ্রবণটি প্রমাণ দ্রবণ হিসেবে অধিক গ্রহণযোগ্য? তোমার উত্তরের সপরে যুক্তি দেখাও।

সমাধান : (ক) প্রমাণ দ্রবণ :

সংজ্ঞা : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থের নমুনা দিয়ে তৈরি কোনো দ্রবণের ঘনমাত্রা সঠিকভাবে জানা থাকলে সে দ্রবণকে ঐ দ্রবের প্রমাণ দ্রবণ বলে। যেমন, 0.1 M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবণ হলো একটি প্রমাণ দ্রবণ।

সমাধান : (খ) অনিকের প্রস্তুতকৃত দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা ও pH গণনা :

$$\text{আমরা জানি, দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা বা, মোলারিটি} = \frac{\text{দ্রবের মোল সংখ্যা}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন}}$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ এর গ্রাম আণবিক ভর} = 106 \text{ g mol}^{-1}$$

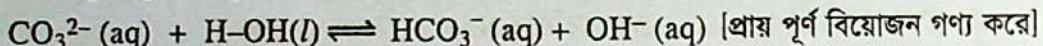
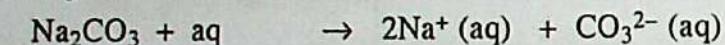
$$\text{গৃহীত } \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ এর ভর} = 1.0589 \text{ g}$$

$$\therefore \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ এর মোল সংখ্যা} = \frac{1.0589 \text{ g}}{106 \text{ g mol}^{-1}} = 0.0099896 \text{ mol}$$

$$\text{দ্রবণের আয়তন} = 100 \text{ mL} = 0.1 \text{ L}$$

$$\therefore \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ দ্রবণের মোলারিটি} = \frac{0.0099896 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.099896 \text{ M (উ:)}$$

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবণের pH গণনা :  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য হওয়ায় এটি জলীয় দ্রবণে পূর্ণ আয়নিত হয়ে  $\text{Na}^+$  আয়ন ও  $\text{CO}_3^{2-}$  আয়ন তৈরি করে।  $\text{Na}^+$  আয়ন সবল ক্ষার  $\text{NaOH}$  এর অনুবন্ধী এসিড হওয়ায় এটি  $\text{H}_2\text{O}$  এর সাথে বিক্রিয়া করে না। কিন্তু  $\text{CO}_3^{2-}$  আয়ন মৃদু এসিড  $\text{H}_2\text{CO}_3$  এর অনুবন্ধী ক্ষারক হওয়ায় এটি  $\text{H}_2\text{O}$  সহ আন্তরিক বিশ্লেষণে  $\text{OH}^-$  আয়ন ও দুর্বল  $\text{HCO}_3^-$  এসিড তৈরি করে। তখন  $\text{OH}^-$  আয়নের ঘনমাত্রা  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  এর ঘনমাত্রার প্রায় সমান ধরা যায়। যেমন-



$$\therefore [\text{Na}_2\text{CO}_3] = [\text{OH}^-] = 0.099896 \text{ M}$$

$$\text{আমরা জানি ক্ষার দ্রবণের, pH} = 14 - \log [\text{OH}^-] = 14 - \log 0.099896$$

$$\therefore \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ দ্রবণের pH} = (14 - 1.000452) = 12.999 \text{ (উ:)}$$

সমাধান : (গ) কোনটি প্রমাণ দ্রবণ হিসেবে অধিক গ্রহণযোগ্য, তা নির্ণয় :

অনিকের প্রস্তুতকৃত  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবণের মোলারিটি (নির্ণীত) = 0.099896 M

তুলির প্রস্তুতকৃত  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  দ্রবণের মোলারিটি =  $\frac{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ এর মোল সংখ্যা}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন}}$

$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  এর গ্রাম-আণবিক ভর =  $(39.1 \times 2 + 52 \times 2 + 16 \times 7) \text{ g} = 294.2 \text{ g mol}^{-1}$

গৃহীত  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  এর ভর = 1.62 g

$\therefore \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ এর মোল সংখ্যা} = \frac{1.62 \text{ g}}{294.2 \text{ g mol}^{-1}} = 0.005506 \text{ mol}$

দ্রবণের আয়তন = 100 mL = 0.1L

$\therefore \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ দ্রবণের মোলারিটি} = \frac{0.005506 \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = 0.05506 \text{ M.}$

বিশ্লেষণ : এক্ষেত্রে অনিক ও তুলির প্রস্তুতকৃত উভয় দ্রবণ হলো দুটি ভিন্ন প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড পদার্থ যেমন  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ও  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  এর। প্রয়োজনীয় পরিমাণ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  পরিমাপে অনিক ব্যবহার করেছে 4-ডিজিট ব্যালেন্স। ফলে অনিকের ওজন করা  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  এর পরিমাণ গ্রাম এককে দশমিক চতুর্থ স্থান পর্যন্ত (যেমন 1.0589 g) সঠিকভাবে নেয়া সম্ভব হয়েছে। অপরদিকে তুলি ব্যবহার করেছে 2-ডিজিট ব্যালেন্স। ফলে তুলির ওজন করা  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  এর পরিমাণ গ্রাম এককে দশমিক দ্বিতীয় স্থান যেমন- 1.62 g পর্যন্ত ওজন নেয়া সম্ভব হয়েছে। সুতরাং অনিকের  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  এর ওজন নেয়ার কাজ অধিকতর সূক্ষ্মভাবে সম্পন্ন হয়েছে।

তাই অনিকের প্রস্তুতকৃত  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবণটি প্রমাণ দ্রবণ হিসেবে রাসায়নিক বিশ্লেষণীয় কাজে অধিকতর গ্রহণযোগ্য।

সমাধানকৃত সমস্যা-১.৪ : উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও।

[রা. বো. ২০১৯]

(ক) মোলার দ্রবণ কী?

(খ) উদ্দীপকের 'A' পাত্রে বিদ্যমান এসিডটির ভর নির্ণয় কর।

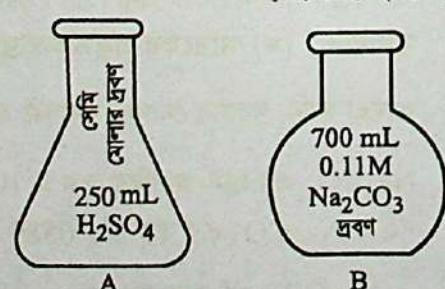
(গ) উদ্দীপকের দ্রবণ দুটিকে মিশ্রিত করলে ঐ মিশ্র দ্রবণটি কী পরিমাণ অঙ্গীয় বা ক্ষারীয় হবে; তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

সমাধান : (ক) মোলার দ্রবণ :

সংজ্ঞা : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যেমন কক্ষতাপমাত্রায় কোনো দ্রবের এক লিটার

দ্রবণে এক মোল দ্রব দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে ঐ দ্রবের এক মোলার দ্রবণ

বলে। মোলার দ্রবণকে 1M দ্বারা বোঝানো হয়। যেমন, কক্ষ তাপমাত্রায় এক মোল  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  বা, 106 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  এক লিটার দ্রবণে দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  এর মোলার দ্রবণ বা, 1M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবণ বলা হয়।



সমাধান : (খ) 'A' পাত্রে বিদ্যমান এসিডটির ভর নির্ণয় :

উন্দীপক সংশ্লিষ্ট এসিডটি হলো 250 mL সেমি-মোলার অর্থাৎ 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> দ্রবণ। মনে করি এক্ষেত্রে ঐ দ্রবণে থাকা এসিডটির ভর = w g।

আমরা জানি, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> এর গ্রাম আণবিক ভর = 98 g mol<sup>-1</sup>

$$\text{দ্রবণে } \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ এর মোলারিটি, } (M) = \frac{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ এর মোল সংখ্যা } (n)}{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ দ্রবণের আয়তন } (L)} ;$$

$$\text{বা, } 0.5 \text{ mol L}^{-1} = \frac{w \text{ g}/98 \text{ g mol}^{-1}}{0.250 \text{ L}} = \frac{w \text{ g}}{98 \text{ g mol}^{-1} \times 0.25 \text{ L}} ;$$

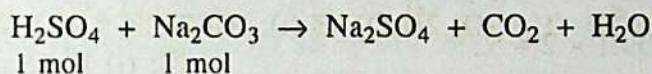
$$\text{বা, } w = 0.5 \times 98 \times 0.25$$

$$\text{বা, } w = 12.25$$

$$\therefore \text{দ্রবণে } \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ আছে} = 12.25 \text{ g (উ:)}$$

সমাধান : (গ) মিশ্র দ্রবণটির পরিমাণগত অন্নীয় বা ক্ষারীয় প্রকৃতি নির্ণয় :

উন্দীপক সংশ্লিষ্ট দ্রবণ দুটি হলো H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> দ্রবণ ও Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> দ্রবণ। উভয় ঘোঁষের মধ্যে প্রশমন বিক্রিয়াটি হলো নিম্নরূপ :



উভয় ঘোঁষ দ্রবণে ভিন্ন মোলার ঘনমাত্রায় আছে। তাই দ্রবণে থাকা প্রত্যেকের মোল সংখ্যা নির্ণয় করতে হবে।

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> দ্রবণের বেলায়, 1000 mL 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> দ্রবণ = 0.5 mol H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

$$\therefore 250 \text{ mL } 0.5 \text{ M H}_2\text{SO}_4 \text{ দ্রবণ} = \frac{0.5 \times 250}{1000} \text{ mol H}_2\text{SO}_4 = [0.125 \text{ mol H}_2\text{SO}_4]$$

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> দ্রবণের বেলায়, 1000 mL 0.11 M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> দ্রবণ = 0.11 mol Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

$$\therefore 700 \text{ mL } 0.11 \text{ M Na}_2\text{CO}_3 \text{ দ্রবণ} = \frac{0.11 \times 700}{1000} \text{ mol Na}_2\text{CO}_3 = [0.077 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3]$$

∴ মোল সংখ্যা গণনায় দেখা যায়, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> এর মোল সংখ্যা কম আছে। তাই লিমিটিং বিক্রিয়ক হিসেবে Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> এর মোল সংখ্যাভিত্তিক প্রশমন বিক্রিয়াটির মিশ্র দ্রবণে অতিরিক্ত H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> এসিডের মোল সংখ্যা গণনা করতে হবে।

সমীকরণ মতে, 1 mol Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> দ্বারা 1 mol H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> প্রশমিত হয়।

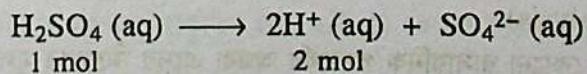
∴ 0.077 mol Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> দ্বারা 0.077 mol H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> প্রশমিত হয়।

$$\begin{aligned} \therefore \text{মিশ্র দ্রবণে অর্থাৎ } (250 + 700) \text{ mL বা, } 950 \text{ mL দ্রবণে অবশিষ্ট H}_2\text{SO}_4 \text{ আছে} &= (0.125 - 0.077) \text{ mol} \\ &= 0.048 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{মিশ্র দ্রবণে H}_2\text{SO}_4 \text{ এর মোলারিটি} = \frac{0.048 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{0.950 \text{ L দ্রবণ}} = 0.05 \text{ M}$$

∴ মিশ্র দ্রবণটি 0.05 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> এসিডের একটি অন্নীয় দ্রবণ হয়েছে।

বিশ্লেষণ : প্রশমতে, দ্রবণটির পরিমাণগত অন্নীয় বা ক্ষারীয় অবস্থা প্রকাশের জন্য ঐ দ্রবণের pH মানের সাহায্যে তা প্রকাশ করতে হবে। এক্ষেত্রে 1 mol H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> জলীয় দ্রবণে 2 mol H<sup>+</sup> আয়ন তৈরি করে।



$$\therefore 0.05 \text{ M H}_2\text{SO}_4 \text{ দ্রবণে H}^+ \text{ আয়নের ঘনমাত্রা} = (0.05 \times 2) \text{ mol} = 0.1 \text{ mol H}^+ \text{ আয়ন।}$$

$$\therefore \text{ঐ H}_2\text{SO}_4 \text{ এসিড দ্রবণের pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log 0.1 = 1.0$$

$$\therefore \text{ঐ অন্নীয় এসিড দ্রবণটির pH} = 1.0 \text{ (উ:)}$$

প্রশমতে,

মোলারিটি, M = 0.5 mol L<sup>-1</sup>

দ্রবণের আয়তন = 0.250 L

মোল সংখ্যা, n =  $\frac{w \text{ g}}{98 \text{ g mol}^{-1}}$

শিক্ষার্থীর কাজ-১.৪ : মোলার ঘনমাত্রা ও মোলারিটিভিটিক :

সমস্যা-১.৪ : অনিক 4-ডিজিট ব্যালেন্সে 1.0589 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  এবং তুলি 2-ডিজিট ব্যালেন্সে 1.62 g  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  পরিমাপ করে পৃথকভাবে 100 mL মেজারিং সিলিন্ডারে পানি মিশিয়ে 100 mL করে দ্রবণ তৈরি করে। [ $\text{Na}_2\text{CO}_3$  এর আ. ভর = 106 ও  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  এর আ. ভর = 294.2] [ঢ. বো. ২০১৭]

(ক) অনিক ও তুলির তৈরি করা দ্রবণের মোলারিটি বের কর।

[উ: 0.099 M; 0.055 M]

(খ) উভয় দ্রবণের মধ্যে কোন দ্রবণটি প্রমাণ দ্রবণ হিসেবে অধিক গ্রহণযোগ্য হবে, তা ব্যাখ্যা কর।

[সমাধানকৃত সমস্যা-১.৩ দেখো]

সমস্যা-১.৫ : 100 mL দ্রবণে 1.18 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবীভূত আছে। দ্রবণটির মোলার ঘনমাত্রা কত? [উ: 0.11132 M]

সমস্যা-১.৬ : 250 mL 0.1 M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  দ্রবণ কীভাবে তৈরি করবে?

উভয় সংকেত : প্রয়োজনীয়  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  গণনা কর। তা হবে 2.65 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ । এরপর রাসায়নিক নিক্ষিতে ওজন নিয়ে 250 mL মেজারিং ফ্লাক, ফানেল, ওয়াশ বোতল ব্যবহার করে দ্রবণ তৈরির বর্ণনা দাও।।

সমস্যা-১.৭ : 100 mL দ্রবণে 1.386 g অক্সালিক এসিড ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) দ্রবীভূত আছে। দ্রবণটির মোলার ঘনমাত্রা কত?

সমস্যা-১.৮ : 250 cm<sup>3</sup> অক্সালিক এসিড ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) এর (i) সেমিমোলার ও (ii) ডেসি মোলার দ্রবণ তৈরিতে কত গ্রাম দ্রব প্রয়োজন হবে? [উ: (i) 15.75 g ; (ii) 3.15 g]

সমস্যা-১.৯ : 250 mL দ্রবণে 7.355 g  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  দ্রবীভূত আছে। দ্রবণটির মোলারিটি কত?

[K = 39.1, Cr = 52] [উ: 0.10 mol L<sup>-1</sup>]

সমস্যা-১.১০ : 100 mL 0.1M  $\text{KMnO}_4$  দ্রবণ তৈরিতে কত গ্রাম  $\text{KMnO}_4$  প্রয়োজন হবে?

[K = 39.1, Mn = 55] [উ: 1.58 g]

সমস্যা-১.১১ : 250 cm<sup>3</sup>  $\text{NaOH}$  এর (i) মোলার দ্রবণ ও (ii) ডেসি মোলার দ্রবণ তৈরি করতে কত গ্রাম দ্রব প্রয়োজন হবে? [উ: (i) 10 g; (ii) 1.0 g]

**বিশেষ দৃষ্টব্য :**  $\text{NaOH}$  হলো কঠিন সেকেন্ডারি স্ট্যাভার্ড পদার্থ। সেকেন্ডারি স্ট্যাভার্ড পদার্থকে রাসায়নিক নিক্ষিতে যেমন পল-বুঙ্গি ব্যালেন্সে ওজন করা হয় না; রাফ ব্যালেন্সে (Rough balance-এ) ওজন করতে হয়। আবার তরল সেকেন্ডারি স্ট্যাভার্ড পদার্থ যেমন গাঢ় HCl এসিড (10 M), গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এসিড (18 M) থেকে লয় এসিড দ্রবণ তৈরিতে প্রয়োজনীয় পরিমাপ  $V_1M_1 = V_2M_2$  সম্পর্ক মতে আয়তন ( $V_1$ ) জেনে মেজারিং সিলিন্ডারে মেপে নেয়া হয়।

### ১.৪.৩ আয়তনিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত কাচের যন্ত্রপাতি

#### Glass Apparatus Used in Volumetric Analysis

রাসায়নিক বিশ্লেষণ : কোনো রাসায়নিক পদার্থ অথবা এদের মিশ্রণের মূল উপাদানসমূহকে শনাক্তকরণ এবং এদের পরিমাপ নির্ধারণের জন্য যে রাসায়নিক পদ্ধতিসমূহ ল্যাবরেটরিতে অনুসরণ করা হয়, তাকে রাসায়নিক বিশ্লেষণ বলে। সমগ্র রাসায়নিক প্রক্রিয়া মূলত দুই প্রধান শ্রেণিতে বিভক্ত। যেমন,

(ক) আঙ্গিক বিশ্লেষণ (Qualitative Analysis)

(খ) মাত্রিক বিশ্লেষণ (Quantitative Analysis)

**আঙ্গিক বিশ্লেষণ :** যে বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় কোনো রাসায়নিক পদার্থের অথবা এদের মিশ্রণের মূল উপাদান বা জৈব যৌগের মূলকসমূহের উপস্থিতি রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যে বিশেষ বর্ণ্যুক্ত যৌগের দ্রবণ অথবা অধঃক্ষেপ সৃষ্টির মাধ্যমে শনাক্তকরণ সম্ভব হয়, একে আঙ্গিক বিশ্লেষণ বলে। যেমন অজৈব লবণের ক্যাটাইন ও অ্যানায়ান শনাক্তকরণ পদ্ধতি হলো আঙ্গিক বিশ্লেষণ।

**মাত্রিক বিশ্লেষণ :** যে বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ার সাহায্যে কোনো রাসায়নিক পদার্থের মূল উপাদানসমূহের আনুপাতিক পরিমাণ বা সঠিক পরিমাণ নির্ণয় করা যায়, একে মাত্রিক বিশ্লেষণ বলে।

আবার মাত্রিক বিশ্লেষণসমূহ দুই শ্রেণিতে বিভক্ত। যেমন,

(১) ভরভিত্তিক বিশ্লেষণ (Gravimetric Analysis)

(২) আয়তনিক বিশ্লেষণ (Volumetric Analysis)

**MCQ-1.2 :** প্ল-বুঙ্গি ব্যালেন্সে 5 mg  
রাইডার ব্যবহৃত হলে রাইডার ধ্রুবক কত হয়?  
(ক) 0.02 g      (খ) 0.002 g  
(গ) 0.001 g      (ঘ) 0.0001 g

**ভরভিত্তিক বিশ্লেষণ :** ভরভিত্তিক বিশ্লেষণের বেলায়, পরীক্ষাধীন পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সৃষ্টি অধঃক্ষেপকে পোর্সেলিন বাটিতে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্পন্ন করে শুষ্ক করার পর প্রাপ্ত ভরের ওজন গ্রাম এককে নেয়া হয়।

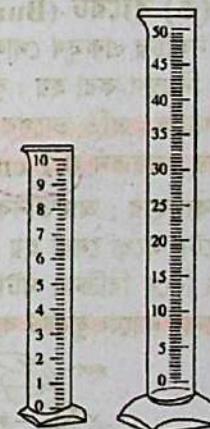
**আয়তনিক বিশ্লেষণ :** আয়তনিক বিশ্লেষণের বেলায়, কোনো নির্দিষ্ট আয়তনের প্রদত্ত নমুনার সাথে অপর কোনো নির্দিষ্ট আয়তনের বিকারক দ্রবণের তুল্য পরিমাণে বিক্রিয়া সম্পন্ন করে প্রদত্ত নমুনায় পরীক্ষণীয় উপাদানের মোল পরিমাণ গণনা করা হয়। যেমন- অম্ল ক্ষার টাইট্রেশন, রিডক্স টাইট্রেশন।

**আয়তনিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি :** আয়তনিক বিশ্লেষণে নিম্নলিখিত কাচ নির্মিত যন্ত্রপাতি ব্যবহৃত হয় : (১) মেজারিং সিলিন্ডার বা পরিমাপন সিলিন্ডার, (২) মেজারিং ফ্লাঙ্ক, (৩) ব্যুরেট, (৪) পিপেট, (৫) কনিকেল ফ্লাঙ্ক, (৬) ফানেল ও ওয়াশ বোতল, (৭) বিকার ইত্যাদি। আয়তনিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত কাচ যন্ত্র পাইরেক্স গ্লাস (বোরো সিলিকেট গ্লাস) অথবা পটাস গ্লাস দিয়ে তৈরি করা হয়। এ সব গ্লাস বা কাচ খুব শক্ত ও তাপরোধী হয়।

এ সব যন্ত্রপাতির গঠনগত বৈশিষ্ট্য, ব্যবহারের ক্ষেত্র ও ব্যবহারবিধি আলোচনা করা হলো।

### (১) মেজারিং সিলিন্ডার (Measuring cylinder) :

**পরিচিতি :** এক মুখ খোলা ও এক মুখ বক্ষ দাগ কাটা বিভিন্ন আয়তনের কাচের মোটা নলকে মেজারিং সিলিন্ডার বা পরিমাপক সিলিন্ডার বলে। ডেক্স খাড়াভাবে রাখলে যাতে পড়ে না যায় সেজন্য নলটির বক্ষ দিক চ্যাপটা করা থাকে (১.৭ নং চিত্র)।



চিত্র-১.৭ : বিভিন্ন আকারের মেজারিং সিলিন্ডার।

**ব্যবহার :** সিলিন্ডারের গায়ে  $\text{cm}^3$  অথবা  $\text{mL}$  দাগাক্ষিত থাকে। ফলে একটি সিলিন্ডার দ্বারা বিভিন্ন আয়তনের তরল পরিমাপ করা যায়। বিশেষত নির্দিষ্ট আয়তনের গাঢ় এসিড ও পানির পরিমাপ করার জন্য মেজারিং সিলিন্ডার ব্যবহৃত হয়। এটা সাধারণত  $5 \text{ cm}^3$ ,  $10 \text{ cm}^3$ ,  $50 \text{ cm}^3$ ,  $100 \text{ cm}^3$ ,  $200 \text{ cm}^3$ ,  $250 \text{ cm}^3$  প্রভৃতি বিভিন্ন আয়তনের হয়। তবে আয়তন যত বেশি হয় সিলিন্ডারের আকৃতি তত মোটা হয় এবং পরিমাপের সূক্ষ্মতা তত কমে যায়। আয়তনিক সিলিন্ডারে তরল রাসায়নিক পদার্থ পরিমাপ করা হয়। সর্বনিম্ন  $1 \text{ mL}$  তরল এটি দ্বারা মাপা যায়।

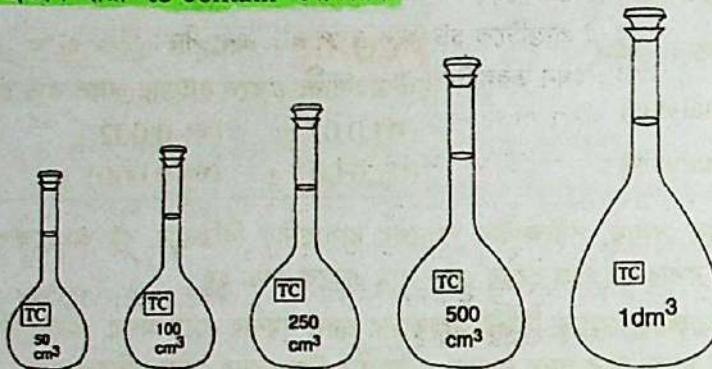
**মেজারিং সিলিন্ডারে নির্ভুল পরিমাপ করার নিয়ম :** মেজারিং সিলিন্ডারে সর্বনিম্ন  $1 \text{ mL}$  তরল মাপা যায়। তবে তরলে প্রষ্টাটন বা surface tension এর কারণে সিলিন্ডারের গায়ে তরলের উচ্চতা কিছুটা বেশি দেখায়। এজন্য মেজারিং সিলিন্ডার দ্বারা তরল পদার্থ নির্ভুলভাবে পরিমাপের নিয়ম হলো 'তরলের সর্বনিম্ন বক্রতল' বা Lower meniscus এর পাঠ নেয়া। মেজারিং সিলিন্ডারসহ অন্যান্য আয়তনিক পরিমাপক যন্ত্র যেমন ব্যুরেট ও পিপেট দ্বারা তরল পরিমাপের ক্ষেত্রে তরলের Lower meniscus দেখে আয়তনের পাঠ নিতে হয়।

### (২) আয়তনিক ফ্লাঙ্ক বা মেজারিং ফ্লাঙ্ক (Volumetric flask or Measuring flask) :

**পরিচিতি :** সরু গলাযুক্ত গোলাকার কাচের পাত্রকে আয়তনিক ফ্লাঙ্ক বলে। ডেক্সের ওপর যাতে সহজে রাখা যায় এজন্য ফ্লাঙ্কের তলা চ্যাপটা বা সমতল আকৃতির হয়। এটা যে কোনো আয়তনের হতে পারে। আয়তনিক ফ্লাঙ্কের মুখে গ্লাস স্টপার থাকে।

**ব্যবহার :** পরীক্ষাগারে সাধারণত  $100 \text{ cm}^3$ ,  $250 \text{ cm}^3$ ,  $500 \text{ cm}^3$  ও  $1 \text{ dm}^3$  আয়তনের ফ্লাঙ্ক বেশি ব্যবহৃত হয়। নির্দিষ্ট আয়তনের প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করার জন্য বিভিন্ন আয়তনিক ফ্লাঙ্ক বা মেজারিং ফ্লাঙ্ক ব্যবহৃত হয়। এ ফ্লাঙ্কের সরু গলাযুক্ত নলের মাঝামাঝি স্থানে চারদিকে ঘিরে একটি দাগ দিয়ে ফ্লাঙ্কের আয়তন নির্দিষ্ট করা হয়। ১.৮ নং চিত্রের এ ফ্লাঙ্ক যে কোনো

ঘনমাত্রার প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করার জন্য ব্যবহার করা হয়। ফ্লাক্সের মুখটি গ্লাস স্টপার দিয়ে বন্ধ করা যায়। ফ্লাক্সের গায়ের TC প্রতীক দ্বারা 'to contain' বোধায়।



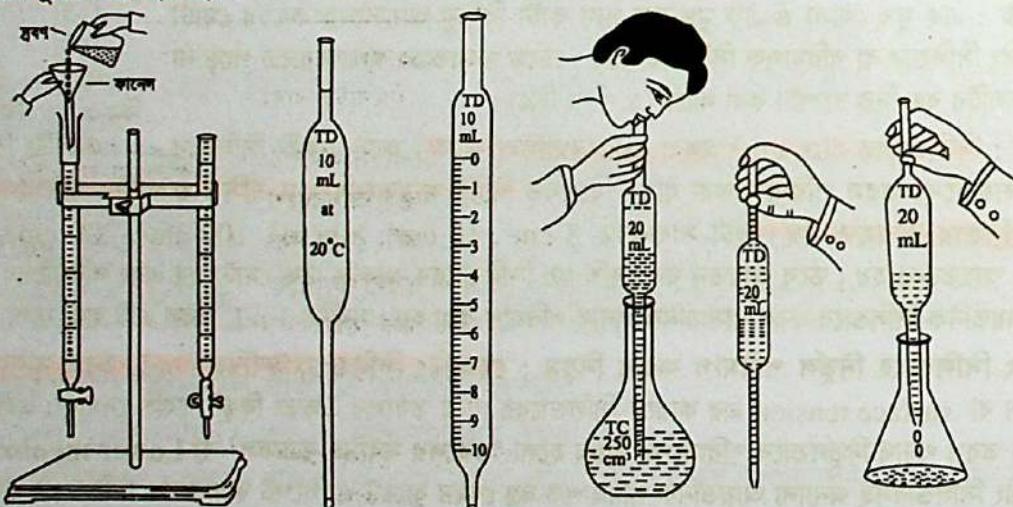
চিত্র-১.৮ : বিভিন্ন আকারের আয়তনিক ফ্লাক্স।

**MCQ-1.3 :** বুরেটে একটি ক্ষুদ্রতম ভাগের আয়তন কত?

- (ক)  $1.0 \text{ cm}^3$       (খ)  $0.1 \text{ cm}^3$   
 (গ)  $0.01 \text{ cm}^3$       (ঘ)  $0.5 \text{ cm}^3$

(৩) **বুরেট (Burette) :** পরিচিতি : বুরেট হলো দাগাক্ষিত সমান ব্যাসবিশিষ্ট মোটা কাচের নল দ্বারা তৈরি একটি যন্ত্র। নলটির একমুখ খোলা। নিচের মুখ খুব সরু। সরু মুখে স্টপ-কক লাগানো থাকে। স্টপ-কক দ্বারা বুরেট থেকে দ্রবণের পতন নিয়ন্ত্রণ করা হয়। বুরেট সাধারণত  $50 \text{ cm}^3$  আয়তনের হয়ে থাকে। বুরেটের গায়ে দাগাক্ষিত করে 50টি ভাগ করা থাকে। প্রতি ভাগের আয়তন  $1 \text{ cm}^3$ । প্রতি  $1 \text{ cm}^3$  ভাগকে আবার 10টি ভাগ করা থাকে। তাই একটি ক্ষুদ্রতম ভাগের আয়তন  $0.1 \text{ cm}^3$  হয়। DAT: 17-18

**ব্যবহার :** আয়তনিক বিশেষণে টাইট্রেশনের বেলায় জানা ও অজানা ঘনমাত্রার দুটি দ্রবণের একটিকে ফানেলের মাধ্যমে বুরেটের মধ্যে নেয়া হয়। তারপর স্টপ-কক এর সাহায্যে নিয়ন্ত্রণ করে প্রয়োজন অনুসারে বিভিন্ন আয়তনের দ্রবণ কনিকেল ফ্লাক্সে নিয়ে বিক্রিয়া ঘটানো হয়; (চিত্র-১.৯)। টাইট্রেশন কাজে অর্থাৎ দুটি বিকারক দ্রবণের তুল্য পরিমাণ আয়তনকে মিশানোর কাজে বুরেট ব্যবহৃত হয়।



চিত্র-১.৯ : বুরেট

চিত্র-১.১০ : বিভিন্ন প্রকার পিপেট।

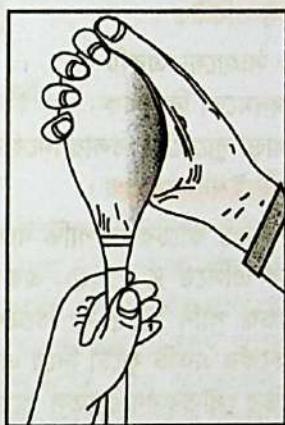
চিত্র-১.১১ : পিপেটের ব্যবহার।

(৪) **পিপেট (Pipette) :** পরিচিতি : পিপেট প্রধানত দু'প্রকার- সাধারণ পিপেট ও দাগাক্ষিত পিপেট (graduated pipette)। সাধারণ পিপেট দু মুখ খোলা সরু একটি কাচ নল দ্বারা নির্মিত। নিচের মুখটি অপেক্ষাকৃত বেশি সরু এবং মাঝখানে মোটা বাল্ব থাকে (চিত্র-১.১০ (ক))। ওপরের দিকে নলের চার পাশে একটি দাগ দিয়ে পিপেটের আয়তন নির্ধারণ করা থাকে। বিভিন্ন পিপেট  $0.5 \text{ mL}$  থেকে উন্ন করে  $50 \text{ mL}$  পর্যন্ত বিভিন্ন আয়তনের হয়ে থাকে। DAT: 19-20

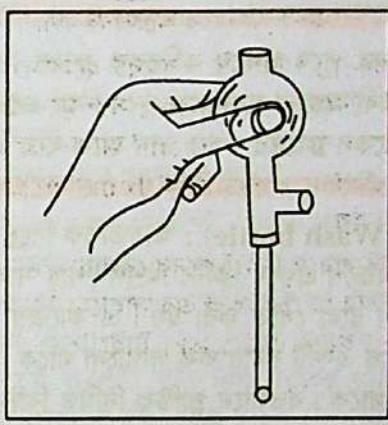
**ব্যবহার :** পরীক্ষাগারে একটি নির্দিষ্ট আয়তনের প্রতুল দ্রবণকে এক পাত্র থেকে অন্য পাত্রে নেয়ার জন্য পিপেট ব্যবহৃত হয়। পিপেটকে বাম হাতে মাঝখানে ধরে সরু মুখবিশিষ্ট প্রান্তিকে তরল পদার্থের পাত্রে ডুবিয়ে রেখে অপর প্রান্তিটি

ঠোটে চেপে রেখে ধীরে শোষণ টানে বা sucking করে তরলটিকে পিপেটের গোলাকার দাগের কিছু ওপর পর্যন্ত নিতে হয়। তারপর ডান হাতের বৃন্দাঙ্গুলির পেট দিয়ে পিপেটের ঐ প্রান্তটিকে চট করে চেপে ধরে এবং ধীরে ধীরে হালকা করে সতর্কতার সাথে বাতাস চুকালে তরলটি নিচে নামতে থাকে। যখন তরলটির নিচের তলটি (lower meniscus) গোলাকার দাগ পর্যন্ত আসে, তখন বৃন্দাঙ্গুলি চেপে রেখে পিপেটটিকে সরিয়ে অপর পাত্রে যেমন কনিকেল ফ্লাক্সে তরলটিকে নেয়া হয়। Sucking কাজটা মুখ দিয়ে না করে rubber sucker বা pipette filler দিয়েও করা যায়। [চিত্র-১.১২(ক) ও (খ)]

**সাধারণত 10 ও 25 mL আয়তনের পিপেট ব্যবহার করা হয়।** পিপেটের গায়ের TD প্রতীক দ্বারা to deliver বোঝায়। কোনো কোনো পিপেটের নল দাগাঙ্কিত থাকে [চিত্র-১.১০(খ)]। দাগাঙ্কিত পিপেট দিয়ে যে কোনো আয়তনের তরল বা প্রস্তুত দ্রবণ পরিমাপ করা যায়। তরল স্থানান্তরের সময় পিপেটে কখনো ঝাকুনি বা ফুঁ দিতে নেই। শুধু পিপেটের অগ্রভাগকে কনিকেল ফ্লাক্স বা পরিমাপক ফ্লাক্সের গায়ে স্পর্শ করাই যথেষ্ট। (চিত্র-১.১১)



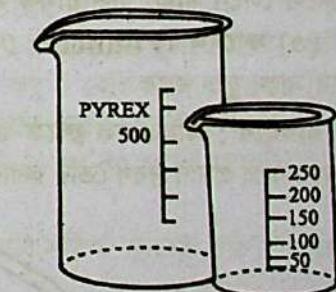
চিত্র-১.১২(ক) : Rubber sucker সহ  
পিপেটের ব্যবহার



চিত্র-১.১২(খ) : Pipette filler সহ  
পিপেটের ব্যবহার

(৫) বিকার (Beaker) : পরিচিতি : ল্যাবরেটরি বিকার হলো সাধারণত পাইরেক্স গ্লাসের তৈরি চেপ্টা তলবিশিষ্ট সিলিন্ডার আকৃতির কাচ যন্ত্র। অধিকাংশ বিকারের ওপরের গোলাকার কিনারায় পাথির বাঁকানো ঠোটের মতো একটি ছোট্ট সরু মুখ বা beak থাকে [চিত্র-১.১৩ দেখো]। এ সরু মুখে বিকারে রাখা তরল পদার্থকে অপর পাত্রে ঢেলে নেয়া সহজ হয়। ল্যাবরেটরি বিকার বিভিন্ন আকারের যেমন 25 mL, 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL, 1.0 L, 2.0 L, 5.0 L ইত্যাদি আকারের হতে পারে।

আবার 250 mL ও 500 mL বিকার দিয়ে বিভিন্ন আয়তনের তরল মেপে নেয়ার সুবিধার্থে এ বিকারে আয়তনভিত্তিক দাগ চিহ্নিত বা ক্যালিব্রেশন করা থাকে।



চিত্র-১.১৩ : বিভিন্ন আকারের বিকার

**ব্যবহার :** আয়তনিক বিশ্লেষণ ও শুণগত বিশ্লেষণ কাজে তরল পদার্থ, বিভিন্ন প্রকার দ্রবণ ও পানি ব্যবহারের ক্ষেত্রে বিকার ব্যবহৃত হয়। বিকারের সাহায্যে তরল পদার্থ ঢেলে নেয়া, ব্যৱেটে দ্রবণ স্থানান্তর করা, দ্রবণ বা তরল পদার্থকে বুনসেন বার্নারে উত্পন্ন করা ইত্যাদি কাজ ল্যাবরেটরিতে করা হয়।

#### শিক্ষার্থীর কাজ-১.৫ : তরল পদার্থের আয়তন পরিমাপভিত্তিক :

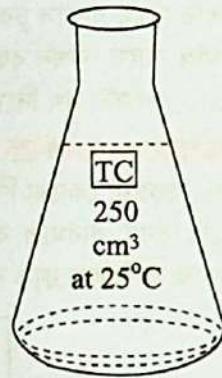
প্রশ্ন-১.৫ : তরল পদার্থ পরিমাপের জন্য পিপেট, ব্যৱেট, আয়তনিক ফ্লাক্স, মেজারিং সিলিন্ডার প্রভৃতি ভিন্ন ভিন্ন গ্লাস সামগ্রী ব্যবহার করার উপযুক্ত কারণ কী?

প্রশ্ন-১.৬ : আয়তনিক পরিমাপে মেজারিং সিলিন্ডার ও পিপেট ব্যবহারের পার্থক্য ব্যাখ্যা কর।

প্রশ্ন-১.৭ : গাঢ় HCl এসিড ও গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিড পরিমাপে সাধারণ পিপেট ব্যবহৃত হয় না; মেজারিং সিলিন্ডার ব্যবহৃত হয়; এর কারণ ব্যাখ্যা কর।

### ১.৫ কনিকেল ফ্লাস্ক, ওয়াশ বোতল, ব্যুরেট, পিপেট ব্যবহারের কৌশল Techniques to use Conical flask, Wash bottle, Burette, Pipette

(১) কনিকেল ফ্লাস্ক ও এর ব্যবহার (Conical flask and its use) : ১.১৮  
নং চিত্রের ন্যায় কনিকেল ফ্লাস্কের নিচের অংশ মোটা ও তলা চ্যাপ্টা থাকে; উপরের অংশ অপেক্ষাকৃত সরু থাকে। আয়তনিক বিশ্লেষণে টাইট্রেশন বিক্রিয়া কনিকেল ফ্লাস্ক ঘটানো হয়। এটা সাধারণত  $250\text{ cm}^3$  আয়তনের হয়ে থাকে। তবে প্রয়োজনবোধে ছোট-বড় বিভিন্ন আয়তনের কনিকেল ফ্লাস্ক পাওয়া যায়। টাইট্রেশন কাজে ব্যবহৃত হওয়ায় কনিকেল ফ্লাস্ককে টাইট্রেশন ফ্লাস্কও বলে। এছাড়া জার্মান রসায়নবিদ Emil Erlenmeyer 1860 খ্রিষ্টাব্দে এ কনিকেল ফ্লাস্ক তৈরি ও ব্যবহার করেন; তাই উভাবকের নামানুসারে কনিকেল ফ্লাস্ক Erlenmeyer flask নামেও বিষ্ণে পরিচিত।



চিত্র-১.১৮ : কনিকেল ফ্লাস্ক।

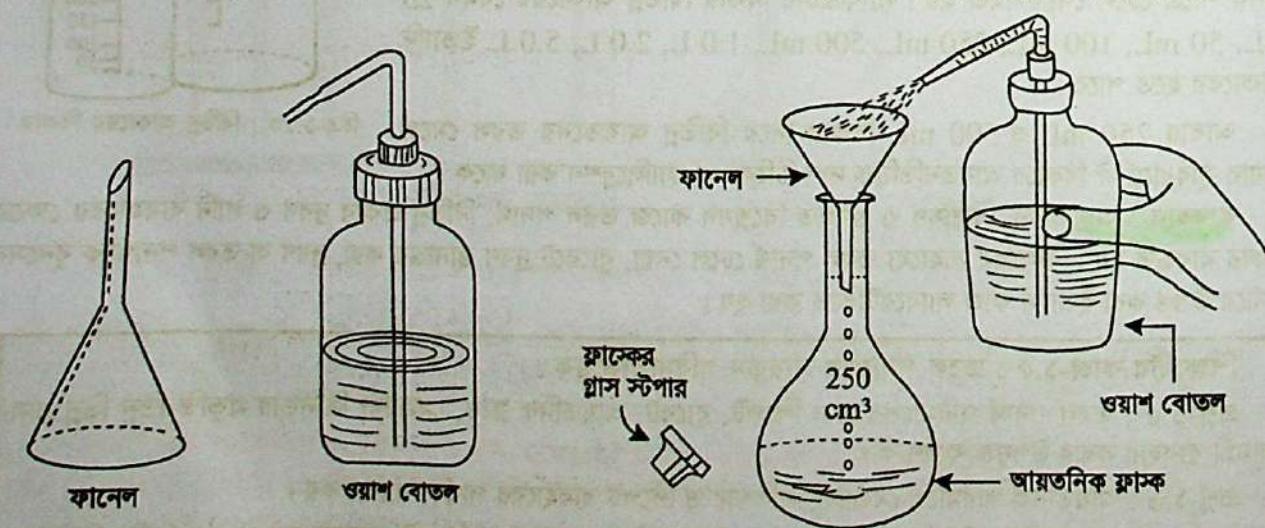
ব্যবহার : টাইট্রেশনের পূর্বে প্রথমে কনিকেল ফ্লাস্কে পিপেটের সাহায্যে একটি নির্দিষ্ট আয়তনের জানা অথবা অজানা ঘনমাত্রার দ্রবণ নিয়ে এতে প্রয়োজনমতো নির্দেশক যোগ করা হয়। এবার কনিকেল ফ্লাস্কের গলায় ডান হাতে ধরে এটিকে খাড়া ব্যুরেটের তলায় নিয়ে ব্যুরেট থেকে অপর একটি বিভিন্ন দ্রবণ যোগ করে কনিকেল ফ্লাস্কের মিশ্রণকে চক্রাকারে ঘুরায়ে টাইট্রেশন করা হয়।

(২) ওয়াশ বোতল (Wash bottle) : আয়তনিক বিশ্লেষণে যে সমস্ত কাচের যন্ত্রপাতি ব্যবহার করা হয় সেগুলোকে ব্যবহারের পূর্বে অতি উত্তমরূপে প্রথমে ক্লিনিং মিশ্রণ (গাঢ় সালফিউরিক এসিডে  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , এর সম্পূর্ণ দ্রবণ), পরে পানি এবং সবশেষে বিশুদ্ধ পানি দ্বারা ধোত করা হয়। এ কাজের জন্য বিশুদ্ধ পানি ১.১৫ নং চিত্রের মতো একটি প্লাস্টিকের বোতলে নেয়া হয়। এর মুখে একটি রবার কর্ক লাগানো থাকে। রবার কর্কের একটি ফুটো দিয়ে একটি  $45^\circ$  কোণে বাঁকানো নল ভেতর প্রবেশ করানো থাকে। বর্তমানে প্লাস্টিক নির্মিত বিভিন্ন আকৃতির ধোতকরণ বোতল পাওয়া যায়। এরূপ প্লাস্টিকের বোতলে পানি ভর্তি করে হাতে চাপ দিলে সরু নলের মুখ দিয়ে পানি বের হয়।

ব্যবহার : আয়তনিক ফ্লাস্ক নির্দিষ্ট আয়তনের প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করার সময় ওয়াশ বোতল থেকে পানি যোগ করে ফানেলে লেগে থাকা রাসায়নিক বস্তুকে ধূয়ে ফ্লাস্কে নেয়া হয় এবং নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত পূর্ণ করা হয়।

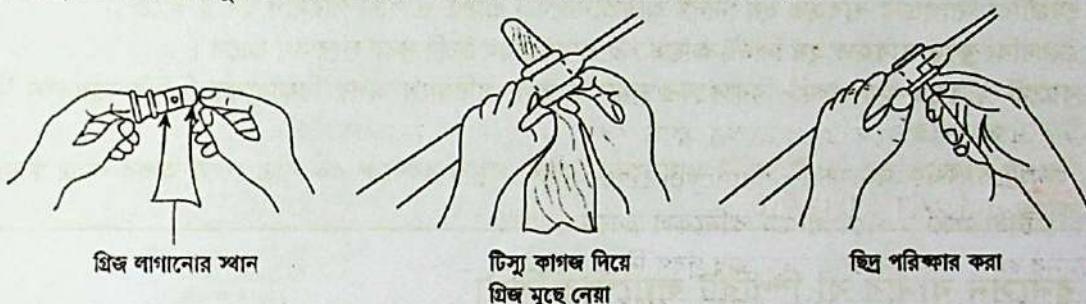
(৩) ফানেল (Funnel) : গোলাকার বড় মুখের কোণ আকৃতির কাচের ফানেলটি ক্রমে সরু মুখবিশিষ্ট হয়ে কাচ নলের সাথে যুক্ত থাকে।

ব্যবহার : আয়তনিক ফ্লাস্ক ও ব্যুরেটে তরল পদার্থ নেয়ার জন্য ফানেল ব্যবহৃত হয়। সরাসরি রাসায়নিক বস্তুর ভর পরিমাপ করে প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করার সময় ফানেল ব্যবহার করা হয়। নিচে ফানেলের চিত্রসহ ব্যবহার দেখানো হলো।



চিত্র-১.১৫ : ফানেল, আয়তনিক ফ্লাস্ক ও ওয়াশ বোতল, এদের ব্যবহার।

(৪) ব্যুরেটের পরিষ্কার ও ব্যবহার প্রণালি (Burette Cleansing and its Use) : প্রতিবার ব্যবহারের পর ব্যুরেটকে পানি দ্বারা ধূয়ে নিতে হয়। তবে ব্যুরেট পরিষ্কার করার সর্বোত্তম পদ্ধা হলো ক্লিঙ্গ মিক্সচার বা ক্রোমিক এসিড ( $K_2Cr_2O_7$  ও গাঢ়  $H_2SO_4$  এর মিশ্রণ) দ্বারা ধোতকরণ। ক্রোমিক এসিড দ্বারা ধোত করার পর ব্যুরেটটিকে আবার পানি দিয়ে ধূয়ে নিতে হয়। ধোয়ার পর দেখতে হয় স্টপকক ঠিক মতো ঘুরে কিনা বা এর পাশ দিয়ে লিক (leak) করে কিনা। যদি স্টপকক ঠিকমতো কাজ না করে, তবে এর উভয় পাশে সামান্য গ্রিজ লাগিয়ে নেয়া হয়; (অধিক গ্রিজ দেয়া ঠিক নয়)। গ্লাস স্টপককের ছিদ্রের ভেতর গ্রিজ চুকলে সরু তারের সাহায্যে নিম্নরূপে বের করে নিতে হয়।

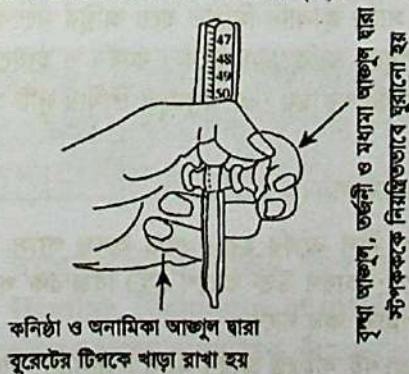


চিত্র-১.১৬ : ব্যুরেটের স্টপককে গ্রিজ লাগানোর প্রক্রিয়া।

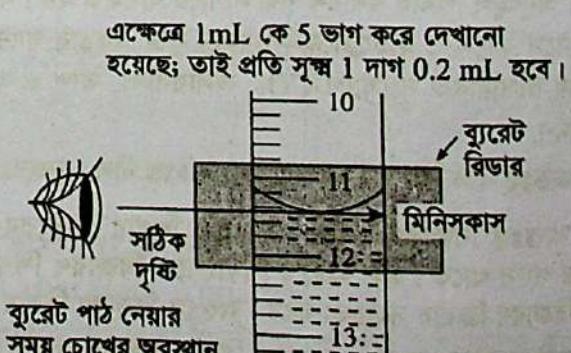
ব্যবহার : আয়তনিক বিশ্লেষণে টাইট্রেশন কাজে ব্যুরেট ব্যবহৃত হয়। ব্যুরেটে কোনো দ্রবণ নেয়ার পূর্বে ব্যুরেটটিকে ঐ দ্রবণের কয়েক সিসি দ্বারা রিনস (rinse) বা ধূয়ে নিতে হয়। অতঃপর ব্যুরেটের স্টপকক বন্ধ করে এর মুখে একটি ছোট ফানেলের মাধ্যমে দ্রবণ ব্যুরেটের শূন্য দাগের ওপর পর্যন্ত নিতে হয়। স্টপকক খুলে কিছু দ্রবণ ফেলে দিয়ে বায়ুর বুদ্বুদ মুক্ত করা হয় এবং প্রয়োজনে আরো প্রমাণ দ্রবণ ব্যুরেটে যোগ করে শূন্য দাগ পর্যন্ত দ্রবণের উপরিভাগের মিনিস্কাস (meniscus) স্থির করা হয় যাতে করে অবতলের ঠিক নিচের তরলটি শূন্য দাগ বরাবর থাকে। অতঃপর দ্রবণ ভর্তি ব্যুরেটটিকে ক্ল্যাম্পের সাহায্যে একটি স্ট্যান্ডের সাথে খাড়াভাবে লাগানো হয়। চিত্র-১.১৭ (ক) মতে, বাম হাতের কনিষ্ঠা ও অনামিকা দ্বারা ব্যুরেটের টিপকে খাড়া রেখে, বৃক্ষ আঙুল, মধ্যমা ও তর্জনী দ্বারা স্টপকক ঘুরিয়ে ব্যুরেট থেকে ফেঁটায় ফেঁটায় দ্রবণ কনিকেল ফ্লাক্সে যোগ করা হয়।

সঠিক ব্যুরেট পাঠ নেয়া : টাইট্রেশন শেষে 'ব্যুরেট-পাঠ' নেয়ার সময় এর ভেতরের তরলের সর্বনিম্ন মিনিস্কাস (lower meniscus), ব্যুরেটের দাগ ও চোখের দৃষ্টি রেখা একই সরলরেখায় থাকতে হয় [চিত্র-১.১৭ (খ) দেখো]। যদিও তরলের পৃষ্ঠাটা (বা surface tension)-এর কারণে ব্যুরেটের গায়ে তরলের উচ্চতা কিছুটা বেশি দেখায়, তবুও নির্ভুল 'ব্যুরেট পাঠ' রূপে তরলের সর্বনিম্ন বক্রতল (lower meniscus) পর্যন্ত পাঠ নিতে হয়। আলোর প্রতিফলন ও প্যারালাক্রবশত অনেক সময় 'মিনিস্কাস' সুস্পষ্ট হয় না। এ অসুবিধা দ্রুত করার জন্য 'ব্যুরেট রিডার' বা অ্যান্টি-প্যারালাক্র কার্ড ব্যবহার করা হয়।

ব্যুরেট থেকে দ্রবণ যোগ করার কৌশল চিত্র-১.১৭ (ক) এ দেখানো হয়েছে। এক্ষেত্রে সঠিক 'ব্যুরেট-পাঠ' (burette reading) হলো 11.4 mL [চিত্র-১.১৭ (খ)]



চিত্র-১.১৭ (ক) : ব্যুরেটের ব্যবহারের কৌশল।



চিত্র-১.১৭ (খ) : ব্যুরেট পাঠ নেয়ার পদ্ধতি।

(৫) পিপেটের ব্যবহার : ১.৪.৩ নং অনুচ্ছেদে চিত্র-১.১১ দ্বারা পিপেটের ব্যবহার বিধি ও কৌশল দেখানো হয়েছে।

**শিক্ষার্থীর কাজ-১.৬ :** কলিকেল ফ্লাক ও ব্যুরেট-এর ব্যবহারভিত্তিক :

**প্রশ্ন-১.৮ :** পরীক্ষাগারে কলিকেল ফ্লাক ব্যবহার পদ্ধতি ব্যাখ্যা কর।

**প্রশ্ন-১.৯ :** পরীক্ষাগারে ব্যুরেট ব্যবহার কী জন্য করা হয়, তা ব্যাখ্যা কর।

**জেলে নাও :**

- \* মেজারিং সিলিভার ব্যবহৃত হয় নির্দিষ্ট আয়তনের গাঢ় এসিড ও পানি পরিমাপ করার কাজে।
  - \* মেজারিং ফ্লাক ব্যবহৃত হয় নির্দিষ্ট আয়তনের প্রমাণ দ্রবণ তৈরি করে সংরক্ষণ কাজে।
  - \* ব্যুরেট ব্যবহৃত হয় একটি বিকারকের দ্রবণকে তুল্য পরিমাণে অপর বিকারকের নির্দিষ্ট আয়তনে মিশানো বা টাইট্রেশন কাজে।
  - \* **পিপেট** ব্যবহৃত হয় একটি নির্দিষ্ট আয়তনের কোনো প্রস্তুত দ্রবণকে এক পাত্র থেকে অপর পাত্রে স্থানান্তর করার কাজে।
- DAT: 19-20

## ১.৬ বুনসেন বার্নার বা স্পিরিট ল্যাম্পের শিখা

### Flame of Bunsen Burner or Spirit Lamp

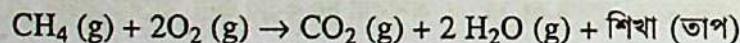
বিজ্ঞানী রবার্ট বুনসেন (১৮৫৫ খ্র.) কর্তৃক আবিষ্কৃত বুনসেন বার্নারের গঠনগতভাবে তিনটি অংশ আছে। যেমন,

- (১) বেস (base) বা নিচের অংশ : এর পার্শ্বনল দিয়ে হাইড্রোকার্বন (যেমন  $\text{CH}_4$ ) জ্বালানি গ্যাস বার্নার টিউবে ঢোকে।
- (২) পার্শ্ব ছিদ্রযুক্ত বার্নার টিউব : এর নিচের দিকে থাকে বায়ুছিদ্র পথ, এ বায়ুছিদ্র বরাবর চক্রাকারে একটি খাঁজ ও বেসের সাথে সংযুক্ত করার জন্য ক্ষু করা থাকে।

(৩) ছিদ্রযুক্ত বায়ু নিয়ন্ত্রক রিং (ring) : এ রিংটি বার্নার টিউবের খাঁজ বরাবর চক্রাকারে ঘুরে এর বায়ুছিদ্র ও বার্নার টিউবের বায়ুছিদ্র পথ এক করে দেয়।

(১) বুনসেন বার্নারে শিখা উৎপন্ন : বায়ুস্থিত অক্সিজেনের সাথে গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন জ্বালানির আংশিক বা পূর্ণ দহনের ফলে শিখা উৎপন্ন হয়। শিখা আলো ও তাপ প্রদান করে। বুনসেন বার্নারের বায়ু নিয়ন্ত্রণের দ্বারা প্রধানত দু প্রকার শিখা পাওয়া যায়। যেমন, ১. অনুজ্জ্বল শিখা বা দীপ্তিইন শিখা, ২. উজ্জ্বল-শিখা বা দীপ্তিমান শিখা।

১. অনুজ্জ্বল শিখা : যখন বুনসেন বার্নারের বায়ু-নিয়ন্ত্রকের ছিদ্র ও বার্নার টিউবের বায়ুছিদ্র এক সাথে মিলে যায়, তখন পর্যাপ্ত বায়ু হাইড্রোকার্বন জ্বালানি গ্যাসের সাথে মিশ্রিত হয়ে পূর্ণ দহনে যে শিখা উৎপন্ন হয়, তাকে অনুজ্জ্বল শিখা বলে।



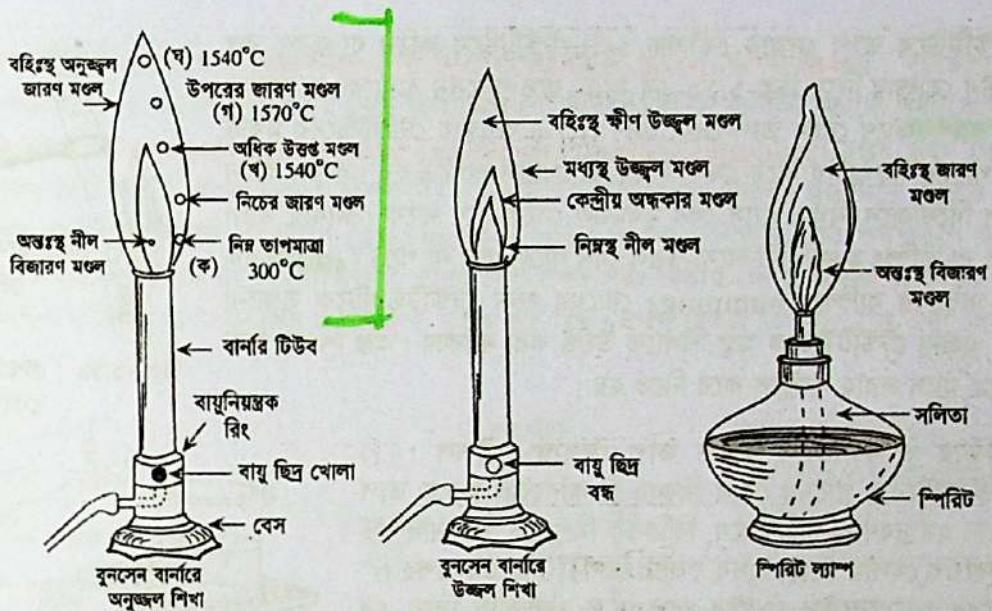
পরীক্ষাগারে বুনসেন বার্নারের অনুজ্জ্বল শিখার ব্যবহার :

এ অনুজ্জ্বল শিখায় কোনো শীষ-কালি হয় না; কারণ জ্বালানি গ্যাসের পূর্ণদহনের পর অবশিষ্ট কোনো কার্বন-কণা থাকে না। প্রধানত এ অনুজ্জ্বল শিখাই রসায়ন পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত হয়। বায়ুর সাথে জ্বালানি মিশ্রিত হয়ে অগ্নির সংস্পর্শে জ্বলে ওঠে। জ্বালানি গ্যাসে কার্বন ও হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত অবস্থায় থাকে, বায়ুতে অক্সিজেন থাকে। কার্বন ও হাইড্রোজেনের সাথে অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগে  $\text{CO}_2$ , জলীয়বাপ্ত, তাপ ও আলো উৎপন্ন হয়। এ অনুজ্জ্বল শিখার দৃঢ় মণ্ডল বা 'জোন' আছে। যেমন,

(ক) অন্তঃস্থ নীল বিজ্ঞারণ মণ্ডল ও (খ) বহিঃস্থ নীল অনুজ্জ্বল জারণ মণ্ডল।

(ক) অন্তঃস্থ বিজ্ঞারণ মণ্ডল : অনুজ্জ্বল শিখার ভেতরের অংশ নীল বর্ণের হয়। এতে অদৃশ গ্যাস-মিশ্রণ ও কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস থাকে। এই অন্তঃস্থ শিখাংশকে বিজ্ঞারণ শিখা বলে; কারণ উক্ত অংশে  $\text{CO}$  বিজ্ঞারক পদার্থ থাকে বলে এই শিখা বিজ্ঞারণ ক্রিয়ায় সহায়তা করে। অন্তঃস্থ বিজ্ঞারণ শিখায় তাপমাত্রা কম থাকে।

(খ) বহিঃস্থ জারণ মণ্ডল : অনুজ্জ্বল শিখার বাইরের চারপাশের অংশই বহিঃস্থ জারণ মণ্ডল। জ্বালানি গ্যাসের পূর্ণ দহনের ফলে কোনো কার্বন উড়া অবশিষ্ট থাকে না বলে আলোর প্রতিফলনের অভাবে এই শিখা অনুজ্জ্বল হয়। তাপ দেয়ার জন্য বহিঃস্থ জারণ মণ্ডল বা অঞ্চল ব্যবহৃত হয়।



চিত্র-১.১৮ : বুনসেন বার্নারের উজ্জ্বল ও অনুজ্জ্বল শিখা।

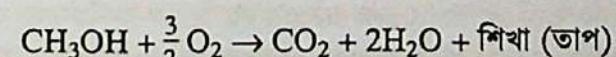
**জারণ শিখা :** বুনসেন বার্নারে অনুজ্জ্বল শিখায় জ্বালানি গ্যাসের পূর্ণ দহনের পর কিছু অক্সিজেন অতিরিক্ত থাকে এবং তা বস্তুকে জারণে সাহায্য করে বলে অনুজ্জ্বল শিখার উপরের এই অংশকে জারণ-শিখাংশ বলে। এই জারণ-শিখা অজৈব লবণের ক্ষারকীয় মূলক বিশ্লেষণের সময় ‘শিখা’ পরীক্ষায় ব্যবহৃত হয়। বহিঃঙ্গ জারণ শিখায় তাপমাত্রা  $1570^{\circ}\text{C}$  পর্যন্ত হয়ে থাকে।

২. উজ্জ্বল-শিখা : যখন বুনসেন বার্নারের বায়ু-নিয়ন্ত্রকের ছিদ্র ও বুনসেন টিউবের বায়ু-ছিদ্র পথ মিলে না যায় অর্থাৎ বায়ুছিদ্র বন্ধ রাখা হয়, তখন বার্নারের-টিউবের মধ্যে হাইড্রোকার্বন জ্বালানি গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রণ ঘটে না। ফলে পর্যাপ্ত অক্সিজেনের অভাবে জ্বালানি গ্যাসের পূর্ণ দহন হতে পারে না। তাই উর্ধ্বমুখী অদৃশ উত্পন্ন কার্বন গুঁড়ায় আলো প্রতিফলিত হয়ে শিখাকে উজ্জ্বল দেখায়। কিন্তু অদৃশ কার্বন শীষ-কালি তৈরি করে। এই কারণে পরীক্ষাগারে উজ্জ্বল শিখা ব্যবহৃত হয় না।

(৩) স্পিরিট ল্যাম্প (Spirit Lamp) : স্পিরিট ল্যাম্প হলো সাধারণ একটি প্রদীপ। এ প্রদীপের কাচ বা ধাতব পাত্রের মুখে সলিতা যুক্ত করার ব্যবস্থা আছে। এতে “মিথিলেটেড-স্পিরিট” জ্বালানি হিসেবে ব্যবহৃত হয়। মিথিলেটেড স্পিরিট হলো প্রায় 95% রেকটিফাইড স্পিরিট (বা, 95.6%  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  ও 4.4% পানি) এবং 5% মিথানল মিশ্রণ। কম তাপোৎপন্ন বলে বুনসেন দীপের অভাবে স্পিরিট ল্যাম্প ল্যাবরেটরিতে স্বল্প তাপের জন্য ব্যবহৃত হয়। এতে অনুজ্জ্বল শিখা উৎপন্ন হয়।



M AT: 18-19



**শিক্ষার্থীর কাজ-১.৭ : বুনসেন শিখাভিত্তিক :** চিন্তা করে সংক্ষেপে উত্তর দাও :

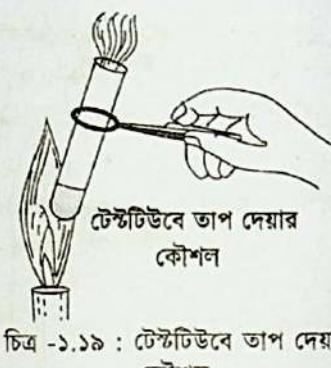
প্রশ্ন-১.১০ : বুনসেন বার্নারের কোন শিখার অঞ্চলটি তাপ দেয়ার জন্য উত্তম? ঐ শিখা তৈরির কৌশল কী? এর ব্যতিক্রম ল্যাবরেটরিতে করা যায় কী না?

### ১.৬.১ ল্যাবরেটরিতে বিভিন্ন যন্ত্রপাতিকে তাপ দেয়ার কৌশল

#### Heating Technique of different Laboratory Apparatus

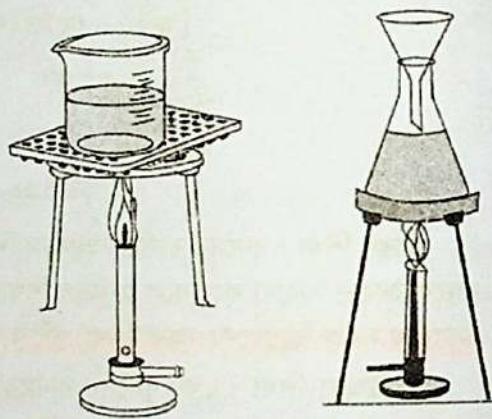
ল্যাবরেটরিতে বিভিন্ন যন্ত্রপাতিকে প্রয়োজনমতো বুনসেন বার্নার বা স্পিরিট ল্যাম্প দ্বারা উত্পন্ন করতে হয়। এতে কখনো কম তাপ বা বেশি তাপ দিতে হয়। তাই টেস্টটিউব, বিকার, গোলতলি ফ্লাক, কনিকেল ফ্লাক, পোর্সেলিন বেসিন বা ওয়াটার বার্থে তাপ দেয়ার কৌশল আলোচনা করা হলো।

(১) টেষ্টিউবে তাপ দেয়ার কৌশল : (i) টেষ্টিউবে কঠিন বা তরল বস্তু নিয়ে টেষ্টিউব হোল্ডার দিয়ে চিৰ-১.১৯ এর মতো ধৰে বুনসেন বার্নারের অনুজ্ঞাল শিখার ওপৰ  $45^{\circ}$  কোণে রেখে তাপ দেয়া হয়। (ii) এ অবস্থায় টেষ্টিউবের মুখটি নিজের এবং পার্শ্বের সহপাঠীর দিকে যেন না হয় তা খেয়াল রাখতে হয়। কারণ কঠিন পদার্থের তাপ বিয়োজনে নির্গত গ্যাস যেন মুখমণ্ডল থেকে দূরে থাকে। আবার তরল পদার্থের বাল্প বা বাস্পিং হওয়া ছিটকানো তরল যেন গায়ে এসে না পড়ে। (iii) অধিক তাপে ফুটত তরলের বাস্পিং (bumping) রোধের জন্য টেষ্টিউবটিকে সামান্য নাড়তে হয়। এজন্য টেষ্টিউবকে অল্প শিখাতে উত্তপ্ত করা দরকার। অল্প শিখার জন্য বুনসেন বার্নারে গ্যাস প্রবাহ কঠোল করে নিতে হয়।



চিৰ-১.১৯ : টেষ্টিউবে তাপ দেয়ার কৌশল

(২) বিকার ও কনিকেল ফ্লাক্সে তাপ দেয়ার কৌশল : (i) ল্যাবরেটরিতে পাইরেজ গ্লাসের তৈরি বিকার ও কনিকেল ফ্লাক্সে তাপ দেয়ার প্রয়োজন হয় দ্রবণকে গাঢ়িকরণে, বিক্রিয়ক মিশ্রণকে বিক্রিয়ার শর্ত মতে উত্তপ্তকরণের বেলায়। (ii) এসব ক্ষেত্ৰে ত্ৰিপদী স্ট্যান্ডের ওপৰ 6"  $\times$  6" আকারের অ্যাস্বেস্টেস পেস্টের প্রলেপযুক্ত তাৱজালি দিয়ে এর ওপৰ বিকার, কনিকেল ফ্লাক্স রেখে ধীৱে ধীৱে বুনসেন বার্নার দিয়ে তাপ দেয়া হয়। (iii) কনিকেল ফ্লাক্স দ্রবণের আয়তন ঠিক রেখে উত্পন্ত কৰতে হলে কনিকেল ফ্লাক্স ফানেল বসিয়ে দেয়া হয়।



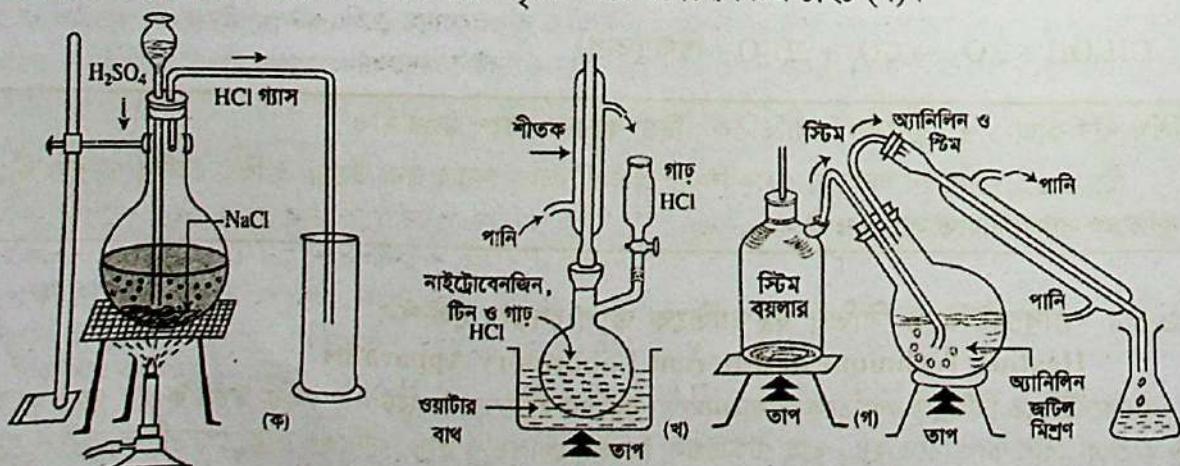
চিৰ-১.২০ : বিকার ও কনিকেল ফ্লাক্সে তাপ দেয়ার কৌশল

(৩) গোলতলি ফ্লাক্সে তাপ দেয়ার কৌশল : (i) ল্যাবরেটরিতে অজৈব ও জৈব গ্যাসীয় পদার্থ ও তরল পদার্থ তৈরিতে বিক্রিয়ার ক্ষেত্ৰে তাপ দেয়া প্রয়োজন হলে গোলতলি ফ্লাক্স ব্যবহৃত হয়। (ii) জৈব গ্যাসীয় ও উদ্বায়ী পদার্থ দাহ্য হওয়ায় এসব ক্ষেত্ৰে ব্যবহৃত গোলতলি ফ্লাক্স সৱাসিৰ বুনসেন শিখায় উত্পন্ত কৰা বিপদজনক। (iii) তাই অবস্থাভৰ্দে ব্যবহৰ অনুসৰে গোলতলি ফ্লাক্সে তাপ দেয়া তিনটি পদ্ধতিতে কৰা হয়। যেমন,

(ক) অজৈব গ্যাস  $HCl$ ,  $SO_2$  প্রস্তুতিৰ বেলায় ব্যবহৃত গোলতলি ফ্লাক্সটিকে অ্যাস্বেস্টেস তাৱজালিৰ ওপৰ ত্ৰিপদী সহকাৰে রেখে লোহার স্ট্যান্ডের সাথে ক্ল্যাম্প দ্বাৰা আটকানোৰ পৰি বুনসেন বার্নারেৰ শিখায় তাপ দেয়া হয় চিৰ-১.২১ (ক)।

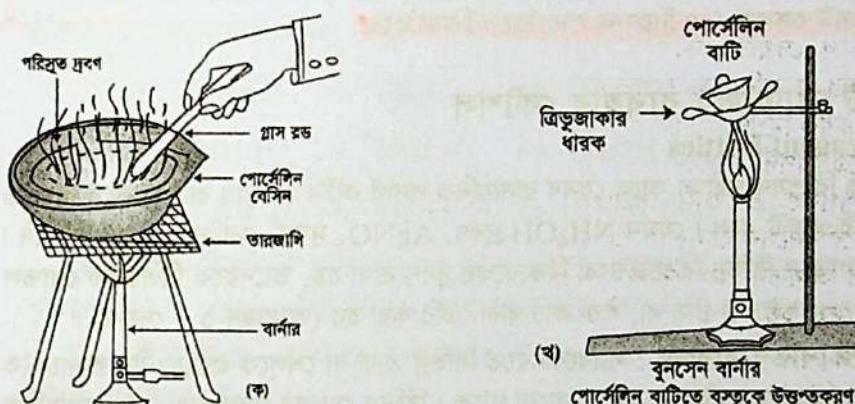
(খ) জৈব ঘোগ প্রস্তুতিতে যেমন নাইট্রোবেনজিনেৰ বিজাৱণে অ্যানিলিন প্রস্তুত কৰতে বিক্রিয়া মিশ্রণেৰ গোলতলি ফ্লাক্সটিকে ওয়াটাৰ বাথে (water bath-এ) রেখে প্ৰায়  $100^{\circ}C$ -এ উত্পন্ত কৰা হয়। [চিৰ-১.২১ (খ)]

(গ) গোলতলি ফ্লাক্সকে সৱাসিৰ তাপ দেয়া হয় স্টিম পাতন প্ৰক্ৰিয়ায় যেমন, অ্যানিলিন প্রস্তুতিৰ বেলায় উৎপন্ন অ্যানিলিন জটিল ঘোগেৰ মিশ্রণ থেকে বিশুদ্ধৱাপে অ্যানিলিনকে পৃথক কৰাৰ উদ্দেশ্যে। চিৰ-১.২১ (গ)।



চিৰ-১.২১ : গোলতলি ফ্লাক্সে তিন পদ্ধতিতে তাপ দেয়া।

(৪) পোর্সেলিন বাটি উত্পন্নকরণ : পোর্সেলিন বাটি সিরামিকের তৈরি এবং সাদা বর্ণের হয়। ব্যবহারের উদ্দেশ্য অনুসারে পোর্সেলিন বাটি ছোট বা বড় আকারের হয়। বড় আকারের পোর্সেলিন বেসিন বা বাটি কোনো দ্রবণকে গাঢ়িকরণে, অ্যাকুয়া রেজিয়া বা, রাজঅম্বে (1 mol conc.  $HNO_3$ , and 3 mol conc.  $HCl$  mixture) বস্তুর দ্রবণ তৈরি করতে ব্যবহৃত হয়। বস্তুর দ্রবণ তৈরি করতে অথবা দ্রবণ গাঢ়িকরণকালে একটি গ্লাস রড অথবা টেফ্লন রড দিয়ে নাড়তে হয়। ছোট আকারের পোর্সেলিন বাটি ভরভিত্তিক বিশ্লেষণে (gravimetric analysis-এ) উৎপাদ বস্তুর শক্তকরণে বস্তুকে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্পন্ন করার কাজে ব্যবহৃত হয়। প্রথম ক্ষেত্রে তারজালির ওপর এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে ত্রিভুজ আকৃতির পোর্সেলিন ধারকের ওপর পোর্সেলিন বাটিকে রেখে বুনসেন বার্নার দ্বারা উত্পন্ন করা হয়। প্রথম ক্ষেত্রে ত্রিপদী স্ট্যান্ড এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে রিং ব্যবহৃত হয়।

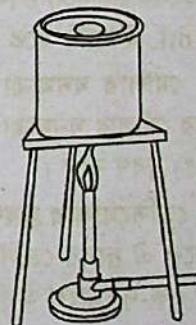


চিত্র-১.২২ : (ক) পোর্সেলিন বেসিনে দ্রবণ গাঢ়িকরণ প্রক্রিয়া। (খ) ভরভিত্তিক বিশ্লেষণে উৎপাদ বস্তুকে শক্তকরণ।

(৫) ওয়াটার বাথে (Water bath-এ) উত্পন্নকরণ : ওয়াটার বাথ হলো পানিকে উত্পন্ন করার গোলাকার ধাতব পাত্র; এর মুখে ধারককুপে বড় থেকে ছোট আকারের কয়েকটি ধাতব পাতের চাকা পরপর বসানো থাকে। এদের দ্বারা ঐ পাত্রের খোলা মুখ ছোট-বড় রাখা যায়। ‘ওয়াটার বাথ’কে ‘পানি-গাহ’ও বলা হয়।

ওয়াটার বাথ ব্যবহৃত হয় উদায়ী জৈব যৌগ প্রস্তুতির বেলায়। এক্ষেত্রে ওয়াটার বাথের মুখে গোলতলি ফ্লাক রেখে জৈব বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক মিশ্রণকে উত্পন্ন করা হয়। তখন ওয়াটার বাথের উত্পন্ন স্টিম দ্বারা গোলতলি ফ্লাক ধীরে ধীরে উত্পন্ন হয় (চিত্র-১.২৩)। এছাড়া তাপ-ম্যান্টল (শিখা বিহীন) ব্যবহৃত হয়।

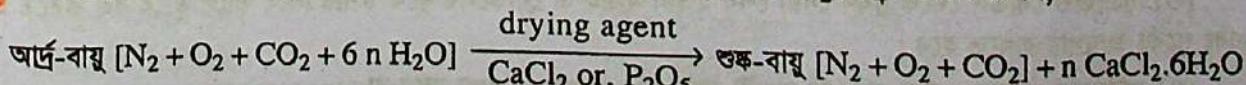
(৬) রাসায়নিক পদার্থ শক্তকরণের জন্য সাধারণত ডেসিকেটর বা ভেক্যুয়াম ডেসিকেটর ব্যবহৃত হয়। ডেসিকেটরের ভেতরে শক্তকারক পদার্থ  $CaCl_2$  রাখা হয়। দ্রষ্টব্য অনুচ্ছেদ-২.১৫; চিত্র-২.৩১।



চিত্র-১.২৩ : ওয়াটার বাথে উত্পন্নকরণ।

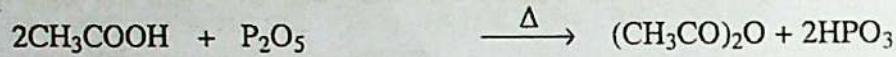
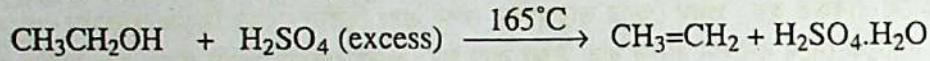
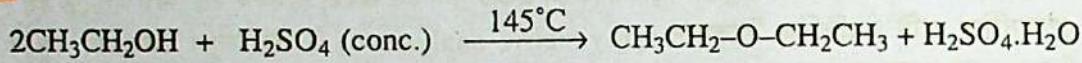
#### অধিক জেনে নাও :

**L**\* শক্তকারক বা ড্রাইং এজেন্ট (drying agent) : যে সব রাসায়নিক পদার্থ এদের চারপার্শের পরিবেশ থেকে জলীয় বাস্পকে শোষণ করে পরিবেশে থাকা গ্যাসীয় পদার্থ বা কঠিন পদার্থকে আর্দ্ধতা বা জলীয়বাস্প মুক্ত রাখে, এদেরকে শক্তকারক বা drying agent বলা হয়। শক্তকারক পদার্থকে ডেসিকেটিং এজেন্টও বলে; কারণ এ সব শক্তকারক পদার্থ ডেসিকেটর (desiccator)-এ ড্রাইং এজেন্টেরপে ব্যবহৃত হয়। যেমন, কঠিন শক্তকারক হলো : অনর্দ্ধ  $CaCl_2$ ,  $KCl$ ,  $MgSO_4$ , সাদা দানাদার  $P_2O_5$ , সিলিকা ( $SiO_2$ ) জেল ইত্যাদি। তরল শক্তকারক হলো : conc.  $H_2SO_4$  এসিড। যেমন, কঠিন drying agent



[or,  $6n \times 2HPO_3(s)$ ]

\* নিরুদক পদার্থ বা ডিহাইড্রেটিং এজেন্ট (dehydrating agent) : যে সব রাসায়নিক পদার্থ কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়করূপে অপর বিক্রিয়ক পদার্থের অণুস্থিত H ও OH মূলককে পানি অণু (H-OH) রূপে মুক্ত ও শোষণ করে; ফলে নতুন পদার্থ উৎপন্ন হয়; এদেরকে নিরুদক পদার্থ বলে। [নিরুদক = নির (নির্গত) + উদক (পানি)]। যেমন, কঠিন নিরুদকরূপে অ্যালুমিনা ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), অনার্দ KHSO<sub>4</sub>। তরল নিরুদকরূপে conc.H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, conc.H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> ইত্যাদি। যেমন,



দ্রষ্টব্য : গাঢ় H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ও P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> উভয়ই শক্তকারক ও নিরুদক পদার্থরূপে ক্রিয়া করে।

### ১.৭ বিকারক বা, রিএজেন্ট বোতলের ব্যবহার কৌশল

#### Technique of Use of Reagent Bottles

বিকারক বা, রিএজেন্ট : রাসায়নিক বিশেষণ পরীক্ষা কালে যেসব রাসায়নিক পদার্থ কঠিন অবস্থায় বা দ্রবণরূপে ব্যবহৃত হয়, তাদেরকে পরীক্ষাগার বিকারক বা রিএজেন্ট বলে। যেমন NH<sub>4</sub>OH দ্রবণ, AgNO<sub>3</sub> দ্রবণ, সোডিয়াম ধাতু ইত্যাদি। রিএজেন্ট বোতল : পরীক্ষাগারে যেসব বোতলে বিভিন্ন রিএজেন্ট বা বিকারকের দ্রবণ রাখা হয়, তাদেরকে রিএজেন্ট বোতল বলে। বিকারক বোতল বা, রিএজেন্ট বোতল পাইরেক্স গ্লাস বা, শক্ত কাচ দ্বারা তৈরি করা হয় (অনুচ্ছেদ-১.২ দেখো)।

(১) বিকারক বোতল বা, রিএজেন্ট বোতল সংরক্ষণ : ল্যাবরেটরিতে বিভিন্ন তাক বা শেল্ফে প্রয়োজনীয় রাসায়নিক বিকারক বা রিএজেন্ট-এর বোতল কর্যবৃক্ত অবস্থায় সারিবদ্ধভাবে সাজানো থাকে। বিভিন্ন মোলার ঘনমাত্রার (M) রাসায়নিক বিকারকের দ্রবণ রাখার এসব বোতলকে রিএজেন্ট বোতল বলে। সর্তর্কতার সাথে প্রতিটি রাসায়নিক পদার্থের রিএজেন্টকে বোতলের লেবেলে লেখা নাম পড়ে ব্যবহার করতে হবে। বিকারক বোতলের ধারণ ক্ষমতা সাধারণত 250 mL, 100 mL, 50 mL ইত্যাদি হতে পারে।

মোলার ঘনমাত্রা (M) : কক্ষতাপমাত্রায় 1000 mL দ্রবণে দ্রবীভূত থাকা দ্রবের মোল সংখ্যাকে (n) ঐ দ্রবণে ঐ দ্রবের মোলার ঘনমাত্রা বা মোলারিটি (M) বলে। 1 লিটারে 1 মোল দ্রব দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে ঐ দ্রবের এক মোলার (1M) দ্রবণ বলে।

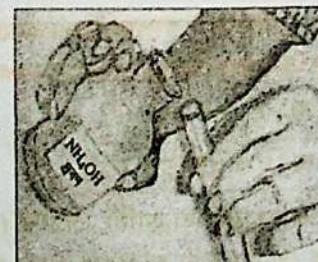
ডেসিমোলার দ্রবণ : কক্ষতাপমাত্রায় এক লিটার দ্রবণে কোনো দ্রবের এক মোলের এক-দশমাংশ দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে ঐ দ্রবের ডেসিমোলার (0.1M) দ্রবণ বলে। যেমন, 0.1M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> এর এক লিটার দ্রবণে এক মোল Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> এর এক-দশমাংশ অর্থাৎ 10.6 g দ্রবীভূত থাকে।

(২) রিএজেন্ট বোতলের ব্যবহার : কোনো রিএজেন্ট বোতলের দ্রবণ নিতে ড্রপার ব্যবহার করলে তখন পৃথক পৃথক রিএজেন্ট বোতলের জন্য পৃথক ড্রপার ব্যবহার করতে হয়। একই ড্রপার দুটি রিএজেন্ট বোতলের জন্য ব্যবহার করা যাবে না। একটি রিএজেন্ট বোতলের মুখের গ্লাস স্টপার, অপর রিএজেন্ট বোতলের মুখে কখনও লাগানো যাবে না।

আবার সরাসরি বিকারক দ্রবণ রিএজেন্ট বোতল থেকে টেক্টিউবের দ্রবণে যোগ করার সময় গ্লাস স্টপারটির নিচের অংশ ডান হাতের অনামিকা ও মধ্যমা আঙুলদ্বয়ের ফাঁকে ধরে রেখে অবশিষ্ট আঙুল দ্বারা রিএজেন্ট বোতল ধরতে হবে [চিত্র-১.২৩]। গ্লাস স্টপারটিকে টেবিলে রাখা যাবে না। এরপে রিএজেন্টকে দৃঢ়গম্যকৃত রাখা সম্ভব হবে।

(৩) রিএজেন্ট বোতল থেকে দ্রবণ নেয়া শেষ হওয়া মাত্রাই ঐ বোতলের মুখে স্টপার দিয়ে ভালোভাবে বন্ধ করতে হবে এবং পূর্বের জায়গায় রাখতে হবে।

(৪) শেল্ফের একস্থান থেকে নেয়া রিএজেন্ট বোতলকে অন্যস্থানে রাখা যাবে না।



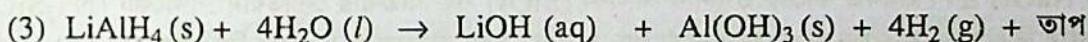
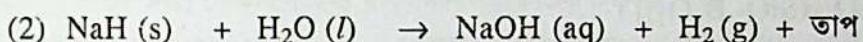
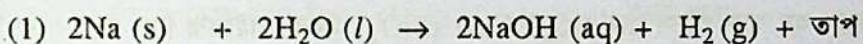
চিত্র-১.২৪ : টেক্টিউবে বিকারক নেয়ার কৌশল।

(৫) বিকারক রাখার জায়গায় অথবা নিক্রি পাশে রাসায়নিক পদার্থটি অসর্তর্কতার কারণে ছিটিয়ে পড়লে তা সাবধানে পরিষ্কার করতে হবে। তবে খালি হাতে নিচয়ই নয়, হাতে গ্লাভস পরে পরিষ্কার করতে হবে।

(৬) কোনো উদ্বায়ী কঠিন বা তরল পদার্থের গন্ধ শুকা যাবে না। এতে শ্বাসের সাথে যোগাটির বাস্প ফুসফুসে প্রবেশ করে বিপদ ঘটাতে পারে।

\*(৭) বিপদজনক ক্ষয়কারী দ্রব্য যেমন গাঢ়  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$  ও ক্রেমিক এসিড, নিরূপক পদার্থ, জারক পদার্থের সংশ্পর্শ থেকে তৃক, চোখ বঁচাতে হবে। অনুরূপভাবে ক্ষয়কারী ক্ষার  $NaOH$ ,  $KOH$ ,  $NH_4OH$  অত্যন্ত ক্ষতিকর। এদের সাবধানে ব্যবহার করতে হবে। প্রয়োজনে হাতে গ্লাভস পরতে হবে।

\*(৮) বিপদজনক বিজ্ঞারক পদার্থ  $NaH$ ,  $LiAlH_4$ ,  $Na$  ধাতু পানির সংশ্পর্শে প্রবলভাবে তাপোৎপাদন বিক্রিয়া করে এবং উৎপন্ন  $H_2$  গ্যাসে আগুন ধরে যায়। তাই অত্যন্ত সর্তর্কতার সাথে এদের নিয়ে কাজ করতে হবে; এদেরকে বেসিনের পানিতে ফেলা যাবে না। যেমন,



(৯) কোনো রিএজেন্ট বোতলের মুখ অপর কোনো রিএজেন্ট বোতলে যেন লাগানো না হয়। যদি একপ দুটি রিএজেন্ট বোতলের মুখ বা stopper বিনিময় হয়, তবে ভেজালযুক্ত হয়ে ঐ উভয় রিএজেন্ট দ্রবণ ব্যবহার অযোগ্য হবে।

(১০) বিকারকের বোতলের গায়ে Dil. (dilute) লেখা থাকলে লম্ব দ্রবণ এবং Conc. (concentrate) লেখা থাকলে গাঢ় দ্রবণ বোঝায়।

২০১৩-২০১৪ শিক্ষাবর্ষ থেকে প্রচলিত সিলেবাস মতে ল্যাবরেটরিতে প্রয়োজনীয় বিকারক ও এদের প্রস্তুতি :

ক্ষার : ১। লম্ব $NaOH$	: 200 g $NaOH$ এর মধ্যে পানি যোগে 1L	5M
২। লম্ব $KOH$	: 112 g $KOH$ এর মধ্যে পানি যোগে 1L	2M
৩। লম্ব $NH_4OH$	: 350 mL গাঢ় $NH_4OH$ (14.3M) + 1000 mL পানি	5M
এসিড : ১। লম্ব $HCl$	: 417 mL $HCl$ (12M) + 1L পানি	5M
২। লম্ব $HNO_3$	: 125 mL গাঢ় $HNO_3$ (16M) + 1L পানি	2M
৩। লম্ব $H_2SO_4$	: 111 mL গাঢ় $H_2SO_4$ (18M) + 1L পানি	2M
৪। লম্ব $CH_3COOH$	: 85 mL গাঢ় $CH_3COOH$ (17.5M) + 300 mL পানি	5M

বিকারক : নিম্নোক্ত বিকারক দ্রবণ ক্ষেত্রে অ্যানায়ন শনাক্তকরণে ব্যবহৃত হয় :

১। পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড, $K_4[Fe(CN)_6]$	: 37 g লবণ + 1000 mL পানি	0.1M
২। অ্যামোনিয়াম থারোসায়ানেট, $NH_4CNS$	: 38 g লবণ + 1L পানি	0.5M
৩। পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড, $K_3[Fe(CN)_6]$	: 33 g লবণ + 1L পানি	0.1M
৪। অ্যামোনিয়াম অক্সালেট, $(NH_4)_2C_2O_4$	: 12.5 g লবণ + 1L পানি	0.25M
৫। পটাসিয়াম পাইরোঅ্যান্টিমোনেট, $K_2H_2Sb_2O_7$	: 68 g $K_2H_2Sb_2O_7 \cdot 6H_2O$ + 500 mL পানি	0.25M
৬। নেস্লার দ্রবণ $K_2[HgI_4] + KOH$ পটাসিয়াম টেট্রাআয়োডো মারকিউরেট (II)	: $HgCl_2$ এর জলীয় দ্রবণে $KI$ দ্রবণ যোগ করে বগুহীন দ্রবণ তৈরি হয় + $KOH$ পানি	
৭। সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ	: 10 g $AgNO_3$ + 1L পানি	0.1M
৮। বেরিয়াম নাইট্রেট দ্রবণ	: 65 g $Ba(NO_3)_2$ + 1L পানি	0.25M

**অঞ্চলিক নির্দেশক :**

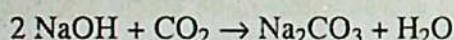
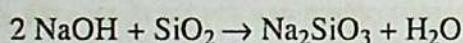
- ১। লিটমাস-বু : প্রায় 1 g বু-লিটমাসকে 100 mL পানিতে দ্রবীভূত করা হয়।
- ২। লিটমাস-রেড : উপরিউক্ত লিটমাস-বু দ্রবণকে ২-১ ফেটা লঘু HCl সহযোগে লাল করা হয়।
- ৩। মিথাইল অরেঞ্জ : প্রায় 0.1 g মিথাইল অরেঞ্জ গুড়কে 150 mL ফুটস্ট পানিতে দ্রবীভূত করা হয়।
- ৪। ফেনলফ্থ্যালিন : প্রায় 1 g ফেনলফ্থ্যালিনকে উত্পন্ন 100 mL মিথিলটেড স্পিরিটে দ্রবীভূত করে এর মধ্যে পানি যোগ করে মোট 500 mL দ্রবণ করা হয়।

**জেনে নাও :** গাঢ় NaOH দ্রবণ বা, গাঢ় কষ্টিক সোডা দ্রবণকে কাচের বোতলে সংরক্ষণ করা যায় না কেন?

[য. বো. ২০১৯]

**সমাধান :** কাচের বোতল বা পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত রিএজেন্ট বোতলের প্রধান উপাদান হলো সিলিকা ( $\text{SiO}_2$ ) বালি। রিএজেন্ট বোতল তৈরিতে ব্যবহৃত হয় শক্ত পটাস গ্লাস ( $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot x\text{SiO}_2$ ) অথবা পাইরেক্স গ্লাস বা, বোরো সিলিকেট গ্লাস [ $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot \text{ZnO} \cdot \text{BaO} \cdot x(\text{SiO}_2 \cdot \text{B}_2\text{O}_3)$ ]।

গাঢ় NaOH দ্রবণ প্রথমত কাচের উপাদান সিলিকা ( $\text{SiO}_2$ ) সহ বিক্রিয়ায় সোডিয়াম সিলিকেট ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) তৈরি করে। দ্বিতীয় রিএজেন্ট বোতলের মুখে লেগে থাকা গাঢ় NaOH দ্রবণ বাতাসের  $\text{CO}_2$  সহ বিক্রিয়ায়  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  তৈরি করে।



উৎপন্ন উভয় যৌগের মিশ্রণটি কাচের বোতলের মুখে গ্লাস স্টপারকে (stopper) শক্ত করে আটকিয়ে দেয়। তখন বোতলের মুখের স্টপারটিকে খোলা যায় না এবং ঐ বোতলের গাঢ় NaOH দ্রবণকে আর ব্যবহার করা যায় না। এ কারণে গাঢ় NaOH দ্রবণকে গ্লাস স্টপারযুক্ত কাচের বোতলে সংরক্ষণ করা যায় না।

**শিক্ষার্থীর কাজ-১.৮ : রিএজেন্ট সংরক্ষণভিত্তিক :**

**অঞ্চল-১.১১(ক) :** কীরুপে বোতলের বিকারক (reagent)-কে দৃঢ়ণমুক্ত রাখতে পারবে?

**অঞ্চল-১.১১(খ) :** গাঢ় NaOH দ্রবণকে কাচের বোতলে সংরক্ষণ করা যাবে না কেন? ব্যাখ্যা কর। [য. বো. ২০১৯]

**চিপ্স :**

- ১। কোনো রিএজেন্ট বোতলের মুখ খোলা রাখবে না; কারণ জলীয় বাল্প বা বায়ুর অক্সিজেনের সাথে সহজেই বিকারকটি বিক্রিয়া করে ঘনমাত্রাত্বাস বা অন্য পদার্থে পরিণত হতে পারে।
- ২। রিএজেন্ট বা বিকারক বোতলের লেবেল সুস্পষ্ট না হলে বা রিএজেন্ট বোতলে ড্রপার না থাকলে কী করতে হবে? রিএজেন্ট বোতলের লেবেল সঠিকভাবে পড়তে অসুবিধে হলে ভুলেও অনুমান করে কখনও তা ব্যবহার করা যাবে না। তখন ল্যাবের দায়িত্ব প্রাণী শিক্ষক অথবা ল্যাব সহকারীকে তা জানিয়ে নিশ্চিত হয়ে বিকারকটি ব্যবহার করতে হবে। আবার রিএজেন্ট বোতলে ড্রপার না থাকলে, তখন নতুন ড্রপার নিতে হবে। অপর কোনো রিএজেন্ট বোতলের ড্রপার কখনও এক্ষেত্রে ব্যবহার করা যাবে না। যদি করা হয়, তবে রিএজেন্টটি অবিশুদ্ধ হবে। অবিশুদ্ধ বিকারক ব্যবহারে পরীক্ষণের ফলাফল ভুল হবে।

### ১.৮ রাসায়নিক দ্রব্য সংরক্ষণ ও ব্যবহারে সতর্কতা

**Storage of Chemicals and Their Careful Use**

**হ্যাজার্ড প্রতীক বা সিস্বল :** বিপজ্জনক রাসায়নিক দ্রব্যের বিপদ ঝুঁকি সম্বন্ধে সতর্ক করার জন্য ঐসব রাসায়নিক পদার্থের প্যাকেটের ওপর যেসব সুনির্দিষ্ট সতর্কীকরণ প্রতীক ব্যবহার করা হয় তাদেরকে রাসায়নিক দ্রব্যের হ্যাজার্ড প্রতীক বা সিস্বল বলে। **রাসায়নিক পদার্থের হ্যাজার্ড সিস্বল মোট ১০টি যা আঙুর্জাতিকভাবে স্বীকৃত।**

DAT: 18-19

রাসায়নিক দ্রব্য উৎপাদনকারী প্রতিষ্ঠানসমূহ যেমন- BDH (British Drug House), E. Merck, Aldrich তাদের রাসায়নিক দ্রব্যের বোতলের লেবেলে এ সব সতর্কীকরণ প্রতীক সরবরাহ করে থাকে।

রাসায়নিক পদার্থ ছাড়াও বিপজ্জনক কিছু হ্যাজার্ড সিস্টেল আন্তর্জাতিকভাবে স্বীকৃত আছে; যেমন তেজক্রিয় রশ্মির জন্য ও দ্বাস্থ্য ঝুঁকির সংকেত।

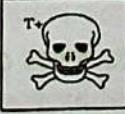
সারবিশ্বে ল্যাবরেটরিতে, শিল্প কারখানায়, কৃষি, চিকিৎসা প্রত্তি ক্ষেত্রে রাসায়নিক দ্রব্যের ব্যবহার ও রাসায়নিক দ্রব্যের বাণিজ্য বেড়ে যাওয়ায় এদের সংরক্ষণ ও ব্যবহারের সতর্কতামূলক ব্যবস্থা গ্রহণ জরুরি হয়ে পড়ে। এ সংক্রান্ত একটি সার্বজনীন নিয়ম Globally Harmonised System (GHS) চালুর বিষয়ে 1992 খ্রিস্টাব্দে জাতিসংঘের উদ্যোগে পরিবেশ ও উন্নয়ন নামে একটি সম্মেলন অনুষ্ঠিত হয়। এ সম্মেলনের উদ্দেশ্য ছিল “One chemical one label-world wide”。এবং এর প্রতিপাদ্য বিষয়সমূহ ছিল—

- (১) রাসায়নিক পদার্থকে ঝুঁকি ও ঝুঁকির মাত্রার ভিত্তিতে বিভিন্ন শ্রেণিতে ভাগ (Classification) করা;
- (২) ঝুঁকির সতর্কতা সংক্রান্ত তথ্য-উপাত্ত (Hazard data base) তৈরি করা;
- (৩) ঝুঁকি ও ঝুঁকির মাত্রা বোঝাবার জন্য সার্বজনীন সাংকেতিক চিহ্ন বা সিস্টেল (Hazard symbol) নির্ধারণ করা।

২০০২ খ্রিস্টাব্দের UN World Summit-এ পূর্বের GHS নিয়ম 2008 খ্রিস্টাব্দের মধ্যে পৃথিবীব্যাপি কার্যকরী করার জন্য সবদেশ সম্মত হয়। কোনো রাসায়নিক দ্রব্য সরবরাহ ও সংরক্ষণ করতে হলে তার গায়ে লেবেলের সাহায্যে শ্রেণিভেদ (Classification) অনুযায়ী প্রয়োজনীয় সাংকেতিক সিস্টেল দেয়া (Labelling) আবশ্যিক। এতে কার্যকারিতার ঝুঁকি মাথায় রেখে সংরক্ষণ (Packaging) ও ব্যবহার করতে পারবে। রাসায়নিক বস্তুর ঝুঁকি (Hazard) অনুসারে Classification, ঝুঁকি নির্দেশক সঠিক Hazard Symbol Labelling এবং ঝুঁকির মাত্রা অনুসারে Packaging-এ তিনি নিয়মের সমন্বয়কে CLP regulation বলা হয়। যেমন-

সারণি ১.১ মতে বিপজ্জনক সিস্টেলযুক্ত কোনো রাসায়নিক পদার্থ দেখে বোঝা যাবে যে, এই রাসায়নিক পদার্থ একটি মারাঞ্জক বিষাক্ত পদার্থ। তখন ব্যবহারকারী অত্যন্ত সতর্ক হয়ে উঠবে। এছাড়া ব্যবহারের পর বর্জ্য উন্মুক্ত পরিবেশে ফেলে দেয়া যাবে কীনা বা পরিশোধন প্রয়োজন হবে কীনা সে সম্পর্কে ধারণা নিতে পারবে। সংগৃহীত রাসায়নিক দ্রব্য কোথায়, কীভাবে সংরক্ষণ করলে রাসায়নিক দ্রব্যের মান ঠিক থাকবে এবং অনাকাঙ্ক্ষিত দুর্ঘটনা এড়ানো যাবে, সে সব ধারণাও এতে পাওয়া যাবে।

সারণি-১.১ : রাসায়নিক দ্রব্যের ঝুঁকি ও ঝুঁকির মাত্রা বোঝাবার জন্য নির্ধারিত সিস্টেল, ঝুঁকি, ঝুঁকির মাত্রা ও সাবধানতা নিচে দেখানো হলো :

রাসায়নিক পদার্থের হ্যাজার্ড সিস্টেল	ঝুঁকি, ঝুঁকির মাত্রা, সাবধানতা ও সংরক্ষণ (Intensity of Hazards & Precautions)
১। প্রতীক : T   Toxic বিষাক্ত	<b>বিষাক্ত পদার্থ (poison) :</b> ক্যাডমিয়াম ও ক্রোমিয়াম (VI) লবণ, $\text{BaCl}_2$ , $\text{NaH}$ , $\text{LiAlH}_4$ । নিঃশ্বাসে, ত্বকে লাগলে অথবা খেলে মৃত্যু হতে পারে। <b>সংরক্ষণ :</b> এ ধরনের পদার্থ তালাবদ্ধ স্থানে সংরক্ষণ করা বাস্তুনীয়। <b>সাবধানতা :</b> ব্যবহারের সময় হাতে গ্লাভস, চোখে নিরাপদ চশমা ও নাকে-মুখে মাস্ক (গ্যাস হলে) ব্যবহার করা। পরীক্ষার পর পরীক্ষণ মিশ্রণের যথাযথ পরিশোধন করা দরকার। প্রতীক হলো T.
২। প্রতীক : T+   Very Toxic অত্যন্ত বিষাক্ত	<b>মারাঞ্জক বিষাক্ত পদার্থ :</b> এ শ্রেণির পদার্থের মধ্যে মারকারি লবণসমূহ, HCN ও সায়ানাইড যৌগসমূহ ও নিকোটিন অস্তুরুক্ত। নিঃশ্বাসে, ত্বকের মাধ্যমে শোষিত হলে, গলাধংকরণ করলে মৃত্যু ঘটতে পারে। এ শ্রেণির পদার্থের সংস্পর্শে ক্যাল্চারসহ প্রজনন ক্ষমতা ধ্বংস হয়। <b>সংরক্ষণ :</b> এ ধরনের পদার্থ তালাবদ্ধ স্থানে সংরক্ষণ করতে হবে। <b>সাবধানতা :</b> ব্যবহারকালে হাতে গ্লাভস (দস্তানা), চোখে নিরাপদ চশমা ও নাকে-মুখে মাস্ক (গ্যাসীয় যৌগ হলে) পরতে হবে। শরীরে ত্বকের মাধ্যমে প্রবেশ করতে পারে (যেমন ক্ষতযুক্ত অবস্থা) এসব পদার্থকে এড়িয়ে চলা, পরীক্ষা কাজ শেষ করে হাত যথাযথ পরিষ্কার করা। প্রতীক হলো T+।

রাসায়নিক পদর্থের হ্যাজার্ড সিল্বল	বুঁকি, বুঁকির মাত্রা, সাবধানতা ও সংরক্ষণ (Intensity of Hazards & Precautions)
৩। প্রতীক : Xn  Harmful ক্ষতিকারক	<b>ক্ষতিকারক পদার্থ (harmful) :</b> যেমন- রিচিং পদার্থ, Paints, floor polishes জাতীয় পদার্থ যে গুলো জৈব দ্রাবক, পেট্রোল-এ দ্রবীভূত। এছাড়া অ্যাটিফিজ ও পোকামাকড় মারার ওষুধ শ্বাস-প্রশ্বাসে দীর্ঘসময় যাবৎ গ্রহণ করলে, অথবা গিলে ফেললে মারাত্মক ক্ষতি হতে পারে। <b>সংরক্ষণ :</b> এ ধরনের পদার্থসমূহকে তালাবদ্ধ স্থানে সংরক্ষণ করতে হবে। <b>সাবধানতা :</b> এ সব রাসায়নিক পদার্থ ব্যবহারের সময় হাতে গ্লাভস, নাকে-মুখে মাঝ ব্যবহার্য। প্রতীক হলো Xn। [এক্ষেত্রে 'n' দ্বারা noxious অর্থাৎ ক্ষতিকারক বোঝায়]
৪। প্রতীক : Xi  irritant উভেজক	<b>উভেজক পদার্থ (Irritant) :</b> যেমন- বিরক্তক পদার্থ, সোপ পাউডার, সিমেন্ট গুঁড়া, লঘু এসিড ও ক্ষার দ্রবণ। তুকের সংস্পর্শে এসব পদার্থের ঘনমাত্রা, সংস্পর্শের স্থায়িত্ব মতে ক্ষতির মাত্রা কম বেশি হয়। তুক, চোখ ও শ্বাসতন্ত্রে এরা ক্ষতি করে। <b>সংরক্ষণ :</b> এ ধরনের পদার্থকে তালাবদ্ধ স্থানে সংরক্ষণ করতে হবে। <b>সাবধানতা :</b> হাতে গ্লাভস, চোখে নিরাপদ চশমা, নাকে মুখে মাঝ পরে কাজ করতে হয়। এদের প্রতীক হলো Xi। [এক্ষেত্রে 'i' দ্বারা irritant বোঝায়]
৫। প্রতীক : F  Flammable দায় পদার্থ	<b>দায় পদার্থ (flammable) :</b> যেমন, Na, NaH, LiAlH <sub>4</sub> , Zn-পাউডার, অ্যারোসল, পেট্রোলিয়াম ইত্যাদি। এদের সহজেই আগুন ধরতে পারে। পানিসহ বিক্রিয়ায় তাপ উৎপন্ন করে। <b>সংরক্ষণ :</b> এদেরকে আগুন বা তাপ থেকে দূরে রাখা; ঘর্ষণ মুক্ত রাখা। Na কে কেরোসিনে; NaH, LiAlH <sub>4</sub> কে 'inert gas' পরিবেশে সংরক্ষণ করতে হয়। প্রতীক হলো F। <b>সাবধানতা :</b> ব্যবহারের সময় মাঝ, নিরাপদ চশমা ও হ্যান্ড গ্লাভস পরতে হবে।
৬। প্রতীক : F+  Extremely flammable মারাত্মক দায় পদার্থ	<b>মারাত্মক দায় পদার্থ :</b> যেমন, ডাই ইথাইল ইথার, LPG, CNG, অ্যাসিটিলিন গ্যাস ও অ্যারোসল মিশ্রণ ইত্যাদি নিম্ন তাপমাত্রায় ও কক্ষ তাপমাত্রায় প্রজ্ঞান সামিধে সহজে শিখাসহ জ্বলে ওঠে। <b>সংরক্ষণ :</b> এসব পদার্থকে অগ্নি স্ফুলিঙ্গের পরিবেশ থেকে অনেক দূরে রাখতে হবে। এক্ষেত্রে ব্যবহৃত প্রতীক F+। <b>সাবধানতা :</b> ব্যবহারের সময় মাঝ, নিরাপদ চশমা ও হ্যান্ড গ্লাভস পরতে হবে।
৭। প্রতীক : E  Explosive বিস্ফোরক	<b>বিস্ফোরক (explosive) :</b> এসব দ্রব্য অস্থিত, নিজে নিজেই বিক্রিয়া করতে পারে। যেমন- জৈব পার-অক্সাইড; NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , TNT, metal azides, গান পাউডার। <b>সংরক্ষণ :</b> নির্জনে ও শুক জায়গায় সংরক্ষণ করা, সাবধানে নাড়াচাড়া করা, ঘর্ষণ হতে পারে এমন অবস্থা এড়িয়ে রাখা। <b>সাবধানতা :</b> অন্য কোনো পদার্থের সাথে মিশ্রণের সময় অতি ধীরে যুক্ত করা, ব্যবহারের সময় চোখে নিরাপদ চশমা পরা। প্রতীক হলো E।
৮। প্রতীক : N  Environmentally toxic পরিবেশ দুর্বল	<b>পরিবেশের জন্য ক্ষতিকর পদার্থ :</b> এরপ বস্তু হলো NH <sub>3</sub> গ্যাস, Cl <sub>2</sub> গ্যাস, তারপিন তেল ও বিভিন্ন কীটনাশক, Lindane। এরা প্রাণীর জন্য ক্ষতিকর। <b>সংরক্ষণ :</b> গ্যাস সিলিভার আলাদা রাখতে হবে। এ ধরনের পদার্থ নদী-নালার পানিতে মিশতে দেয়া উচিত নয়। হ্যাজার্ড সিল্বলটিতে মরা মাছ ও মরা গাছ রয়েছে। প্রতীক হলো N। <b>সাবধানতা :</b> ব্যবহারের সময় মাঝ, নিরাপদ চশমা, হ্যান্ড গ্লাভস পরতে হবে।

রাসায়নিক পদর্থের হ্যাজার্ড সিম্বল	বুঁকি, বুঁকির মাত্রা, সাবধানতা ও সংরক্ষণ (Intensity of Hazards & Precautions)
৯। প্রতীক : O  Oxidizing জারক	রাসায়নিক জারক পদার্থ : যেমন- ক্লোরিন গ্যাস; এটি নিঃশ্বাসে গেলে শ্বাসকষ্ট হতে পারে। কঠিন $KMnO_4$ , $K_2Cr_2O_7$ গুঁড়া, ক্ষয়কারক পদার্থ তুকের ক্ষয় করে, পেটে গেলে ডায়রিয়া হয়। সংরক্ষণ : গ্যাস হলে নিছিদ্রভাবে রাখা, জারণ বিক্রিয়া করতে পারে এমন পাত্রে না রাখা। সাবধানতা : ব্যবহারের সময় হাতে গ্লাভস, চোখে নিরাপদ চশমা ও নাকে-মুখে মাঝে ব্যবহার করা। সিম্বলটি বৃত্তের ওপর আগুনের শিখা। প্রতীক হলো O।
১০। প্রতীক : C  Corrosive ক্ষয়কারী	ক্ষয়কারক পদার্থ : যেমন- ব্রিচিং সল্যুশন, গাঢ় এসিড যেমন $HCl$ , $HNO_3$ , $H_2SO_4$ ও ক্ষার দ্রবণ যেমন, $NaOH$ , $KOH$ , $NH_4OH$ , ড্রেইন ক্লিনার। এসব পদার্থ তুকের মারাত্মক ক্ষতি ও Severe burns ঘটায়। রাসায়নিক পদার্থের গাঢ়তার ওপর ক্ষতির প্রকৃতি নির্ভর করে। চোখ ও তুক নষ্ট হয়। সংরক্ষণ : এসিড, ক্ষার ও অন্যান্য পদার্থ আলাদাভাবে রাখতে হবে। সাবধানতা : ব্যবহারের সময়ে নিরাপদ চশমা পরা; হাতে গ্লাভস। প্রতীক হলো C।

## বিশেষ তেজক্রিয় রশ্মি ও স্বাস্থ্য বুঁকি হ্যাজার্ড সিম্বল :

১১।  Trefoil তেজক্রিয় রশ্মি চিহ্ন	আন্তর্জাতিক তেজক্রিয় রশ্মি চিহ্নটিকে ট্রিফল (trefoil) ও বলা হয়। এটি দ্বারা অতিরিক্ত ক্ষতিকর আলোক রশ্মিকে (শক্তি) বোঝানো হয়। এ ধরনের রশ্মি মানবদেহকে বিকলাগ করে দিতে পারে এবং শরীরে ক্যাসার সৃষ্টি করতে পারে। সংরক্ষণ : রশ্মি বের হতে না পারে এরকম ধরনের পুরু বা বিশেষ পাত্রে এসব রাসায়নিক দ্রব্যাদি সংরক্ষণ করা। সাবধানতা : কাজ করার সময় উপযুক্ত পোশাক পরিধান করা, চোখে বিশেষ ধরনের চশমা পরা।
১২।  স্বাস্থ্য-বুঁকির সংকেত	এসব পদার্থ দেহের শাস-প্রশ্বাস সংক্রান্ত তন্ত্রের জন্য সংবেদনশীল, জীবাণু সংক্রমণ ঘটাতে পারে (mutagenic), ক্যাসার সৃষ্টি (carcinogenic) করতে পারে। সংরক্ষণ : সর্বসাধারণের চলাচলের বাইরে নিরাপদ স্থানে সংরক্ষণ করা। সাবধানতা : ব্যবহারের সময় হ্যান্ড গ্লাভস, নিরাপদ চশমা ও নাকে-মুখে মাঝে ব্যবহার করা।

\* রাসায়নিক দ্রব্য সংরক্ষণে MSDS অনুসরণ : ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক দ্রব্য সংরক্ষণ ও ব্যবহারের ক্ষেত্রে একটি সুবিন্যস্ত নিয়ম অনুসরণ করা শুরুত্বপূর্ণ। এক্ষেত্রে শ্রেণি শিক্ষকের ভূমিকা রয়েছে। শ্রেণি শিক্ষক রাসায়নিক দ্রব্যের প্রতিনিয়ত ব্যবহারে মাত্রা ও পরিমাণের ওপর ভিত্তি করে Material Safety Data Sheet বা MSDS তৈরি করেন। MSDS এর তালিকায় বা, ঐ রেকর্ড খাতায় প্রতিটি রাসায়নিক দ্রব্যের নাম, প্রয়োজনমতো সংকেত বা ফরমূলা, হ্যাজার্ড প্রতীক, রাসায়নিক দ্রব্যের পরিমাণ, সংরক্ষণের তারিখ, রাসায়নিক দ্রব্যের সম্ভাব্য বিপদসমূহ লিপিবদ্ধ করতে হবে। রাসায়নিক বস্তুর তালিকা বা রেকর্ড খাতায় নাম বিন্যাসের ক্ষেত্রে ইংরেজি নামের বর্ণমালা অনুসরণ না করে রাসায়নিক বস্তুর ধর্মকে শুরুত্ব দিয়ে সাজাতে হয়। এসিড, ক্ষার, জারক পদার্থ, বিজারক পদার্থ, দাহ্য পদার্থ ইত্যাদিকে পৃথকভাবে বিন্যাস করতে হয়। মূলকথা MSDS অনুসরণ করে রাসায়নিক দ্রব্য ল্যাবরেটরিতে সংরক্ষণ করতে হবে।

কোনো বিকারক বা দ্রাবক নিয়ে কাজ করার পূর্বে বোতলের হ্যাজার্ড প্রতীক ভালোভাবে লক্ষ করতে হবে এবং নির্দিষ্ট সতর্কতার সাথে কাজ করলে বুঁকি এড়ানো সম্ভব। একই দ্রব্য আবার একাধিক শুণের অধিকারী। নিচের সারণি-১.২-এ সারণিতে কতিপয় বুঁকিপূর্ণ রাসায়নিক দ্রব্যের হ্যাজার্ড প্রতীক, বিপদ বা রিস্ক (risk) ও নিরাপত্তা সতর্কতা (safety) লিপিবদ্ধ করা হলো :

## সারণি-১.২ : বুকিপূর্ণ রাসায়নিক দ্রব্যসমূহ সংরক্ষণে MSDS (Material Safety Data Sheet)

যোগ	হ্যাজার্ড প্রতীক	বুকি বা বিপদ (R)	নিরাপত্তা সতর্কতা (S)
১. ইথানল <chem>C2H5OH</chem>	১. দাহ্য ও ক্ষতিকর (F+H) H = Harmful F = flammable	১. অত্যন্ত দাহ্য পদার্থ, চর্মে স্পর্শ ও শ্বাসের সাথে গ্রহণ ক্ষতিকর।	১. আগুন থেকে দূরে রাখতে হবে।
২. বেনজিন, টলুইন <chem>C6H6, C6H5CH3</chem>	২. দাহ্য ও ক্ষতিকর (F+H)	২. এ	২. আগুন থেকে দূরে রাখতে হবে।
৩. KOH, NaOH, লিকার অ্যামোনিয়া (গাঢ় <chem>NH4OH</chem> )	৩. ক্ষয়কারী (C) C = Corrosive	৩. চর্মে ক্ষতি করে	৩. গ্লাভস্ পরতে হবে। নিরাপদ চশমা ও অ্যাপ্রন পরতে হবে।
৪. ইথানয়িক এসিড <chem>CH3COOH</chem> ও ইথানয়িক অ্যানহাইড্রাইড <chem>(CH3CO)2O</chem>	৪. ক্ষয়কারী (C) C = Corrosive	৪. চর্মে ক্ষতি করে	৪. গ্লাভস্, চশমা ও অ্যাপ্রন পরতে হবে।
৫. <chem>H2SO4</chem> , HCl acid	৫. ক্ষয়কারী (C)	৫. চর্মে ক্ষতি করে	৫. এ
৬. প্রোপানোন <chem>CH3COCH3</chem>	৬. দাহ্য (F) F = Flammable	৬. আগুন ধরে	৬. তাপ ও শিখা থেকে দূরে রাখতে হবে।
৭. লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড <chem>LiAlH4</chem> , NaH	৭. দাহ্য (F)	৭. আগুন ধরে	৭. এ
৮. অ্যাসিটোনাইট্রাইল <chem>CH3CN</chem>	৮. দাহ্য ও বিষাক্ত (F+T) T = Toxic	৮. স্বাস্থ্যের ক্ষতি করে।	৮. স্পর্শ ও শ্বাসের সাথে গ্রহণ বজনীয়।
৯. ব্রোমিন, <chem>Br2</chem>	৯. দাহ্য ও বিষাক্ত (F+T)	৯. স্বাস্থ্যের ক্ষতি করে।	৯. এ
১০. ট্রাইক্লোরোমিথেন বা, ক্লোরোফরম <chem>CHCl3</chem>	১০. দাহ্য ও বিষাক্ত (F+T)	১০. স্বাস্থ্যের ক্ষতি করে।	১০. এ
১১. ক্লোরোফেনল <chem>C6H4Cl.OH</chem>	১১. দাহ্য ও বিষাক্ত (F+T)	১১. স্বাস্থ্যের ক্ষতি করে।	১১. এ
১২. নাইট্রো অ্যানিলিন	১২. দাহ্য ও বিষাক্ত (F+T)	১২. স্বাস্থ্যের ক্ষতি করে।	১২. এ
১৩. আর্সেনিক অক্সাইড	১৩. ক্ষয়কারী ও বিষাক্ত (C+T)	১৩. স্বাস্থ্যের ক্ষতি করে।	১৩. এ

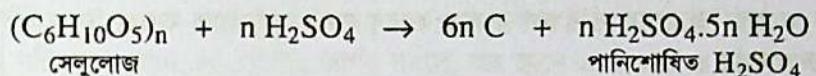
**ক্ষয়কারী পদার্থের সংজ্ঞা :** যে সব রাসায়নিক পদার্থ দেহের ত্তকের জীবন্ত কোষকে ধ্রংস করে ত্তকে ক্ষত বা ত্তকের ক্ষয় সাধন করে, তাদেরকে ক্ষয়কারী রাসায়নিক পদার্থ বলে। (১) সবল ক্ষার (গাঢ় NaOH, গাঢ় KOH) (২) সবল এসিডসমূহ (গাঢ় HCl, গাঢ় HNO3, গাঢ় H2SO4, গাঢ় CH3COOH) ও (৩) নিরুন্দক পদার্থ (dehydrating agent) হলো ক্ষয়কারী পদার্থ। এসব ক্ষয়কারী এসিড দ্রবণের pH মান ২.০ এর কম এবং সবল ক্ষার দ্রবণের pH মান ১২.৫ এর বেশি হয়।

এ সব ক্ষয়কারী পদার্থ তুক ছাড়াও কাঠের ক্ষয় সাধন করে থাকে। গাঢ় এসিডের বোতল কাঠের ক্ষয় সাধন করে থাকে। তাই কাঠের আলমারির কাঠের তক্তার ওপর গাঢ় এসিডের বোতল রাখা যায় না। এ সব ক্ষয়কারী রাসায়নিক পদার্থের বোতলকে ক্ষয়রোধী কাঠের বা প্লাস্টিকের তৈরি ম্যাব (slab) এর ওপর করে আলমারির নিচের তাকে অথবা ক্ষয়রোধী কন্ট্রিন্টের তৈরি ফ্রেমে রাখতে হবে।

## অধিক জেনে নাও :

\* গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিডকে কাঠের আলমারির কাঠের তক্তার ওপর রাখলে ঐ কাঠ পুড়ে কালো হয়ে যায় কেন?

**সমাধান :** গাঢ়  $H_2SO_4$  হলো পানি-শোষণকারী পদার্থ। কাঠ হলো কাৰ্বোহাইড্রেট শ্ৰেণিভুক্ত সেলুলোজ পলিমার যৌগ। কোনোভাবে গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিড কাঠের সংশ্পর্শে আসলে তখন  $H_2SO_4$  সেলুলোজ পলিমার থেকে এৱে  $-OH$  মূলক ও H পৰমাণু সমন্বয়ে  $H_2O$  অণু গঠন ও শোষণ কৰে থাকে। তখন সেলুলোজ কাৰ্বন গুঁড়ায় পরিণত হয়। এৱেপে কাঠ পুড়ে কালো কাৰ্বনে পরিণত হয়।



### ১.৮.১ রাসায়নিক দ্রব্য সংরক্ষণের সাধারণ নিয়মাবলি

## **General Guidelines for Some Chemicals Storage**

ଲ୍ୟାବରେଟରିତେ ରାସାୟନିକ ଦ୍ରୁବ୍ୟ ସଂରକ୍ଷଣେ ନିଷ୍ଠୋକ୍ତ ନୀତିମାଳା ସାର୍ବଜନୀନଭାବେ ଅନୁସୃତ ହୁଏ ।

- রাসায়নিক পদার্থসমূহের পাত্রসমূহ যথাযথভাবে স্থায়ীভাবে যুক্ত লেবেল দ্বারা চিহ্নিত থাকতে হবে। এতে রাসায়নিকের পৃষ্ঠা নাম এবং সংশ্লিষ্ট বুকি সম্পর্কে লেখা থাকতে হবে।
  - আদ্যাক্ষরের অনুক্রম হিসেবে রাসায়নিক পদার্থ সংরক্ষণ বাঞ্ছনীয় নয়। এর ফলে পরম্পর অসংগতিসম্পন্ন রাসায়নিক পদার্থের অবস্থান পাশাপাশি হয়ে যেতে পারে, অথবা বৃহদাকার পাত্রগুলো শেলফের উপরের তাকে সংরক্ষিত হয়ে যেতে পারে। সংরক্ষণ বিন্যাস করতে হবে বুকির শ্রেণি হিসেবে এবং বৃহদাকার পাত্রগুলো যেন শেলফের নিচে অবস্থান পায়।

ରାସାୟନିକ ଦ୍ରବ୍ୟ ସଂରକ୍ଷଣେ ବେଳାୟ, ଦ୍ରବ୍ୟେର ମଧ୍ୟେ ସଂଗ୍ରହିତ ରକ୍ଷାର ଜନ୍ୟ ସବ ସମୟ 'ବସ୍ତୁ ନିରାପତ୍ତା ଡାଟା ଶିଟ' (Material Safety Data Sheet) ବା MSDS ଅନୁସାରେ ନିର୍ଦ୍ଦେଶନା ମେନେ ଚଲତେ ହବେ । ଏ MSDS-ଏ ବିଭିନ୍ନ ରାସାୟନିକ ବସ୍ତୁର ନାମ, ଏଦେର ସତର୍କ ବ୍ୟବହାର, ସଞ୍ଚାର ବୁକ୍କି ଓ ନିରାପତ୍ତା ସତର୍କତା ଉଲ୍ଲେଖ ଥାକେ; [ସାରଣୀ-୧.୨]

- ১ লিটারের অধিক দাহ্য দ্রাবকের পাত্রগুলোকে যথাযথ সংরক্ষণ ক্যাবিনেটে রাখতে হবে। দাহ্য এবং জারক পদার্থগুলোকে পৃথকভাবে সংরক্ষণ করতে হবে।
  - অদাহ্য এবং বিকারকের পাত্রগুলো পৃথক কেবিনেটে অথবা এজন্য নির্মিত শেলফে সংরক্ষণ করতে হবে। তীব্র এসিড এবং ক্ষারকে পৃথকভাবে শেলফের নিচের তাঁকে সংরক্ষণ করতে হবে।
  - ওপরের শেলফের রাসায়নিক পদার্থের সংরক্ষণ ও ব্যবহারে যথোপযুক্ত মই ব্যবহার করতে হবে।
  - মেঝেতে কাচের পাত্রে সংরক্ষিত রাসায়নিক পদার্থকে রাখা কোনোভাবেই উচিত নয়।
  - বেঞ্চের ওপরে অথবা ফিল্ট ছড়ে রাসায়নিক দ্রব্য রাখা বাঞ্ছনীয় নয়।
  - উচ্চ বিষাক্ত পদার্থকে বিশেষভাবে নির্মিত বিষ ক্যাবিনেটে তালাবদ্ধ অবস্থায় সংরক্ষণ করতে হবে।
  - রাসায়নিক পদার্থ সংরক্ষণের স্থানে কোনো ধরনের অসংগতিপূর্ণ পরিবেশ সৃষ্টির প্রতি (গন্ধ, তাপোৎপাদন, মেঝেতে তরল পদার্থের নির্গমন) সজাগ দৃষ্টি রাখতে হবে।
  - বিক্ষেপক নিরোধক রেফিজেরেটরে রাখিত রাসায়নিক পদার্থগুলোকে যথাযথভাবে লেবেল দিয়ে রাখতে হবে।
  - যেসব গ্যাস সিলিভার ব্যবহৃত হচ্ছে, কেবলমাত্র সেগুলোকে শেকলবদ্ধী করে যথাস্থানে রাখতে হবে। খালি বা অব্যবহৃত সিলিভারগুলোকে গ্যাস সিলিভার সংরক্ষণাগারে পাঠিয়ে দিতে হবে।
  - তাপ এবং প্রত্যক্ষ সুর্যালোকের প্রভাব থেকে দাহ্য তরল পদার্থসমূহকে সংরক্ষণ করতে হবে।

কলেজ কেমিট্রি ল্যাবরেটরিতে সাধারণত নিম্নোক্ত রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহৃত হয়। বহুল ব্যবহৃত এ সব রাসায়নিক দ্রব্যের হ্যাজার্ড সিস্টেল মূল্যায়ন করে তাদের ‘সংরক্ষণ পদ্ধতি’ এবং ‘রুক্ষি ও সতর্কতা বিধি’ হলো নিম্নরূপ :

(১) এসিড (Acids) : ল্যাবরেটরিতে ব্যবহৃত এসিডসমূহ হলো গাঢ় HCl এসিড, গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিড, গাঢ়  $HNO_3$  এসিড, গাঢ় ফসফরিক এসিড ( $H_3PO_4$ ), গাঢ় অ্যাসিটিক এসিড ( $CH_3COOH$ ) ও ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ ( $K_2Cr_2O_7 +$  গাঢ়  $H_2SO_4$ ) ইত্যাদি।

\* হ্যাজার্ড সিল্বল : প্রত্যেক গাঢ় এসিড কমবেশি দেহত্বক ও কাঠের ক্ষয়কারক এবং এদের জলীয় দ্রবণ পরিবেশের পানি ও মাটির pH মান দ্রুত হাস করে ( $pH < 2.5$ ) থাকে। তাই গাঢ় এসিডের হ্যাজার্ড সিল্বলরূপে-(i) ক্ষয়কারক (Corrosive), প্রতীক 'C' ও (ii) পরিবেশ দূষক (Environmentally toxic), প্রতীক 'N' ব্যবহৃত হয়।

\* সংরক্ষণ পদ্ধতি : (i) গাঢ় HCl, গাঢ় H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, গাঢ় HNO<sub>3</sub> ইত্যাদিকে ল্যাবরেটরির নিচের শেলফে এসিডরোধী স্ল্যাব (slab) এর ওপর অথবা এসিড ক্যাবিনেটে অথবা ক্ষয়রোধী concrete floor-এ শুক ও ঠাণ্ডা জায়গায় সংরক্ষণ করতে হবে। প্রথম সূর্যালোক অথবা উত্তপ্ত পরিবেশ থেকে এই স্থান মুক্ত থাকবে।

(ii) এসিড সংরক্ষণ স্থানে ক্ষারজাতীয় বস্তু, সক্রিয় ধাতু Na, K ইত্যাদি, ধাতব হাইড্রাইড NaH, LiAlH<sub>4</sub>, K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>] ইত্যাদি বিজ্ঞারক পদার্থ এবং KMnO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ইত্যাদি শক্তিশালী জারক পদার্থকে সংরক্ষণ করা যাবে না।

\* স্বাস্থ্য বুঁকি ও নিরাপত্তা সতর্কতা : তরল গাঢ় এসিড যেমন গাঢ় H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, গাঢ় HCl, গাঢ় HNO<sub>3</sub> ইত্যাদির বোতলের মুখ খোলার সময় অসতর্কতাবশত বা, ফিউম হড ব্যবহার না করায় এ সব ক্ষয়কারক এসিডের বাস্প চোখ ও মুখের সংস্পর্শে আসলে এবং শ্বাসের মাধ্যমে ফুসফুসে প্রবেশ করলে, তখন চোখ বিনষ্ট হয়, মুখ ও শ্বাস নালিতে acid-burn জনিত ফোক্কা, প্রদাহ ও ক্ষত হয়ে থাকে।

নিরাপত্তা সতর্কতা বিধি অনুসারে গাঢ় এসিডের বোতলের মুখ খোলার সময় ফিউম হড (Fume hood, চিত্র-১.২৯) ব্যবহার করতে হবে। তখন অ্যাপ্রন পরাসহ মুখে মাঝ, চোখে নিরাপদ চশমা ও হ্যান্ড গ্লাভস পরতে হবে।

**(২) ক্ষার (Alkalies) :** ল্যাবরেটরিতে শক্তিশালী ক্ষার বা অ্যালকালি যেমন NaOH পিলেট, KOH পিলেট, গাঢ় NH<sub>4</sub>OH বা, লিকার অ্যামোনিয়া, Ca(OH)<sub>2</sub> ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়।

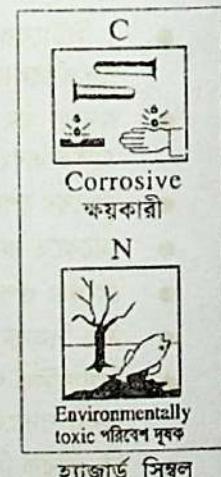
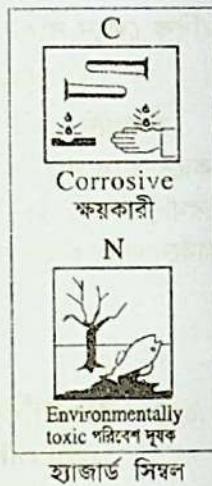
\* হ্যাজার্ড সিল্বল : প্রত্যেক শক্তিশালী ক্ষার কমবেশি ক্ষয়কারক এবং এদের জলীয় দ্রবণ পরিবেশের পানি ও মাটির pH মান দ্রুত বৃদ্ধি করে [ $pH > 10$ ]। তাই শক্তিশালী ক্ষারসমূহের হ্যাজার্ড সিল্বলরূপে-(i) ক্ষয়কারক (Corrosive), প্রতীক 'C' ও (ii) পরিবেশ দূষক (Environmentally toxic), প্রতীক 'N' ব্যবহৃত হয়।

\* সংরক্ষণ পদ্ধতি : (i) কঠিন NaOH, KOH ও Ca(OH)<sub>2</sub> এবং তরল লিকার NH<sub>3</sub> ইত্যাদিকে ল্যাবরেটরির নিচের শেলফে ক্ষয়রোধী স্ল্যাব (slab) এর ওপর অথবা ক্ষার ক্যাবিনেটে অথবা ক্ষয়রোধী concrete floor এ শুক ও ঠাণ্ডা জায়গায় সংরক্ষণ করতে হবে। (ii) এসব ক্ষার বস্তুর সংরক্ষণ স্থানে এসিড জাতীয় বস্তু রাখা যাবে না। (iii) দ্বিতীয়ত NaOH, KOH বোতলের পাশে Zn, Al, Sn, Pb প্রভৃতি ধাতু রাখা যাবে না; কারণ এসব ধাতু NaOH ও KOH এর সংস্পর্শে প্রবল বিক্রিয়া explosive বা বিক্ষেপণমুখী H<sub>2</sub> গ্যাস তৈরি করতে পারে। এসব ক্ষারের সংস্পর্শে অ্যামোনিয়াম লবণ যেমন NH<sub>4</sub>Cl রাখা যাবে না; কারণ উভয়ের বিক্রিয়ায় বিক্ষেপণমুখী NH<sub>3</sub> গ্যাস তৈরি হয়ে আগুন ধরে যেতে পারে।

\* স্বাস্থ্য বুঁকি ও নিরাপত্তা সতর্কতা : গাঢ় NH<sub>4</sub>OH বা, লিকার অ্যামোনিয়ার বোতলের মুখ খোলার সময় অসতর্কতাবশত অথবা ফিউম হড ব্যবহার না করায় তীব্র বাঁচালো গন্ধযুক্ত NH<sub>3</sub> গ্যাস শ্বাসের সাথে দেহে প্রবেশ করলে তখন মারাত্মক শ্বাসকষ্ট, গলা ও শ্বাসনালিতে প্রদাহ সৃষ্টি হয়। তখন চোখে জুলাপোড়া ও মুহূর্তের মধ্যে চোখ রক্তবর্ণ হয়।

আবার NaOH ও KOH এর পিলেট ত্বকের সংস্পর্শে ত্বকে বালাপোড়াসহ চুলকানি, ব্যথাসহ লালচে ভাব, ফোকাসহ মারাত্মক ক্ষত হতে পারে। চোখের ক্ষেত্রে NaOH ও KOH সংস্পর্শ ঘটলে চোখের সমূহ ক্ষতি বা চোখ নষ্ট হতে পারে। Ca(OH)<sub>2</sub> এর চোখের সংস্পর্শে চোখ নষ্ট হয়। কোনোভাবে এদের গলাধকরণ হলে মৃত্যু ভয় থাকে।

নিরাপত্তা সতর্কতা বিধি অনুসারে, লিকার অ্যামোনিয়ার বেলায় ফিউম হড ব্যবহারসহ NaOH, KOH ও Ca(OH)<sub>2</sub> এর ব্যবহারের সময় প্রতি ক্ষেত্রে মাঝ, নিরাপদ চশমা ও গ্লাভস ব্যবহার করতে হবে।



(৩) পানি-সক্রিয় বিজারক (Reducants) : পানির সংস্পর্শে প্রবলভাবে তাপোৎপাদী বিক্রিয়াসহকারে

$H_2$  গ্যাস তৈরি করে বিজারকসমূহ হলো Na ধাতু, ধাতব হাইড্রাইড যেমন  $NaH$ ,  $LiAlH_4$ ,  $NaBH_4$  ইত্যাদি।

\* হ্যাজার্ড সিস্টেল : এসব তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায় উৎপন্ন  $H_2$  গ্যাস বিফোরণসহ জুলে উঠে; গায়ে লাগলে দেহে আগনে দঞ্চ হওয়া এবং খেলে মৃত্যু হতে পারে। তাই এসব পানি সক্রিয় ধাতু ও এদের হাইড্রাইডের হ্যাজার্ড সিস্টেমকে – (i) দাহ্য পদার্থ (Flammable), প্রতীক ‘F’ ও (ii) বিষাক্ত পদার্থ (Toxic), প্রতীক ‘T’ ব্যবহৃত হয়।

\* সংরক্ষণ পদ্ধতি : (i) এসব দাহ্য পদার্থের মধ্যে Na কে কেরোসিনে ও  $NaH$ ,  $LiAlH_4$ ,  $NaBH_4$  কে নিক্রিয় পরিবেশে যেমন,  $N_2$  গ্যাসে, আর্গন গ্যাসে, শুক্র স্থানে এবং তাপ ও আগন থেকে দূরে সংরক্ষণ করতে হবে। (ii) এসব বিপদজনক বিষাক্ত পদার্থকে তালাবদ্ধ করে রাখতে হবে।

\* স্বাস্থ্য ঝুঁকি ও নিরাপত্তা সতর্কতা : পানি-সক্রিয় রাসায়নিক পদার্থসমূহ পানির সংস্পর্শে তাপ উৎপন্নসহকারে দাহ্য পদার্থ  $H_2$  গ্যাস তৈরি করে। তাই ব্যবহারকালে স্বাস্থ্যঝুঁকি খেয়াল রেখে অত্যন্ত সতর্কতা অবলম্বন করতে হবে।

- এক্ষেত্রে নিরাপদ Screen ব্যবহারসহ মাস্ক, নিরাপদ চশমা ও গ্লাভস অবশ্যই ব্যবহার করতে হয়।

উল্লেখ্য সাধারণ বিজারক যেমন অক্সালিক এসিড ( $H_2C_2O_4$ ) হলো Corrosive;  $FeSO_4$ ,  $KI$ ,  $Na_2S_2O_3$  ইত্যাদি ব্যবহারে হ্যান্ড গ্লাভস পরতে হবে।



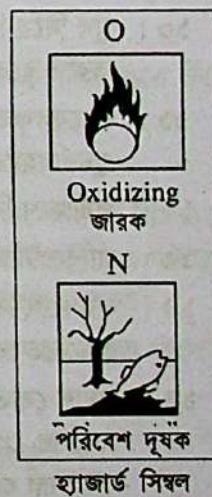
(৪) জারক পদার্থ (Oxidants) : কেমিস্ট্রি ল্যাবরেটরিতে কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় তিন শ্রেণির জারক পদার্থ

ব্যবহৃত হয়। কঠিন জারক পদার্থের মধ্যে  $KMnO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$ ,  $FeCl_3$ ,  $CuSO_4$ , নাইট্রেট লবণ, হাইপোক্লোরাইট লবণ, আয়োডিন, পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড  $K_3[Fe(CN)_6]$  রয়েছে। তরল জারকরূপে  $H_2O_2$  দ্রবণ,  $Br_2$  দ্রবণ উল্লেখযোগ্য। গ্যাসীয় জারক হলো  $Cl_2$  গ্যাস।

\* হ্যাজার্ড সিস্টেল : জারক পদার্থসমূহ সাধারণত জায়মান অক্সিজেন [O] সরবরাহ করে প্রবল বিক্রিয়া ঘটাতে পারে। তখন শিখাসহ দহন বিক্রিয়া ঘটে। তাই জারক পদার্থের হ্যাজার্ড সিস্টেল হলো – (i) বৃত্তের ওপর আগনের শিখা এবং প্রতীক হলো [‘O’]। শক্তিশালী জারক যেমন  $KMnO_4$  ও  $K_2Cr_2O_7$  পানিতে জলজ প্রাণীর জন্য বিপদজনক পরিবেশ সৃষ্টি করে। তাই, (ii) পরিবেশ দূষক সিস্টেল ও জারক পদার্থের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। এটির প্রতীক হলো ‘N’।

\* সংরক্ষণ পদ্ধতি : গ্যাসীয় জারক পদার্থকে নিছন্দভাবে সিলিন্ডারে রাখা; কঠিন ও তরল জারক পদার্থকে দাহ্য জৈব দ্রাবক থেকে পৃথকভাবে, বিজারক পদার্থসমূহ থেকে আলাদা স্থানে শুক্র ও ঠাণ্ডা স্থানে সংরক্ষণ করতে হবে।

\* স্বাস্থ্য ঝুঁকি ও নিরাপত্তা সতর্কতা : এসব জারক পদার্থ দেহ-ত্বকের সংস্পর্শে ত্বকের ক্ষয় ও ক্ষত সৃষ্টি; চোখের সংস্পর্শে চোখকে বিনষ্ট করতে পারে। তাই নিরাপত্তা সতর্কতা বিধি অনুসারে এক্ষেত্রে প্রয়োজনমতো মাস্ক, নিরাপদ চশমা ও হ্যান্ড গ্লাভস ব্যবহার করতে হবে।



## ১.৮.২ রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহারে সতর্কতা

### Cautious use of Chemicals

ল্যাবরেটরিতে কাজ করার সময় শিক্ষক, গবেষক, ল্যাব-কর্মকর্তা কর্মচারীদের প্রতিনিয়তই রাসায়নিক দ্রব্যের সংস্পর্শে আসতে হয়। রাসায়নিক দ্রব্যের অস্তর্ক্তামূলক ব্যবহারে দুর্ঘটনা ঘটতে পারে। তাই, সংশ্লিষ্ট সবাইকে রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহারে সতর্কতামূলক ব্যবস্থা গ্রহণ করা উচিত। রসায়নাগারে রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহারে সাধারণভাবে অনুসৃত নীতিমালা নিম্নরূপ :

- ১। কোনো রাসায়নিক দ্রব্য হাত দিয়ে স্পর্শ করা, গুঁক নেয়া কিংবা স্বাদ গ্রহণ করা যাবে না।

- ২। ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক দ্রব্য নিয়ে কাজ করার সময় হাত না ধুয়ে, ময়লা হাতে ঢোখ, মুখ কিংবা ঠোঁট স্পর্শ করা ঠিক নয়।
- ৩। রাসায়নিক পদার্থকে দেহ থেকে কিছুটা দূরে রেখে কাজ করতে হবে। ব্যবহারের আগে বোতল বা পাত্রের গায়ে প্রদৰ্শ লেবেল দেখে রাসায়নিক দ্রব্যের সঠিক ঘনমাত্রা ও পরিমাণ ব্যবহার করতে হবে।
- ৪। শিক্ষার্থীর নিজস্ব স্প্যাচুলা দিয়ে বোতল থেকে কঠিন রাসায়নিক পদার্থ অপসারণ করা যাবে না। এজন্য অত্যন্ত বিশুদ্ধ বিকারকের জন্য বিশেষভাবে ব্যবহৃত স্প্যাচুলা ব্যবহার করা উচিত।
- ৫। অব্যবহৃত বিশুদ্ধ রাসায়নিক পদার্থ কোনোমতেই মূল পাত্রে ফেরত রাখা যাবে না। যথাযথ ‘বর্জ্য পাত্র’ অব্যবহৃত রাসায়নিক দ্রব্য ফেলতে হবে।
- ৬। ব্যয়বহৃত রাসায়নিক পদার্থের অপব্যবহার হলো অপচয় এবং পরিবেশের জন্য ক্ষতিকর। সুতরাং প্রয়োজনের বেশি রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহার করা যাবে না।
- ৭। নির্দিষ্ট বিকারক বোতলগুলোকে নির্দিষ্ট ডেক্সে রাখতে হবে। এদেরকে নিজস্ব ডেক্সে নিয়ে যাওয়া বাঞ্ছনীয় নয়।
- ৮। বিকারক বোতলকে গলায় না ধরে মাঝখানে ধরতে হবে। বিকারক দ্রবণ নেয়ার সময় বিকারক যাতে বোতলের গা বেয়ে গড়িয়ে না পড়ে সেদিকে নজর রাখতে হবে।
- \*৯। ক্ষয়কারী গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিডকে লয় করতে হলে ‘পানিতে ধীরে ধীরে গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিড যোগ’ করতে হবে। কখনো গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিডে সরাসরি পানি যোগ করা যাবে না। কারণ গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিড হলো তাপোৎপাদী পানি-শোষণকারী পদার্থ (hygroscopic)। তাই গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিডে পানি পড়ার সাথে সাথে প্রচুর তাপ উৎপন্ন হওয়ার ফলে পানি-বাল্পসহ গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিড চারদিকে ছিটকে গায়ে এসে পড়ে। অপরদিকে পানিতে ধীরে ধীরে গাঢ়  $H_2SO_4$  যোগ করলে উৎপন্ন তাপ অধিক পানি দ্বারা শোষিত হয়। তখন এসিড ছিটকে পড়ে না; বিপদ বা দুর্ঘটনা ঘটে না। একই সাথে তাপের উদ্ধীরণজনিত সমস্যা পরিহার করতে দ্রবণকে আলোড়ন করতে হবে।
- ১০। মুখ দিয়ে পিপেটের মাধ্যমে তরল রাসায়নিক স্থানান্তর গ্রহণযোগ্য নয়। সব সময় রবারের পিপেট ফিলার ব্যবহার করতে হবে; যদি তা ল্যাবরেটরিতে পাওয়া যায়।
- ১১। লেবেলকৃত পাত্রে রাসায়নিক দ্রব্য সংরক্ষণ করতে হবে। এজন্য অমোচনীয় মার্কার ব্যবহার করতে হবে। পুনর্ব্যবহারের ক্ষেত্রে সামান্য অ্যাসিটোন দিয়ে মার্কারে লেখা ধোত করা যাবে।
- ১২। পরীক্ষণে বিষাক্ত গ্যাস উদ্ধীরণের সভাবনা থাকলে সেটি ফিউম ছড়ে সম্পন্ন করতে হবে।
- ১৩। ল্যাবরেটরিতে দাহ্য তরল নিয়ে কাজ করার সময় নিকটে উন্মুক্ত শিখা রাখা যাবে না।
- ১৪। ল্যাবরেটরিতে ব্যবহৃত অ্যালকোহলকে রাসায়নিকভাবে পানের অযোগ্য (denatured) করা হয়। এটা কোনোভাবেই পান করা যাবে না।
- ১৫। ওয়াশ বোতলকে কেবলমাত্র পাতিত পানি দ্বারা পূর্ণ করতে হবে। শুধু প্রমাণ দ্রবণ তৈরির সময় অথবা কাচ সামগ্রীর সর্বশেষ ধোত করার সময় এ পানি ব্যবহার করা বাঞ্ছনীয়। পানিগাহে বা Water bath অথবা বিকারে পানি ফুটানোর জন্য এ পানি ব্যবহার করা উচিত নয়।

### ১.৮.৩ ক্ষতিকর বিষাক্ত বিকারকের পরিবর্তে বিকল্প উপাদান ব্যবহার

#### To Use Alternate Chemicals for Poisonous Reagents

বর্তমানে বিভিন্ন আধুনিক ল্যাবরেটরিতে সেমিয়াইক্রো বিশেষণ পদ্ধতি পরিবেশবান্ধব হিসেবে ব্যবহৃত হয়। এ পদ্ধতিতে ব্যবহৃত বিকারকের পরিমাণ খুবই কম থাকে। তাই এসব বর্জ্য বিকারক পানি বা মাটির পরিবেশের বিশেষ ক্ষতি করতে পারে না। এ পদ্ধতিতে বিক্রিয়কের ক্ষেত্রে স্বল্প পরিমাণের ব্যবহার নিশ্চিত করা হয়। এ ছাড়া বিষাক্ত বিকারকের ব্যবহারের পরিবর্তে এদের বিকল্প উপাদান ব্যবহার করা যায়। এক্ষেত্রে বিক্রিয়ার ফলাফলে বিরূপ প্রভাব সৃষ্টি করে না এবং বর্জ্যের পরিমাণও হ্রাস পায়। যেমন—

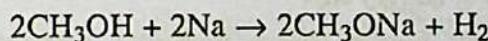
পরিবেশের ক্ষতিকর বিষাক্ত বিকারক	বিকল্প বিকারক বা উপাদান
১। ক্লোরোফরম ( $\text{CHCl}_3$ )	১। হেক্সেন ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ )
২। কার্বন টেট্রাক্লোরাইড ( $\text{CCl}_4$ )	২। হেক্সেন ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ )
৩। বেনজিন ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )	৩। টলুইন ( $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_3$ )
৪। জাইলিন [ $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$ ]	৪। টলুইন ( $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_3$ )
৫। বিউটানল-২ ( $\begin{array}{cccc} \text{CH}_3 & -\overset{2}{\text{CH}} & -\overset{3}{\text{CH}_2} & -\overset{4}{\text{CH}_3} \\   & & & \\ \text{OH} & & & \end{array}$ )	৫। বিউটানল-১ ( $\begin{array}{ccccc} \text{CH}_3 & -\overset{4}{\text{CH}_2} & -\overset{3}{\text{CH}_2} & -\overset{2}{\text{CH}_2} & -\overset{1}{\text{CH}_2\text{OH}} \end{array}$ )
৬। লেড ক্রোমেট ( $\text{PbCrO}_4$ )	৬। পটাসিয়াম কার্বনেট ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ )
৭। পটাসিয়াম ধাতু (K)	৭। ক্যালসিয়াম ধাতু (Ca)

### ১.৯ ব্যবহৃত রাসায়নিক দ্রব্যের নিরাপদ সংরক্ষণ ও বর্জ্য অপসারণ

#### Safe Storage of Used up Chemicals & Waste Disposal

(ক) ব্যবহৃত রাসায়নিক দ্রব্যের সংরক্ষণ : পরীক্ষাগারে কোনো পরীক্ষা শেষ হয়ে গেলে পরবর্তী পদক্ষেপ হলো কাজের ডেক্স পরিষ্কার করা, অব্যবহৃত রাসায়নিক দ্রব্যসমূহকে সঠিক স্থানে সঠিক নিয়মে রাখা এবং বর্জ্য পদার্থকে 'বর্জ্য-পাত্রে' সংরক্ষণ করা। যদি তা না করা হয়; এতে অনেক বিপদ ঘটতে পারে। ধৰা যাক,

কোনো ছাত্র-ছাত্রী জৈব যৌগের মৌলের শনাক্তকরণের সময় সোডিয়াম ধাতু নিয়ে কাজ করে এক টুকরা সোডিয়াম ডেক্সের ওপর ফেলে রেখে গেল। এখন পরীক্ষাগার সহকারী ডেক্স পরিষ্কার করতে এসে যদি ঐ Na টুকরা পানির সিঙ্কে ফেলে, তাহলে সাথে সাথে বিস্ফোরণসহ আগুন ধরে যাবে। তাই ঐ ছাত্রকে বা ছাত্রীকে অব্যবহৃত Na টুকরা কেরোসিনযুক্ত পাত্রে রাখতে হবে নতুন মিথানলের সাথে বিক্রিয়া ঘটিয়ে নিঃশেষ করতে হবে।



অনুরূপভাবে ব্যুরেটে  $\text{NaOH}$  দ্রবণ নিয়ে কাজ করার পর অবশিষ্ট  $\text{NaOH}$  দ্রবণ ব্যুরেট থেকে বিকারে করে নিয়ে  $\text{NaOH}$  দ্রবণের মেজারিং ফ্লাক্সে সংরক্ষণ করতে হবে। পরে ব্যুরেট ও বিকার ধূয়ে নিতে হবে।

- \* ব্যুরেটিকে পানি দিয়ে ভালোভাবে ধূয়ে পরিষ্কার না করলে ব্যুরেটের স্টপকক আটকে যাবে।
- \* উল্লেখ্য কঠিন  $\text{NaOH}$  বাতাসের সংস্পর্শে পানি শোষণ করে গলে যায়। তাই কঠিন  $\text{NaOH}$  এর দানা বা পিলেটিকে কাচের বা প্লাস্টিকের বোতলে ভালোভাবে কর্ক দিয়ে রাখতে হয়। এছাড়া  $\text{NaOH}$  কঠিন ও দ্রবীভূত অবস্থায় বাতাসের  $\text{CO}_2$  তার সাথে বিক্রিয়া করে  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  তৈরি করে, তাই খোলা অবস্থায়  $\text{NaOH}$  রাখা যাবে না।
- \* তাই কাজ শেষে প্রতিটি রাসায়নিক পদার্থের প্রকৃতি অনুযায়ী সঠিক ব্যবস্থায় যথাস্থানে রাখতে হবে নতুন ধ্বংস বা ব্যবহার করে নিঃশেষ করতে হবে।

(খ) পরীক্ষাগারে বর্জ্য পদার্থ অপসারণ ব্যবস্থাপনায় নিম্নোক্ত নিয়ম মানা প্রয়োজন :

- (১) কঠিন পরিত্যক্ত পদার্থকে সরিয়ে যথার্থ বর্জ্য-পাত্রে (waste container) সঠিকভাবে রাখতে হবে। এ কাজটি যত তাড়াতাড়ি সম্ভব করতে হবে; নতুন অনেক যৌগ পানি/জলীয় বাষ্প শোষণ করে দাগের সৃষ্টি করে নতুন যন্ত্রে আটকে যায়।
- (২) পরিত্যক্ত এসিডকে প্রশমিত করতে হবে। এ জন্য  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  অথবা চুনের গুঁড়া ব্যবহার করা যেতে পারে। ক্ষারকের ক্ষেত্রে  $\text{NaHSO}_4$  ব্যবহার করা যায়।
- (৩)  $\text{Na}$  ধাতু,  $\text{NaH}$ ,  $\text{LiAlH}_4$  প্রভৃতিকে নষ্ট করতে হলে বিউটানল, মিথানল, ইথানল ব্যবহার করা যেতে পারে।
- (৪) অব্যবহৃত  $\text{LiAlH}_4$  কে বিনষ্ট করতে জলীয়  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  বা  $\text{MgSO}_4$  দ্রবণ ব্যবহার করা যায়।
- (৫) অব্যবহৃত/পরিত্যক্ত দ্রাবককে বর্জ্য-পাত্রে মুখ বন্ধ করে সংরক্ষণ করতে হবে, ড্রেনে ফেলা উচিত নয়।
- (৬) ব্যবহৃত দ্রব্য পরিষ্কার করতে টিসু কাগজ বা কাপড়ের তোয়ালে ব্যবহার করা যায়।

(৭) নিরাপদ রাসায়নিক পদার্থসমূহে অতিরিক্ত পানি মিশিয়ে ধূয়ে ড্রেনে ফেলা যেতে পারে। এ রাসায়নিক দ্রব্য মিশ্রিত ড্রেনের পানিকে ল্যাবরেটরির বাইরে থাকা নির্দিষ্ট সংরক্ষিত গর্তে ফেলতে হবে; ড্রেনের পানি পুরুরে, বিলে-ঘিলে ও নদীতে নিষ্কাশন করা যাবে না। এতে জলজ উত্তির ও প্রাণীর ক্ষতি হবে।

(৮) বুনসেন বার্নারের গ্যাস সাপ্লাই সঠিকভাবে বন্ধ রাখতে হবে।

(৯) সর্বোপরি মনে রাখতে হবে যে, যে কোনো দুর্ঘটনা এড়াবার জন্য সর্বদা পরিষ্কার-পরিচ্ছন্ন পরীক্ষাগার, কাজের পরিবেশ সৃষ্টিতে সহায়ক হবে।

## ১.১০ পরিবেশের ওপর ল্যাবরেটরিতে ব্যবহৃত দ্রব্যের প্রভাব

### Effect of Lab Waste on Environment

'পরিবেশ' বলতে প্রত্যেক জীবের চারপাশের সঙ্গীব ও নির্জীব উপাদানসমূহের সমাবেশকে বোঝায়। বর্জ্য রাসায়নিক দ্রব্যসমূহ পরিবেশের ওপর কম বেশি প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষভাবে প্রভাব সৃষ্টি করে। কেমিস্ট্রি ল্যাবরেটরিতে প্রতিদিন ব্যবহৃত কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় বিভিন্ন শুণসম্পন্ন রাসায়নিক পদার্থ বর্জ্যরূপে পরিবেশে সহজে মিশে যায়। মাত্রাতিরিক্ত এ সব ক্ষতিকর বর্জ্য পদার্থ মাটি, পানি ও বায়ুমণ্ডলের মারাঞ্চক দূষণ ঘটায়।

ল্যাবরেটরিতে অধিক ব্যবহৃত ও পরিবেশের ক্ষতিকর রাসায়নিক দ্রব্যসমূহ হলো :

(ক) অজৈব এসিড যেমন, হাইড্রোক্লোরিক এসিড ( $HCl$ ), নাইট্রিক এসিড ( $HNO_3$ ), সালফিউরিক এসিড ( $H_2SO_4$ ) ইত্যাদি।

(খ) অজৈব ক্ষার যেমন, কষ্টিক সোডা ( $NaOH$ ), কষ্টিক পটাস ( $KOH$ ), লিকার অ্যামোনিয়া (35–40%  $NH_3$ , দ্রবণ), সোডিয়াম কার্বনেট ( $Na_2CO_3$ )।

(গ) ধাতব লবণসমূহ যেমন, লেড ( $Pb$ ), মারকারি ( $Hg$ ), সিলভার ( $Ag$ ), অ্যান্টিমনি ( $Sb$ ), টিন ( $Sn$ ), আয়রন ( $Fe$ ), অ্যালুমিনিয়াম ( $Al$ ), ক্রোমিয়াম ( $Cr$ ), জিংক ( $Zn$ ), কোবাল্ট ( $Co$ ), নিকেল ( $Ni$ ), ম্যাঞ্জানিজ ( $Mn$ ), ক্যালসিয়াম ( $CaO$ ), বেরিয়াম ( $Ba$ ), স্ট্রন্সিয়াম ( $Sr$ ), সোডিয়াম ( $Na$ ), পটাসিয়াম ( $K$ ), ম্যাগনেসিয়াম ( $Mg$ ) ইত্যাদি ধাতুর বিভিন্ন হ্যালাইড, নাইট্রেট, সালফেট, কার্বনেট ও ফসফেট লবণ।

(ঘ) জৈব দ্রাবক ও বিকারক যেমন, মিথানল, ইথানল, অ্যাসিটেন, ক্লোরোফরম, ক্লোরোবেনজিন, টলুইন, জাইলিন, অ্যানিলিন ইত্যাদি।

ল্যাবরেটরিতে বিভিন্ন পরীক্ষা কাজে ব্যবহৃত এসব রাসায়নিক বর্জ্য পদার্থ বায়ুতে, পানিতে ও মাটিতে মিশে পরিবেশের মারাঞ্চক ক্ষতি করে। যেমন-

\*(১) ল্যাবরেটরিতে ব্যবহৃত অতিরিক্ত এসিড ( $HCl$  বা,  $HNO_3$  বা,  $H_2SO_4$ ) অথবা অতিরিক্ত ক্ষার ( $NaOH$  বা,  $KOH$ ) বর্জ্যরূপে ড্রেনের পানির সাথে নিকটস্থ বিভিন্ন জলাশয়ে ও মাটিতে মিশে যায়। তখন এ পানি বা মাটির অন্তর্ভুক্ত ক্ষারকত্ত্বের অর্থাৎ pH মানের মারাঞ্চক হাস বৃদ্ধি ঘটে। মাটির অনুকূল pH 7.0-8.0 থেকে খুব বেশি হাস বা বৃদ্ধি ঘটলে মাটির অগুজীব ধূংস এবং উর্বরতা নষ্ট হয়। জলাশয়ে পানির pH এর মান ৩ এর নিচে হলে জলজ উত্তির ও মাছ মারা যায়।

\*(২) ভারী ধাতুর আয়ন যেমন  $Pb^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$  আয়ন দ্বারা দূষিত পানি থেকে এসব আয়ন মাছের দেহে এবং দূষিত মাটি থেকে উত্তির দেহে শোষিত হয়। পরে খাদ্যশৃঙ্খলের মাধ্যমে এসব ভারী ধাতুর আয়ন মানবদেহের চর্বিতে শোষিত হয়ে মারাঞ্চক রোগ যেমন শ্বাসন্ত্র, কিডনি ও প্রজননতন্ত্রে বিভিন্ন রোগ ও ক্যান্সার সৃষ্টি করে।

\*(৩) অনেক উদ্ধারী জৈব যৌগের বাস্প বায়ুতে মিশে যায়। এছাড়া রসায়ন পরীক্ষাগারে বিভিন্ন বিক্রিয়ায় উৎপন্ন গ্যাসসমূহ যেমন  $CO_2$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$  ও  $HCl(g)$  ইত্যাদি অন্ধধর্মী গ্যাস বায়ুতে মিশে বায়ুদূষণ ঘটায়। বায়ুদূষণের ফলে শ্বাসযন্ত্রে বিভিন্ন রোগ সৃষ্টি হয়।

## ১.১০.১ পরিবেশ ও স্বাস্থ্যের ওপর ল্যাবরেটরিতে ব্যবহৃত রাসায়নিক দ্রব্যের প্রভাব

রাসায়নিক ল্যাবরেটরিতে বিভিন্ন প্রকার এসিড, শক্তিশালী ক্ষার, স্বাস্থ্যের জন্য ক্ষতিকর বিভিন্ন ধাতুর লবণ, বিভিন্ন জৈব দ্রাবক ব্যবহৃত হয়।

ল্যাবরেটরিতে এগুলোর অতিরিক্ত ব্যবহারের ফলে তা কোনো না কোনোভাবে পরিবেশে ছড়িয়ে পড়ে এবং উত্তির ও প্রাণিদেহে প্রবেশ করে। এর ক্ষতিকর প্রভাব দীর্ঘমেয়াদি। ল্যাবরেটরিতে এদের অতিরিক্ত ব্যবহার সম্পর্কে সচেতন হওয়া

প্রয়োজন। ভারী ধাতুর আয়ন  $Pb^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  প্রাণিদেহে প্রবেশ করলে প্রাণিদেহের এনজাইমের কার্যক্ষমতা বিনষ্ট হয় এবং সাথে সাথে শরীরে বিষক্রিয়া ঘটে।

বিভিন্ন ভারী শিল্প কারখানা যেমন-চামড়া শিল্প, ডাইং শিল্প, কাগজ, রেয়ন, সার ইত্যাদি শিল্পক্ষেত্রের ল্যাবরেটরিতে পরিবেশের উপর মারাত্মক ক্ষতিকর উপাদানের ব্যবহার হয়ে থাকে। এসব রাসায়নিক দ্রব্যের অতিরিক্ত ব্যবহার পরিবেশের জন্য যে কতটা ক্ষতিকারক তা কল্পনা করা যায় না। এসব রাসায়নিক দ্রব্যের ব্যবহার খুবই স্বল্পমাত্রায় এবং নিয়ন্ত্রণের মধ্যে রাখা উচিত। তাই এসব শিল্প কারখানা স্থাপনের পূর্বে পরিবেশ অধিদপ্তর থেকে পূর্ব অনুমতি নেওয়ার প্রয়োজন হয়।

পরিবেশ ও স্বাস্থ্যের ওপর ক্ষতিকর ল্যাবরেটরিতে ব্যবহৃত বিভিন্ন রাসায়নিক দ্রব্যের প্রভাব :

রাসায়নিক দ্রব্য	স্বাস্থ্যের প্রতি-প্রতিক্রিয়া	পরিবেশের উপর প্রতিক্রিয়া
১। হাইড্রোক্লোরিক এসিড (HCl)	HCl গ্যাস মারাত্মক বিষাক্ত এবং এসিড হিসেবে তৃক ক্ষয়কারী। মুখ, গলা, শ্বাসনালিতে প্রদাহের সৃষ্টি করে। HCl গ্যাস বেশি গ্রহণ করলে মৃত্যু পর্যন্ত হতে পারে।	HCl এসিড একটি সবল এসিড। এটি পানিতে পূর্ণভাবে আয়নিত হয়ে পানির pH মান দ্রুত হ্রাস করে। ফলে জলজ উত্তিদ ও প্রাণীর ইকোসিস্টেমের মারাত্মক ক্ষতি করে।
২। সালফিউরিক এসিড ( $H_2SO_4$ )	$H_2SO_4$ এসিড একটি মারাত্মক ক্ষয়কারী, তীব্র জারক ও তীব্র-নিরুদ্ধক। এ এসিড রাষ্প চোখ, মুখ, শ্বাসনালিতে প্রদাহ ও তৃকে ফোক্কা সৃষ্টি করে। এমনকি ফুসফুসও আক্রান্ত হয়। তৃকে পড়লে ক্ষত সৃষ্টি করে।	$H_2SO_4$ মাটিতে ও পানিতে মিশলে pH মানের দ্রুত হ্রাস ঘটে। জলজ প্রাণী ও উত্তিদের ইকোসিস্টেমের বিপর্যয় ঘটে। মাটির অণুজীবকে ধ্বংস করে। ফলে ঐ মাটিতে আর উত্তিদ জন্মাতে পারে না।
৩। নাইট্রিক এসিড ( $HNO_3$ )	মারাত্মক ক্ষয়কারী ও তীব্র জারক হওয়ায় তৃকের প্রদাহ, চোখ-মুখ জ্বালাপোড়া করে। $HNO_3$ রাষ্প ও এর বিঘোজনে সৃষ্ট $NO_2$ গ্যাস তীব্র শ্বাসকষ্ট সৃষ্টি করে থাকে; এমনকি মৃত্যুও হতে পারে।	$HNO_3$ পানিতে মিশে পানির pH মানের হ্রাস ঘটায়। মাছ ও অন্যান্য জলজ প্রাণীদের ডিম পাড়া এবং বংশ বিস্তারে বিষ্প্ল ঘটে। ক্ষয়কারী হওয়ায় $HNO_3$ মাটিতে মিশে মাটির খনিজ উপাদানকে ধ্বংস করে থাকে।
৪। কষ্টিক সোড়া (NaOH) কষ্টিক পটাস (KOH)	NaOH ও KOH হলো ক্ষয়কারী রাসায়নিক উপাদান। মাত্র 10% (w/v) NaOH বা KOH এর জলীয় দ্রবণ 30 সেকেন্ডের মধ্যে চোখকে অঙ্গ করে দিতে পারে। কোনোভাবে মুখে প্রবেশ করলে গলা, শ্বাসনালি, পাকস্থলীর মারাত্মক প্রদাহজনিত সংক্রমণ ঘটে।	NaOH বা KOH এর দ্রবণ পানিতে মিশে পানির দূষণ ঘটায়। পানির pH মান দ্রুত বৃদ্ধি করে। জলজ উত্তিদ ও প্রাণীর ক্ষতি হয়।
৫। অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্লাইড ( $NH_4OH$ ) লিকার অ্যামোনিয়া 35–40% $NH_3$ এর সম্পৃক্ত দ্রবণ।	তীব্র বাঁকালো গন্ধ যুক্ত $NH_3$ গ্যাস শ্বাসের সাথে প্রবেশ করলে মারাত্মক শ্বাসকষ্ট, গলা ও শ্বাসনালিতে প্রদাহ সৃষ্টি হয়। চোখ জ্বালা পোড়া করে এবং মুহূর্তের মধ্যে চোখ রক্তবর্ণ ধারণ করে। সর্দি কাশিতে মৃদু $NH_3$ গ্যাস নাকের পানি ঝাড়া বন্ধ করে।	এটি জলাশয়ের পানিতে দ্রবীভূত হলে পানির pH বৃদ্ধি করে; মাছসহ অন্যান্য জলজ প্রাণীদের মুহূর্তের মধ্যে মৃত্যু ঘটে। অ্যামোনিয়া দ্রবীভূত পানি পান করলে পশুরও মৃত্যু ঘটে। $NH_3$ গ্যাস বায়তে মিশে গেলে গাছপালা বলসে যায়, পাখিরা মরে যায়, মানুষ শ্বাস কঠে ভোগে, এমনকি মৃত্যুও হতে পারে।

রাসায়নিক দ্রব্য	বাস্ত্রের প্রতি-প্রতিক্রিয়া	পরিবেশের উপর প্রতিক্রিয়া
৬। সোডিয়াম বাই কার্বনেট ( $\text{NaHCO}_3$ ) সোডিয়াম কার্বনেট ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )	$\text{NaHCO}_3$ এবং $\text{Na}_2\text{CO}_3$ এর সূক্ষ্ম গুড়া শ্বাসের সাথে শরীরে প্রবেশ করলে শ্বাসনালি আক্রান্ত হয়। তৃক বা চোখে-মুখে এর গাঢ় দ্রবণ পড়লে ক্ষতের সৃষ্টি হয়।	$\text{NaHCO}_3$ এবং $\text{Na}_2\text{CO}_3$ পানিতে মিশে পানির pH মানের বৃদ্ধি ঘটায়। মাটিতে মিশে অণুজীবকে ধ্রংস করে। মাটির খনিজ উপাদানের সাথে মিলে মাটির ক্ষারকত্ব বৃদ্ধি করে।
৭। পটাসিয়াম পারম্যাঞ্চানেট ( $\text{KMnO}_4$ )	$\text{KMnO}_4$ হলো একটি তীব্র ক্ষয়কারক, জারক ও বিষাক্ত উপাদান। এটির গাঢ় দ্রবণ শরীরের তৃকের সংস্পর্শে ক্ষতের সৃষ্টি করে। <b>পেটে গেলে ডায়ারিয়া হওয়ার সম্ভাবনা শতভাগ।</b> এর প্রভাবে কিডনি সম্পূর্ণভাবে নষ্ট হয়।	এটি দ্রবীভূত অবস্থায় পানির DO এর পরিমাণকে মারাত্মকভাবে হ্রাস করে। ফলে মাছসহ অন্যান্য জলজ প্রাণীর বেঁচে থাকা কষ্টকর হয়। মাটির অণুজীবকে ধ্রংস করে এবং মাটির উর্বরা শক্তি হ্রাস পায়।
৮। পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ হলো একটি তীব্র ক্ষয়কারক, জারক ও বিষাক্ত উপাদান। তৃকের সংস্পর্শে ক্ষতের সৃষ্টি করে। <b>পেটে গেলে ডায়ারিয়া হওয়ার সম্ভাবনা থাকে।</b>	এটি দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণকে হ্রাস করে। ফলে মাছসহ অন্যান্য জলজ প্রাণীর বেঁচে থাকা কষ্টকর হয়। মাটির উর্বরা শক্তির হ্রাস ঘটে এবং মাটির অণুজীবকে ধ্রংস করে।
৯। পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	শ্বাসের মাধ্যমে এটি শরীরে প্রবেশ করলে গলা, শ্বাসনালি ও ফুসফুসের কাশিসহ মারাত্মক ক্ষতি হয়। শরীরের তৃক ও চোখে জ্বালাসহ ক্ষতের সৃষ্টি হয়। পাকস্থলীতে প্রবেশ করলে পেটে ব্যথা, বমি ও ডায়ারিয়া হতে পারে।	পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড পানি ও মাটি উভয়কেই মারাত্মকভাবে দূষিত করে।
১০। পটাসিয়াম আয়োডাইড ( $\text{KI}$ )	এটি তৃকের মারাত্মক ক্ষতি করে। শরীরে প্রবেশ করলে <b>রক্তশূন্যতা, ওজন কমে যাওয়া</b> অবসাদ প্রবণতার সৃষ্টি হয়।	এটি পানিতে অধিক মিশলে পানি বিষাক্ত হয়। মাটির উর্বরতা শক্তি কমে যায়। জৈব উপাদানের পচন কমে যায়।
১১। হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )	এটি একটি বিষাক্ত, তীব্র জারণধর্মী, স্বাস্থ বুকি ও পরিবেশ বুকির রাসায়নিক উপাদান। এটি তৃকের মারাত্মক ক্ষতি করে থাকে।	এটি পরিবেশের ক্ষতি করে একপ রাসায়নিক উপাদানের অন্যতমের মধ্যে এটি অন্তর্ভুক্ত।
১২। ক্লোরোফরম ( $\text{CHCl}_3$ )	ক্লোরোফরম <b>কেন্দ্রীয় স্নায়ু তন্ত্রের মারাত্মক ক্ষতি</b> করে। শ্বাস-প্রশ্বাসের ক্ষেত্রে শ্বাসনালি ও ফুসফুসের মারাত্মক ক্ষতি করে। বেশি পরিমাণে ফুসফুসে প্রবেশ করলে মৃত্যু অনিবার্য।	ক্লোরোফরম পানিতে দ্রবীভূত হয়ে পানিতে উপস্থিত সূক্ষ্ম অণুজীব ধ্রংস করে। ফলে পানির DO, BOD ও COD এর ভারসাম্য বিনষ্ট হয়।
১৩। ফরমালিন : [ $\text{H}-\text{CHO}$ ] এবং ৪০% জলীয় দ্রবণ]	ফরম্যালিডহাইড শরীরে প্রবেশ করলে কিডনি নষ্ট হতে পারে। এতে ক্যাসার রোগও হতে পারে।	ফরমালিন পচনরোধক ও ক্ষুদ্র প্রাণিকোষ ধ্রংস করে। পরিবেশের ক্ষতি করে।
১৪। প্রোপানোল $\text{CH}_3\text{COCH}_3$	এটি উদ্বায়ী হওয়ায় শ্বাস-প্রশ্বাসে শরীরে প্রবেশ করলে মাথা ব্যথা, বমি বমি ভাব, অবসাদগ্রস্ততা হতে পারে।	এটি পানিতে DO এর মারাত্মকভাবে হ্রাস ঘটায়। জলজ প্রাণীর উপর এর পার্শ্ব প্রতিক্রিয়া পরিলক্ষিত হয়।

রাসায়নিক দ্রব্য	স্বাস্থ্যের প্রতি-প্রতিক্রিয়া	পরিবেশের ওপর প্রতিক্রিয়া
১৫। সাবান ও ডিটারজেন্ট	উভয় যোগ জৈব দূষক। অধিক ব্যবহারে দেহের ত্বকের ক্ষতি করে।	এদেরকে সরাসরি পরিবেশে ফেলা যাবে না। এরা মারাঞ্চকভাবে পরিবেশের বিপর্যয় ঘটায়।
১৬। Na, NaH ও LiAlH <sub>4</sub>	ত্বকে মারাঞ্চক ক্ষতি সৃষ্টি করে। জলীয় বাষ্পের সংস্পর্শে প্রবল বিক্রিয়ায় ক্ষার, H <sub>2</sub> ও তাপ উৎপন্ন করে।	পানির সংস্পর্শে ক্ষার NaOH, LiOH দ্রবণ ও Al(OH) <sub>3(s)</sub> উৎপন্ন হয়। ফলে, মাটি ও পানির pH বৃদ্ধি পায়। পরিবেশ ক্ষতিগ্রস্ত হয়।

শিক্ষার্থীর কাজ-১.৯ : রাসায়নিক পদার্থের নিরাপদ সংরক্ষণ এবং স্বাস্থ্য ও পরিবেশের ওপর প্রভাব :

প্রশ্ন-১.১২(ক) : পরিবেশের ওপর ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক পদার্থের অতিরিক্ত ব্যবহারের প্রভাব ব্যাখ্যা কর।

প্রশ্ন-১.১২(খ) : উদ্দীপক : রাসায়নিক দ্রব্য-'A' Na ধাতু; রাসায়নিক দ্রব্য-'B' H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

[অভিন্ন প্রশ্ন (ক-সেট) ২০১৮]

(১) ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক দ্রব্য-'A' এর নিরাপদ সংরক্ষণ ব্যাখ্যা কর।

(২) পরিবেশ সংরক্ষণে ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক দ্রব্য-'B' এর পরিমিত ব্যবহারের গুরুত্ব কী তা বিশ্লেষণ কর।

প্রশ্ন-১.১২(গ) : রসায়ন পরীক্ষাগারে অতি সতর্কতার সাথে যে সব পদার্থ ব্যবহৃত হয়, তা হলো—

(i) গাঢ় H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, (ii) তরল NH<sub>3</sub>, (iii) Na ধাতু,

(iv) পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]

[অভিন্ন প্রশ্ন (খ-সেট) ২০১৮]

(১) উদ্দীপকের (i) ও (iii) এর সাথে সরাসরি পানি যোগ করা যায় না কেন? ব্যাখ্যা কর।

(২) উদ্দীপকের রাসায়নিক পদার্থগুলোর অধিক ব্যবহার পরিবেশের ওপর কীরূপ প্রভাব ফেলে তা বিশ্লেষণ কর।

প্রশ্ন-১.১২(ঘ) : নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও।

[ক. বো. ২০১৭]

(i) গাঢ় H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, (ii) গাঢ় NH<sub>4</sub>OH, (iii) LiAlH<sub>4</sub>, (iv) KMnO<sub>4</sub>

(১) উদ্দীপকের উপাদানসমূহের সংরক্ষণ পদ্ধতি আলোচনা কর।

(২) উদ্দীপকের যোগসমূহের অপরিমিত ব্যবহার মানব স্বাস্থ্য ও পরিবেশের জন্য হুমকি স্বরূপ কীনা তা বিশ্লেষণ কর।

প্রশ্ন-১.১২(ঙ) : নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও।

[রা. বো. ২০১৭]

(i) গাঢ় HCl, (ii) গাঢ় NH<sub>3</sub> দ্রবণ, (iii) NaOH

(১) উদ্দীপকের উপাদানসমূহের নিরাপদ সংরক্ষণ কৌশল বর্ণনা কর।

(২) উদ্দীপকের উপাদানসমূহের অতিরিক্ত ব্যবহারের ক্ষতিকর প্রভাব স্বাস্থ্য ও পরিবেশের ওপর পরিলক্ষিত হয়; তা বিশ্লেষণ কর।

প্রশ্ন-১.১২ (চ) : প্রদত্ত ১নং পাত্রে X<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> এর 2.657g আছে এবং ২নং পাত্রে অনিদিষ্ট পরিমাণ YMnO<sub>4</sub> আছে।

এক্ষেত্রে X ও Y এর পাঃ সংখ্যা 11 ও 19।

[ঢ. বো. ২০১৯]

(ক) ১নং ও ২নং পাত্রের বিকারকদ্বয় মাটির pH পরিবর্তনে কীরূপ ভূমিকা রাখে; তা বিশ্লেষণ কর।

প্রশ্ন-১.১২ (ছ) : A NaOH, B KMnO<sub>4</sub>, C LiAlH<sub>4</sub>, D C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH। প্রদত্ত ক্রম অনুযায়ী A, B, C, D যোগসমূহকে ল্যাবরেটরিতে একই সেলফে রাখা হলো।

[ক. বো. ২০১৯]

(ক) উদ্দীপক অনুযায়ী A, B, C, D যোগসমূহকে সংরক্ষণ করার কৌশল সঠিক কীনা তা বিশ্লেষণ কর।

টিপস্স : নিচের রাসায়নিক পদার্থগুলোর বিষাক্ততা হাসের জন্য প্রচুর পানি যোগ করে পরিত্যাগ করবে। সকল তীব্র এসিড/ক্ষার, অ্যালকোহল, হাইপোক্লোরাইট, সিলিকা ও অ্যালুমিনার চূর্ণ, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MgSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>

## ১.১১ রাসায়নিক দ্রব্যের পরিমিত ব্যবহারের গুরুত্ব

### Importance of Minimum Use of Chemicals

রাসায়নিক ল্যাবরেটরিতে থেকে নির্গত বর্জ্য পরিবেশের মারাঞ্চক দূষণ ঘটায়। তাই প্রত্যেক শিক্ষার্থী ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক বস্তু ব্যবহারে অত্যধিক সতর্ক থাকতে হবে। ন্যূনতম পরিমাণ বিকারক ব্যবহার করে পরীক্ষা কাজ সম্পন্ন করতে হবে।

রাসায়নিক বস্তুর পরিমিত ব্যবহারে শিক্ষার্থীদের ল্যাবরেটরিতে বিভিন্ন কার্যক্রমে নিম্নোক্ত বিষয় অনুসরণ করা উচিত।

(১) পরীক্ষাকালীন টেস্টিউবে রাসায়নিক বিকারক খুব কম ব্যবহার করতে হবে। বিক্রিয়াগুলো সচেতনভাবে পর্যবেক্ষণ করতে হবে।

(২) পরিবেশের ক্ষতিকর রাসায়নিক পদার্থ ও জৈব দ্রাবক পদার্থ ব্যবহারে শিক্ষার্থীদের মিতব্যয়ী হতে হবে।

(৩) পাতিত পানি বা ডিস্টিল ওয়াটার ব্যবহার যথাসম্ভব কম করতে হবে।

(৪) বুনসেন বার্নারে গ্যাস ব্যবহার ও বিদ্যুতের ব্যবহারে সচেতন থাকতে হবে।

(৫) শিক্ষার্থীরা গ্রুপ করে কাজ করলে রাসায়নিক পদার্থের সাশ্রয় হবে।

(৬) শিক্ষার্থীদের প্রয়োজনীয় রাসায়নিক পদার্থ পূর্ব থেকেই ওজন করে রাখতে হবে। এতে অপচয় কর হবে এবং শিক্ষার্থীদের ল্যাব-সময় অধিকতর কার্যকর হবে।

(৭) শিক্ষার্থীদের জন্য ব্যবহারিক কার্যক্রম এমনভাবে প্রণয়ন করতে হবে যেন রাসায়নিক বস্তুর ব্যবহার সর্বনিম্ন থাকে।  
বর্তমানে ক্ষুল ও কলেজে কেমিস্ট্রি ল্যাবসমূহে অনুসৃত ম্যাক্রো বিশ্লেষণ পদ্ধতির পরিবর্তে সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণ পদ্ধতি অনুসরণ করা হলে ল্যাবরেটরি বর্জ্য রাসায়নিক দূষণ মাত্রার হ্রাস ঘটবে। অর্থাৎ ল্যাবরেটরিতে উন্নত ব্যবহারিক কার্যক্রমে পরিবেশের ক্ষতিকর রাসায়নিক পদার্থের ব্যবহার হ্রাস করতে হবে।

তাই ল্যাবরেটরিতে এসব রাসায়নিক পদার্থের ব্যবহার পরিমিতভাবে করা উচিত। ফলে ল্যাবরেটরির রাসায়নিক পদার্থের অপচয়ও কমবে, অর্থ খরচ কমবে ও প্রকৃতির ভারসাম্য বজায় থাকবে।

**শিক্ষার্থীর কাজ-১.১০ : রাসায়নিক পদার্থের পরিমিত ব্যবহারের গুরুত্ব :**

**প্রশ্ন-১.১৩ : পরিবেশ রক্ষায় রাসায়নিক বর্জ্য বিশোধন অপেক্ষা রাসায়নিক বর্জ্যের হ্রাসকরণ উত্তম। এর ব্যাখ্যা কর।**

[চ.বো.২০১৫]

**প্রশ্ন-১.১৪ : ল্যাবরেটরিতে রাসায়নিক দ্রব্য যথাসম্ভব কম ব্যবহার করা পরিবেশের জন্য উত্তম কেন তা ব্যাখ্যা কর।**

**সমাধানকৃত সমস্যা-১.৫ : রাসায়নিক দ্রব্য সংরক্ষণ, ব্যবহারে সতর্কতা এবং স্বাস্থ্য ও পরিবেশের ওপর প্রভাবভিত্তিক :**

নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও।

[অভিন্ন প্রশ্ন (খ-সেট) ২০১৮]

- (i) গাঢ়  $H_2SO_4$     (ii) তরল  $NH_3$     (iii)  $Na$  ধাতু    (iv)  $K_4[Fe(CN)_6]$

(ক) উদ্দীপকের (i) ও (iii) নং পদার্থের সাথে সরাসরি পানি যোগ করা যায় না কেন? ব্যাখ্যা কর।

(খ) উদ্দীপকের রাসায়নিক পদার্থগুলোর অধিক ব্যবহার পরিবেশের ওপর কীরূপ প্রভাব ফেলে তা বিশ্লেষণ কর।

**সমাধান :** (ক) উদ্দীপকের (i) ও (iii) নং পদার্থ দুটি হলো যথাক্রমে গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিড ও  $Na$  ধাতু।

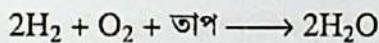
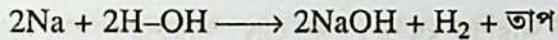
গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিড ও  $Na$  ধাতুর সাথে সরাসরি পানি যোগ করা যায় না। কারণ—

(i) গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিড হলো তাপোৎপাদী পানি-শোষণকারী পদার্থ। গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিডে পানি পড়ার সাথে সাথে  $H_2SO_4$  অণুসমূহে পানি-যোজন বা হাইড্রেশন ঘটে; তখন প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়। ফলে পানি-বাষ্পসহ কিছু  $H_2SO_4$  এসিড চারদিকে ছিটকে গায়ে এসে পড়ে।



তাই গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিডের লয় দ্রবণ তৈরি করার বেলায় পচুর পানিতে ধীরে ধীরে গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিড যোগ করতে হয়। একই সাথে তাপের উদ্ধীরণজনিত সমস্যা পরিহার করতে দ্রবণকে গ্লাস রড দিয়ে আলোড়িত করতে হয়। তখন উৎপন্ন তাপ অধিক পানিতে শোষিত হয়ে থাকে।

(iii) Na ধাতু হলো পর্যায় সারণির গ্রাফ-১ এর অতীব সক্রিয় ক্ষার ধাতু। Na ধাতু পানির সংস্পর্শে প্রবলভাবে তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায়  $NaOH$  ক্ষার ও  $H_2$  গ্যাস উৎপন্ন করে। তখন বিক্রিয়ায় উৎপন্ন তাপে  $H_2$  গ্যাস জুলে উঠে।



তাই রসায়ন পরীক্ষাগারে Na ধাতু ব্যবহারের পর অবশিষ্ট Na ধাতুকে কখনও বেসিনের পানির সংস্পর্শে ফেলা যাবে না।

সমাধান : (x) উদ্ধীপকের রাসায়নিক পদার্থের অধিক ব্যবহার পরিবেশের ওপর নিম্নলিপে প্রভাব ফেলে।

উদ্ধীপক ঘতে, রাসায়নিক পদার্থগুলো হলো-

(১) গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিড, (২) তরল  $NH_3$ , (৩) Na ধাতু ও (৪)  $K_4[Fe(CN)_6]$

(১) গাঢ়  $H_2SO_4$  : গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিড হলো রাসায়নিকভাবে একটি মারাত্মক ক্ষয়কারী, তীব্র জারণধর্মী এসিড ও তীব্র পানিশোষী পদার্থ।

মানবদেহের উপর প্রভাব : ল্যাবরেটরিতে গাঢ়  $H_2SO_4$  এর ব্যবহারকালে এসিডের বোতল খোলার সাথে এসিড বাষ্প বের হয়ে থাকে। তখন অসতর্কতার কারণে অথবা ফিউম বোর্ড ব্যবহার না করলে তবে গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিডের-বাষ্প চোখ, মুখ ও শ্বাসনালির প্রদাহ সৃষ্টি করতে পারে। এ গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিড তুকের সংস্পর্শে ক্ষত সৃষ্টি করে।

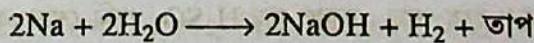
পরিবেশের ওপর প্রভাব : পরীক্ষাগারে ও শিল্প কারখানায়  $H_2SO_4$  এর অধিক ব্যবহারের পর বর্জ্য এসিড দ্রবণ দ্রেনের মাধ্যমে পরিবেশের জলাশয়ে ও মাটিতে মিশলে তখন মাটি ও জলাশয়ের পানির pH মান দ্রুত কমে যায়। এতে উদ্ভিদ ও জলজ প্রাণীর মৃত্যুসহ মাটির অণুবীজ ধ্বংস হয়। এ মাটিতে আর কোনো উদ্ভিদ জন্মাতে পারে না। পরিণামে ইকোসিস্টেমে বিপর্যয় ঘটে।

(২) তরল অ্যামোনিয়া ( $NH_4OH$ ) : তরল অ্যামোনিয়া বা লিকার অ্যামোনিয়া হলো কক্ষতাপমাত্রায় পানিতে 35%—40%  $NH_3$  গ্যাসের সম্পৃক্ত দ্রবণ। রাসায়নিকভাবে তরল অ্যামোনিয়া হলো মারাত্মক তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধক্ষুর একটি শক্তিশালী ক্ষার।

মানবদেহের ওপর প্রভাব : তরল অ্যামোনিয়া বা লিকার অ্যামোনিয়ার বোতলের মুখ খোলার সময় অসতর্কতা বশত তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধক্ষুর  $NH_3$  গ্যাস শ্বাসের সাথে দেহে প্রবেশ করলে তখন মারাত্মক শ্বাসকষ্ট, গলা ও শ্বাসনালিতে প্রদাহ সৃষ্টি হয়। চোখ জ্বালাপোড়া করে এবং মুহূর্তের মধ্যে চোখ রক্তবর্ণ হয়।

পরিবেশের ওপর প্রভাব : তরল অ্যামোনিয়া দ্রবণ জলাশয়ের পানিতে মিশলে পানির pH বৃদ্ধি পায়। তখন মাছসহ অন্যান্য জলজ উদ্ভিদ মরে যায়। এ  $NH_3$  গ্যাস বায়ুতে মিশলে গাছপালা বালসে যায়, পাথিরা  $NH_3$  গ্যাসে আক্রান্ত হয়ে মরে যায়। মানুষ শ্বাসকষ্টে ভোগে এবং ফুসফুসের প্রদাহজনিত রোগে আক্রান্ত হয়।

(৩) Na ধাতু : সোডিয়াম ধাতু অতীব সক্রিয় ক্ষার ধাতু। এটি পানির সংস্পর্শে প্রবল তাপোৎপাদী বিক্রিয়াসহকারে  $H_2$  গ্যাস ও  $NaOH$  দ্রবণ তৈরি করে। তখন উৎপন্ন তৃপ্তে  $H_2$  গ্যাস জুলে উঠে।



মানব দেহের ওপর প্রভাব : সোডিয়াম ধাতু তুকের সংস্পর্শে জলীয় বাষ্পসহ তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায় তুকে ক্ষত তৈরি করে। সোডিয়াম ধাতুকে হাতে ধরা যাবে না।

পরিবেশের ওপর প্রভাব : যেহেতু Na ধাতু পানির সংস্পর্শে প্রবল  $NaOH$  ক্ষার তৈরি করে; তাই উৎপন্ন  $NaOH$  ক্ষার পানিতে ও মাটিতে মিশে প্রতি ক্ষেত্রে pH মান বৃদ্ধি করে। ফলে মাটিতে pH মান বৃদ্ধি পাওয়ায় ফসল উৎপাদন অসম্ভব হয়ে পড়ে। উদ্ভিদ ক্ষারীয় মাটিতে মারা যায়। পানির pH বৃদ্ধি পাওয়ায় মাছ ও জলজ উদ্ভিদ মরে যায়।

MAY. 15-16

(8)  $K_4[Fe(CN)_6]$  : পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড হলো রাসায়নিকভাবে লোহার একটি বিজারণধর্মী জটিল যৌগ। এটির কোনো মারাত্মক বিষক্রিয়া নেই। তবে রাসায়নিক পদার্থ হিসেবে স্বাস্থ্য ও পরিবেশের ওপর নিম্নোক্ত প্রভাব সৃষ্টি করে।

মানবদেহের ওপর প্রভাব : পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড গুঁড়া শ্বাসের মাধ্যমে শরীরে প্রবেশ করলে কাশিসহ গলা, শ্বাসনালি ও ফুসফুসে প্রদাহ হয়। শরীরের ত্বক ও চোখে জ্বালাসহ ক্ষতের সৃষ্টি হতে পারে। পাকস্থলীতে প্রবেশ করলে পেটে ব্যথা, বমি ও ডায়ারিয়া হতে পারে। [উল্লেখ্য জটিল যৌগে 'লিগ্যান্ডর্পী' সায়ানাইড আয়ন ( $CN^-$ ) সন্নিবেশ-বলয়' বা, co-ordination sphere এর মধ্যে আবদ্ধ থাকে; এটি আয়নিত হয় না। তখন  $CN^-$  আয়নের কোনো মারাত্মক বিষক্রিয়া ঘটে না।]

পরিবেশের ওপর প্রভাব : পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড পানি ও মাটিতে মিশে উভয়কেই দূষিত করে থাকে।

মতামত : উপরোক্ত আলোচনা থেকে সূম্পষ্ঠ হলো যে, প্রদত্ত যৌগসমূহের অধিক ব্যবহারে মানব দেহের ওপর বা স্বাস্থ্যের এবং পরিবেশের ওপর ক্ষতিকর প্রভাব সৃষ্টি করে। তাই এদের ব্যবহারকালে যথাযথ ব্যবহার বিধি জেনে প্রয়োজনে ব্যবহার করতে হবে।

সমাধানকৃত সমস্যা-১.৬ : রাসায়নিক পদার্থের সংরক্ষণ এবং স্বাস্থ্য ও পরিবেশের ওপর প্রভাবভিত্তিক :

নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও।

[কু. বো. ২০১৭; ২০১৯]

- (i)  $\text{গাঢ় } H_2SO_4$ , (ii)  $\text{গাঢ় } NH_4OH$ , (iii)  $\text{LiAlH}_4$ , (iv)  $\text{KMnO}_4$

(ক) উদ্দীপকের যৌগসমূহের সংরক্ষণ পদ্ধতি আলোচনা কর।

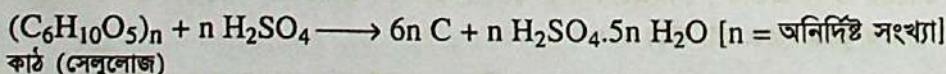
(খ) উদ্দীপকের যৌগসমূহের অপরিমিত ব্যবহার মানব স্বাস্থ্য ও পরিবেশের ওপর হামকি কীরুপ তা বিশ্লেষণ কর।

সমাধান : (ক) উদ্দীপক যতে প্রদত্ত যৌগসমূহ হলো (i) গাঢ়  $H_2SO_4$  (ii) গাঢ়  $NH_4OH$  (iii)  $LiAlH_4$  (iv)  $KMnO_4$ . এ সব রাসায়নিক পদার্থকে ল্যাবরেটরিতে সংরক্ষণের ব্যাপারে Material Safety Data Sheet বা MSDS তৈরি করে সেটি যথাযথ অনুসরণ করতে হবে। MSDS এর তালিকায় প্রতিটি রাসায়নিক দ্রব্যের নাম, সংকেত বা ফর্মুলা, হ্যাজার্ড প্রতীক, ঝুঁকি বা বিপদ, নিরাপত্তা সতর্কতা, রাসায়নিক দ্রব্যের পরিমাণ, সংরক্ষণের তারিখ ইত্যাদি লিপিবদ্ধ করতে হবে। রাসায়নিক বস্তুর তালিকা বা রেকর্ড খাতায় নাম বিন্যাসের ক্ষেত্রে ইংরেজি নামের বর্ণমালা অনুসরণ না করে রাসায়নিক বস্তুর ধর্মকে গুরুত্ব দিয়ে সাজাতে হবে। এসিড, ক্ষার, জারক পদার্থ, বিজারক পদার্থ, দাহ্য পদার্থ ইত্যাদিকে পৃথকভাবে বিন্যাস করতে হবে। মূল কথা MSDS অনুসরণ করে রাসায়নিক দ্রব্যকে ল্যাবরেটরিতে সংরক্ষণ করতে হবে।

উদ্দীপকের রাসায়নিক পদার্থের সংরক্ষণ পদ্ধতি হবে নিম্নরূপ :

(i) গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিড : রাসায়নিকভাবে গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিড হলো একটি প্রবল ক্ষয়কারী, পানি-শোষণকারী ও জারণধর্মী সবল এসিড। গাঢ়  $H_2SO_4$  এর হ্যাজার্ড প্রতীক হলো 'C' (corrosive)।

সংরক্ষণ : ক্ষয়কারী গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিডের বোতলকে শেলফের নিচের তাকে এসিডরোধী কাচ বা প্লাস্টিকের স্ল্যাব (slab) এর ওপর অথবা এসিড ক্যাবিনেটে সংরক্ষণ করতে হবে। কাঠের তৈরি আলমারির কাঠের তত্ত্বার ওপর গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিডের বোতল রাখা যাবে না। ব্যবহারকালে গাঢ়  $H_2SO_4$  এসিড বোতল থেকে কোনোভাবে কাঠের ওপর পড়লে কাঠকে ক্ষয় করে; তা পোড়া কাঠের মতো কালো হয়ে পড়ে। কারণ গাঢ়  $H_2SO_4$  পানি-শোষণকারী পদার্থ। কাঠের সেলুলোজের অগু থেকে পানি শোষণ করে কালো কার্বন গুঁড়া তৈরি করে।



সতর্কতা : ব্যবহারের সময় চোখে নিরাপত্ত চশমা, মুখে মাস্ক ও হ্যান্ড গ্লাভস পরতে হবে। কারণ গাঢ়  $H_2SO_4$  ত্বকে severe burn অর্থাৎ ফোকাসহ ক্ষত সৃষ্টি করে থাকে।

(ii) গাঢ়  $\text{NH}_4\text{OH}$  বা লিকার অ্যামোনিয়া : এটি হলো তৃক ক্ষয়কারী গাঢ় ক্ষার দ্রবণ এবং পরিবেশের জন্য স্ফতিকর। এটি পানিতে মিশলে জলজ প্রাণী মারা যায়। তাই এটির হ্যাজার্ড প্রতীক হলো ( $C + N$ ) অর্থাৎ Corrosive এবং Environmentally toxic. লিকার অ্যামোনিয়ার বোতলের মুখ খুললে মারাত্মক বাঁৰালো গন্ধযুক্ত  $\text{NH}_3$  গ্যাস বের হয়, যা শ্বাসনালি ও ফুসফুসে প্রদাহ সৃষ্টি করতে পারে।

সংরক্ষণ : সংরক্ষণের বেলায়, ক্ষারধর্মী লিকার অ্যামোনিয়ার বোতলকে এসিডের বোতল থেকে দূরে আলাদা স্থানে শেলফের নিচের তাকে প্লাস্টিকের স্বার্যের ওপর রাখতে হবে।

সতর্কতা : ব্যবহারের সময় নিরাপদ চশমা, মাস্ক ও হাতে গ্লাভস পরা প্রয়োজন।

(iii)  $\text{LiAlH}_4$  : রাসায়নিকভাবে লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড ( $\text{LiAlH}_4$ ) হলো দাহ্য কঠিন বিজ্ঞারক পদার্থ। পানির সংশ্পর্শে প্রবল তাপোৎপাদনী বিক্রিয়াসহ  $\text{H}_2$  গ্যাস,  $\text{LiOH}$ ,  $\text{Al(OH)}_3$  উৎপন্ন হয়। তখন উজ্জ্বল আলো দেখা যায়।

তাই এটির হ্যাজার্ড সিস্বল হলো আগনের শিখা। প্রতীক হলো ‘F’।

সংরক্ষণ : সংরক্ষণের বেলায়,  $\text{LiAlH}_4$  এর বোতল বা প্যাকেটকে আগন ও তাপ থেকে দূরে রাখতে হবে।

সতর্কতা : ব্যবহারের সময় মাস্ক, নিরাপদ চশমা ও হ্যান্ড গ্লাভস পরা দরকার হয়।

(iv)  $\text{KMnO}_4$  : রাসায়নিকভাবে পটাসিয়াম পারম্যাঞ্চানেট ( $\text{KMnO}_4$ ) হলো একটি তীব্র জারক পদার্থ। তুকের সংশ্পর্শে ক্ষতের সৃষ্টি করে, চোখ নষ্ট করে ও বিষক্রিয়াযুক্ত।  $\text{KMnO}_4$  এর হ্যাজার্ড সিস্বল হলো [O] যা দ্বারা জারক পদার্থের ও স্বাস্থ্য ঝুঁকির কথা বোঝায়।

সংরক্ষণ : দাহ্য ও বিজ্ঞারক পদার্থ থেকে দূরে পৃথকভাবে শুক স্থানে  $\text{KMnO}_4$  সংরক্ষণ করতে হবে।

সতর্কতা : ব্যবহারের সময় মাস্ক, হ্যান্ড গ্লাভস ও নিরাপদ চশমা ব্যবহার করতে হবে।

সমাধান : (খ) উদ্বীপকের ঘোগসমূহের অপরিমিত ব্যবহার এবং মানব স্বাস্থ্য ও পরিবেশের ওপর প্রভাব :

(i) গাঢ়  $\text{H}_2\text{SO}_4$  : মানব স্বাস্থ্যের ওপর প্রভাব :  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এসিড একটি মারাত্মক ক্ষয়কারী, তীব্র জারক ও তীব্র-নিরুদ্ধক। এ এসিড বাষ্প চোখ, মুখ, শ্বাসনালিতে সংক্রমণ ও তুকের প্রদাহ সৃষ্টি করে। এমনকি ফুসফুসও আক্রান্ত হয়। তুকের সংশ্পর্শে ক্ষত সৃষ্টি করে।

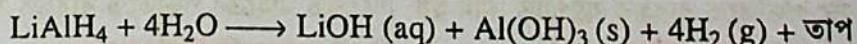
পরিবেশের ওপর প্রভাব :  $\text{H}_2\text{SO}_4$  মাটিতে ও পানিতে মিশলে pH মানের দ্রুত হ্রাস ঘটে। জলজ প্রাণী ও উদ্ভিদের ইকোসিস্টেমের বিপর্যয় ঘটে। মাটির অণুজীবকে ধ্রংস করে। ফলে এ মাটিতে আর উদ্ভিদ জন্মাতে পারে না।

(ii) গাঢ়  $\text{NH}_4\text{OH}$  : মানব স্বাস্থ্যের ওপর প্রভাব : গাঢ়  $\text{NH}_4\text{OH}$  অর্থাৎ লিকার অ্যামোনিয়ার বোতলের মুখ খোলার সময় বাঁৰালো গন্ধযুক্ত  $\text{NH}_3$  গ্যাস শ্বাসের সাথে প্রবেশ করলে মারাত্মক শ্বাসকষ্ট, গলা ও শ্বাসনালিতে ক্ষতের সৃষ্টি হয়। চোখ জুলাপোড়া করে এবং মুহূর্তের মধ্যে চোখ রক্তবর্ণ ধারণ করে। তবে সর্দি কাশিতে মৃদু  $\text{NH}_3$  গ্যাস নাকের পানি বাড়া বন্ধ করে।

পরিবেশের ওপর প্রভাব : এটি জলাশয়ের পানিতে দ্রবীভূত হলে পানির pH বৃদ্ধি করে; মাছসহ অন্যান্য জলজ প্রাণীদের মুহূর্তের মধ্যে মৃত্যু ঘটে। অ্যামোনিয়া দ্রবীভূত পানি পান করলে পশুরও মৃত্যু ঘটে।  $\text{NH}_3$  গ্যাস বায়ুতে মিশে গেলে গাছপালা ঝলসে যায়, পাথিরা মরে যায়, মানুষ শ্বাসকষ্টে ভোগে, এমনকি মৃত্যুও হতে পারে।

(iii)  $\text{LiAlH}_4$  : মানব স্বাস্থ্যের ওপর প্রভাব : লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড স্বত্ত্বার সংশ্পর্শে তৃক, চোখ ও শ্বাসযন্ত্রের জুলাপোড়া সৃষ্টি হয় (irritate); এমনকি চোখের ও তুকের মারাত্মক burn ঘটে। কাশি ও বমি হয়ে থাকে।

পরিবেশের ওপর প্রভাব : পানির সংশ্পর্শে  $\text{LiAlH}_4$  প্রবল তাপোৎপাদনী বিক্রিয়ায় উৎপন্ন  $\text{H}_2$  গ্যাসে আগন ধরে যায়। এছাড়া উৎপন্ন ক্ষার  $\text{LiOH}$  ও  $\text{Al(OH)}_3$  মাটির ও পানির pH মান বৃদ্ধি করে।



ফলে মাটি ক্ষারধর্মী হয় এবং পানিতে মাছ মরে যায়।

(iv)  $KMnO_4$  : মানব স্বাস্থ্যের ওপর প্রভাব : রাসায়নিকভাবে  $KMnO_4$  হলো একটি তীব্র জারক, ক্ষয়কারক বিষাক্ত উপাদান। এটির গাঢ় দ্রবণ ত্বকের সংশ্লেষণে ক্ষতের সৃষ্টি করে। চোখ নষ্ট করে। পেটে গেলে ডায়রিয়া হয়; এমনকি এর দ্বারা কিডনি সম্পূর্ণ নষ্ট হতে পারে।

পরিবেশের ওপর প্রভাব :  $KMnO_4$  এর গাঢ় জলীয় দ্রবণ পরিবেশের পানিতে মিশলে পানির DO মারাঞ্চকভাবে হ্রাস পায়। ফলে মাছসহ অন্যান্য জলজ প্রাণীর বেঁচে থাকা কষ্টকর হয়।  $KMnO_4$  মাটির অণুবীজ ধ্রংস করে, ফলে মাটির উর্বরা শক্তিহ্রাস পায়।

মতামত : উপরোক্ত আলোচনা হতে সুস্পষ্ট হলো যে, উদ্বিগ্নিভিত্তিক রাসায়নিক পদার্থসমূহের অপরিমিত ব্যবহার মানব স্বাস্থ্য ও পরিবেশের ওপর ক্ষতিকর অবস্থা বা হৃৎকি সৃষ্টি করে থাকে।

## ১.১২ সেমিমাইক্রো ও মাইক্রো অ্যানালিটিক্যাল পদ্ধতি

### Semi-micro Analytical & Micro Analytical Methods

অজেব ও জৈব পদার্থের শুণগত বিশ্লেষণে নমুনার বিভিন্ন পরিমাণ ব্যবহার করে পরীক্ষা কাজ সম্পন্ন করা যায়। ব্যবহৃত নমুনার পরিমাণের ওপর ভিত্তি করে শুণগত বিশ্লেষণকে তিনি শ্রেণিতে ভাগ করা হয় :

- ১. ম্যাক্রো বিশ্লেষণ (Macro analysis)
- ২. সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণ (Semi-micro analysis)
- ৩. মাইক্রো বিশ্লেষণ (Micro analysis)

**MCQ-1.5 :** কোন ল্যাবরেটরি  
বিকারকটি ক্ষয়কারক?  
(ক)  $Na_2CO_3$       (খ)  $H_2SO_4$  (conc.)  
(গ)  $NaCl$       (ঘ)  $Na_2S_2O_3$

(১) ম্যাক্রো বিশ্লেষণে এক একটি পরীক্ষায় নমুনা পদার্থের প্রায় 0.5 g থেকে 2.0 g কঠিন পদার্থ 20–30 mL দ্রবণ তৈরিতে ব্যবহৃত হয়। এতে দ্রবণসমূহের গড় আয়তন 25 mL থাকে। বর্তমানে আমাদের দেশে প্রায় সব উচ্চ মাধ্যমিক কলেজে এ পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়ে আসছে। এতে রাসায়নিক পদার্থের অপচয় ও পরিবেশে দূষণ ঘটছে।

(২) সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণে এক একটি পরীক্ষায় নমুনা পদার্থের প্রায় 0.05 g থেকে 0.2 g অর্থাৎ 50 mg থেকে 200 mg কঠিন পদার্থ ব্যবহৃত হয়। দ্রবণের পরিমাণ 2 mL—4 mL হয়।

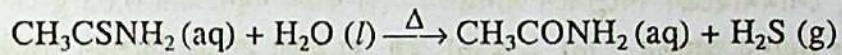
(৩) মাইক্রো বিশ্লেষণে এক একটি পরীক্ষায় নমুনা পদার্থের পরিমাণ 5 mg থেকে 20 mg বা তার কমও হতে পারে। দ্রবণের আয়তন 0.2 mL থেকে 1.0 mL করা হয়।

এসব পদ্ধতিতে মৌলিক কোনো পার্থক্য নেই। প্রধানত ব্যবহৃত নমুনার পরিমাণে পার্থক্য থাকে। এ কারণে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতিতেও পার্থক্য থাকে। ব্যবহৃত নমুনা পদার্থের পরিমাণের ওপর ভিত্তি করে সেমি মাইক্রো পদ্ধতিকে সেন্টি-গ্রাম বিশ্লেষণ পদ্ধতি এবং মাইক্রো পদ্ধতিকে মিলি-গ্রাম বিশ্লেষণ পদ্ধতিও বলা হয়।

(ক) সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণ : ম্যাক্রো ও সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে কিছু কিছু বিকল্প বিকারক ব্যবহৃত হয়। যেমন কপার লবণ ও জিংক লবণ-এর ক্ষারকীয় মূলক শনাক্তকরণে কিপ্যুট থেকে  $H_2S$  গ্যাস ব্যবহৃত হয় ম্যাক্রো পদ্ধতিতে। সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে কিপ্যুটে প্রতৃত করা  $H_2S$  এর পরিবর্তে থায়োআস্ট্যামাইড ( $CH_3CSNH_2$ ) ব্যবহৃত হয়। এটি দ্রবণের পানির সাথে বিক্রিয়া করে অল্প পরিমাণে  $H_2S$  উৎপন্ন করে।

সেমিমাইক্রো ও মাইক্রো পদ্ধতিতে খুব অল্প বস্তু ব্যবহৃত হয় বলে বিভিন্ন ভৌত প্রক্রিয়া যেমন পৃথকীকরণ, ধোতকরণ প্রভৃতি দ্রুত সম্পন্ন হয়। এতে সময় কম লাগে। বিকারক কম ব্যবহৃত হওয়ায়, খরচও কম; এতে পরিবেশের ওপর প্রভাবও কম পড়ে। তবে এ সব পদ্ধতিতে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি দামি হয়; বিশেষত মাইক্রো পদ্ধতিতে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতির দাম বেশি। বর্তমানে বিভিন্ন দেশে জৈব, অজেব ও সাধারণ ভৌত রসায়নে সেমিমাইক্রো পদ্ধতির প্রসার লাভ করছে।

**সেমিমাইক্রো পদ্ধতি ব্যবহারের সুফল :** (১) সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে কম পরিমাণ বিকারকসমূহ প্রয়োজন হয়। বিকারকসমূহের দাম খুব বেশি। সুতরাং এ পদ্ধতি ব্যবহারে শিক্ষা প্রতিষ্ঠানসমূহের অনেক টাকা সাধারণ হবে; যার ফলে অধিক সংখ্যক পিরিয়ডে ছাত্র-ছাত্রীদের ব্যবহারিক ক্লাস নেয়া সম্ভব হবে। (২) এছাড়া এ পদ্ধতিতে পরীক্ষণ কাজ কম সময়ে শেষ হয়। (৩) সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে বিকারক হিসেবে সরাসরি বিষাক্ত  $H_2S$  গ্যাস ব্যবহার না করে এর পরিবর্তে থায়ো অ্যাসিট্যামাইড ( $CH_3CSNH_2$ ) পরীক্ষাধীন দ্রবণে ব্যবহৃত হয়। এটি গরম পানির সাথে বিক্রিয়া করে দ্রবণে  $H_2S$  উৎপন্ন করে; যার প্রায় সম্পূর্ণ অংশ দ্রবণে থেকে যায় বা বিক্রিয়া করে। ফলে আবহাওয়া  $H_2S$  দ্বারা দূষিত হয় না।



এ বিক্রিয়াটি কক্ষতাপমাত্রায় ধীরে ধীরে সম্পন্ন হয়; তাই দ্রবণটিকে ব্যবহারের সময় উত্তপ্ত করতে হয়। এর ফলে কিপস্ যন্ত্রে তৈরি  $H_2S$  গ্যাসে ল্যাবরেটরিতে যে দুর্গন্ধি ছড়ায় তা থেকে মুক্তি পাওয়া সম্ভব। এ সব কারণে বর্তমানে সকল উচ্চ মাধ্যমিক কলেজে সেমিমাইক্রো অ্যানালিটিক্যাল পদ্ধতিতে পরীক্ষণ কাজ সম্পাদনের সুপারিশ করা হচ্ছে।

**(খ) মাইক্রো অ্যানালিটিক্যাল পদ্ধতি :** মাইক্রো পদ্ধতি সবচেয়ে আধুনিক; তবে এতে বিশেষ ধরনের দামি যন্ত্রপাতি প্রয়োজন হয়। মাইক্রো পদ্ধতিতে ব্যবহৃত কাচ সামগ্রীর যথাযথ ডিজাইন করে রূপান্তর করা হয়। এর উদ্দেশ্য হলো, কম বর্জ্য, কম রাসায়নিক পদার্থের ব্যবহার ও কম দূষণ।

**মাইক্রো পদ্ধতির যন্ত্রপাতি :** মাইক্রো বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ব্যবহৃত কাচ ও প্লাষ্টিকের যন্ত্রপাতির মধ্যে মাইক্রো কনিকেল ফ্লাস্ক, মাইক্রো বিকার, মাইক্রো প্লাটিনাম ক্রুসিবল, মাইক্রো প্লাটিনাম স্প্যাচুলা, ইলেক্ট্রনিক ডিজিটাল ব্যালেন্স, ক্যাপিলারি গলনাঙ্ক নির্ণয় যন্ত্র ইত্যাদি রয়েছে।

এছাড়া মাইক্রো পদ্ধতিতে যৌগের পৃথকীকরণ, পরিমাণগত বিশ্লেষণ ও গাঠনিক কাঠামো নির্ণয়ে ব্যবহৃত উচ্চ ক্ষমতাসম্পন্ন যন্ত্রপাতি হলো :

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| (১) ক্রোমাটোগ্রাফিতে         | : HPLC (high performance liquid chromatography), GPLC<br>(gel permeation liquid chromatography) |
| (২) স্পেকট্রোমেট্রিতে        | : IR, UV-Vis, NMR, Fluorescence, Mass Spectrum.   |
| (৩) থার্মো অ্যানালাইসিসে     | : DSC (differential scanning calorimeter).  |
| (৪) পারমাণবিক শোষণ বর্ণালিতে | : AAS (atomic absorption spectroscopy)  |
| (৫) X-ray-ব্যতিচার যন্ত্র    | : X-ray diffraction.  |

এসব উচ্চ ক্ষমতাসম্পন্ন যন্ত্রপাতিতে ম্যাক্রো পদ্ধতির তুলনায় ব্যবহৃত নমুনার পরিমাণ 10—100 ভাগ কম হয়। যেমন জৈব যৌগের গাঠনিক কাঠামো নির্ণয় পরীক্ষাসমূহ IR, NMR, UV-Vis ইত্যাদিতে 1 mL এর কম নমুনা ব্যবহৃত হয়। তবে এসব পদ্ধতিতে নমুনার ওজন ও আয়তন পরিমাপ দক্ষতার ওপর নির্ভর করে।

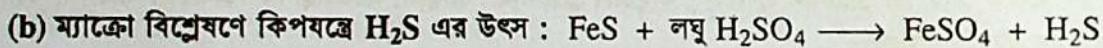
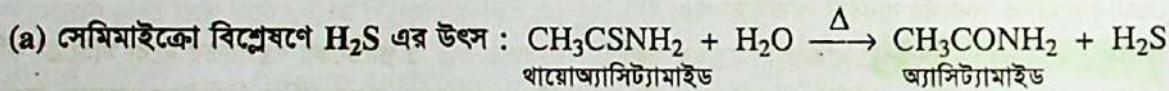
তাই বাংলাদেশের সব সাধারণ স্কুল-কলেজে এ পদ্ধতি অবলম্বন করা সম্ভব নয়। এ পদ্ধতি বিশ্ববিদ্যালয়ে উচ্চতর শ্রেণিতে ব্যবহৃত হয়।

- সমাধানকৃত সমস্যা-১.৭ :** পদার্থের শুণগত বিশ্লেষণভিত্তিক :
- (১) ম্যাক্রো-বিশ্লেষণ পদ্ধতি হলো পরিবেশ দূষণের সহায়ক; ব্যাখ্যা কর।
  - (২) সেমিমাইক্রো-বিশ্লেষণ পদ্ধতি একটি পরিবেশবান্ধব পদ্ধতি; ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০১৯]

**সমাধান :** অজৈব ও জৈবের পদার্থের বিশ্লেষণ কাজে বহু বছর যাবৎ ম্যাক্রো-বিশ্লেষণ পদ্ধতি স্কুল-কলেজে ব্যবহৃত হয়ে আসছে। বর্তমানে সব উচ্চ মাধ্যমিক কলেজে ম্যাক্রো বিশ্লেষণ পদ্ধতির পরিবর্তে সেমিমাইক্রো পদ্ধতিকে সিলেবাস বা পাঠ্যসূচির অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে। সেমিমাইক্রো-পদ্ধতিকে তুলনামূলকভাবে পরিবেশবান্ধব গণ্য করা হয়। এর কারণ নিম্নরূপ :

(১) ম্যাক্রো বিশ্লেষণে ব্যবহৃত— (i) কঠিন নয়না প্রায় 0.5 g থেকে 2.0 g এবং দ্রবণের আয়তন 20 mL থেকে 30 mL হয়। (ii) এক্ষেত্রে ব্যবহৃত বিকারকের পরিমাণও বেশি হয়। (iii) বিশ্লেষণ কাজের পর এ সব রাসায়নিক পদার্থের বর্জ্য পানি ও মাটিতে মিশে উভয় ক্ষেত্রে স্থাভাবিক pH মানের ক্ষতিকর পরিবর্তন ঘটায় এবং পানি ও মাটিকে প্রাণিকুলের জন্য বিষাক্ত করে তোলে। (iv) এছাড়া এক্ষেত্রে ব্যবহৃত গ্যাসীয় বিকারক যেমন  $\text{Cl}_2$  গ্যাস এবং কিপযন্ত্রে প্রস্তুত দুর্গন্ধি  $\text{H}_2\text{S}$  গ্যাস বায়ুতে মিশে বায়ুকে দূষিত করে। তাই ম্যাক্রো-বিশ্লেষণ পদ্ধতি হলো পরিবেশ দূষণের সহায়ক।

(২) অপরদিকে, সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণে ব্যবহৃত— (i) কঠিন নয়না প্রায় 0.05 g থেকে 0.2 g বা, 50 mg থেকে 200 mg এবং দ্রবণের আয়তন 2 mL – 4 mL হয়; যা হলো ম্যাক্রো বিশ্লেষণ পদ্ধতির এক-দশমাংশ। (ii) এক্ষেত্রে ব্যবহৃত বিকারকের পরিমাণও তুলনামূলকভাবে এক-দশমাংশ হয়। (iii) ম্যাক্রো পদ্ধতিতে কিপযন্ত্রে  $\text{FeS}$  টুকরা ও লঘু  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর বিক্রিয়ায় প্রস্তুত করা বায়ুদূষক বিষাক্ত ও দুর্গন্ধি যুক্ত  $\text{H}_2\text{S}$  গ্যাস সরাসরি অতি মাত্রায় ব্যবহৃত হয়। কিন্তু সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে এর পরিবর্তে থায়োঅ্যাসিট্যামাইড ( $\text{CH}_3\text{CSNH}_2$ ) দানা পরীক্ষাধীন দ্রবণে ব্যবহৃত হয়। এটি গরম দ্রবণে পানির সাথে বিক্রিয়া করে ধীরে  $\text{H}_2\text{S}$  উৎপন্ন করে; যা অপর বিক্রিয়কের সাথে সম্পূর্ণ বিক্রিয়া করে বা দ্রবণে থাকে। ফলে এক্ষেত্রে  $\text{H}_2\text{S}$  দ্বারা বায়ু মোটেই দূষিত হয় না।



(iv) সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে ব্যবহৃত রাসায়নিক পদার্থের বর্জ্য খুব কম হওয়ায় তা পরিবেশ দূষণ ঘটাতে পারে না। এছাড়া সৃষ্টি বর্জ্যকে বিশেষ বর্জ্য-ব্যবস্থাপনায় সংরক্ষণ ও নষ্ট করা হয়।

এসব কারণে ‘সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণ পদ্ধতি পরিবেশবান্ধব’ পদ্ধতিকে গণ্য করা হয়।

### ১.১২.১ সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি

#### Apparatus Used in Semimicro Method

সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে নিম্নোক্ত যন্ত্রপাতি ও কৌশলসমূহ ব্যবহৃত হয় :

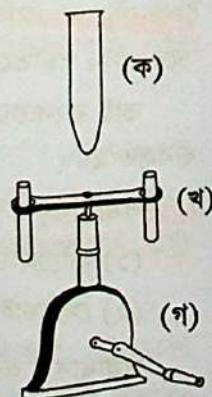
**MCQ-1.6:** সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে ব্যবহৃত নয়নার পরিমাণ কোনটি নয়?

- |            |            |
|------------|------------|
| (ক) 60 mg  | (খ) 160 mg |
| (গ) 200 mg | (ঘ) 250 mg |

(১) সেমিমাইক্রো টেস্টটিউব (Semi Micro test tube) : সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণের জন্য 4 mL আয়তনের (75 mm × 10 mm) বা 8 mL আয়তনের (100 mm × 12 mL) পাইরেক্স টেস্টটিউব ব্যবহার করা হয়। [চিত্র-(ক)]

(২) সেন্ট্রিফিউজ টিউব (Centrifuge tube) : কোনো অধঃক্ষেপকে এর শেষ দ্রবণ হতে Centrifugation দ্বারা আলাদাকরণের জন্য 3 সিসি আয়তনের (76 mm × 11 mm) ক্রমশ সরু তলাবিশিষ্ট (Tapered bottom) টেস্টটিউব ব্যবহার করা সুবিধাজনক। [চিত্র-(খ)]

(৩) সেন্ট্রিফিউজ যন্ত্র (Centrifuge Machine) : সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে হস্ত এবং বিদ্যুৎ চালিত দুই ধরনের সেন্ট্রিফিউজ যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। কেন্দ্রাতিগ বল (Centrifugal force) প্রয়োগ করে এটি দ্বারা অধঃক্ষেপকে তার শেষ দ্রবণ হতে আলাদা করা যায়। পরীক্ষণীয় বস্তুসহ টেস্টটিউব একদিকের বাকেটে (bucket) এবং একই আয়তনের আর একটি টেস্টটিউবে পরীক্ষণীয় বস্তুর সমওজনের পানি নিয়ে একে অপর দিকের Bucket-এ রেখে সেন্ট্রিফিউজ যন্ত্রকে হ্যান্ডেলের সাহায্যে ঘুরাতে হয়। কিছুক্ষণ ঘুরানোর পর সম্পূর্ণ অধঃক্ষেপই টেস্টটিউবের তলায় জমা হয়। ফিল্টার কাগজের সাহায্যে ছাঁকন প্রণালির পরিবর্তে সেন্ট্রিফিউজ দ্বারা একইভাবে অধঃক্ষেপকে এর শেষ দ্রবণ হতে অতি সহজে এবং খুব অল্প সময়ে আলাদা করা যায় [চিত্র-(গ)]। সেন্ট্রিফিউজ টেস্টটিউব 3 mL ধারণ ক্ষমতার হয়।



(৪) ড্রপিং টিউব (Dropping tube) : 5 mm ব্যাসের 20 cm দীর্ঘ একটি কাচ নলের নিচের অংশকে তাপ প্রয়োগে নরম করে টেনে সরু করা হয় এবং ঠাণ্ডা হলে সরু অংশের সুবিধামতো স্থানে কেটে তাকে ড্রপিং টিউব নল হিসেবে ব্যবহার করা যায়।

(৫) বিকারক ড্রপার (Reagent dropper) : বিকারক নেয়ার জন্য বিভিন্ন আকারের (size) যেমন 0.2 mL – 1.0 mL ধারণ ক্ষমতার বিকারক ড্রপার (Reagent dropper) ব্যবহার করা হয়। এরপ ড্রপারের সাহায্যে বিকারক বোতল থেকে বিকারকের দ্রবণ বা তরল বিকারককে পরীক্ষণীয় বস্তুতে স্থানান্তর করা হয়। [চিত্র-(ঘ)]

(৬) বিকারক বোতল (Reagent bottles) : সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে 30 mL বা, 60 mL অথবা কখনো কখনো 125 mL আয়তনের বিন্দুপাতী নলযুক্ত বিকারক বোতল বা, ড্রপিং বিকারক বোতল (Dropping reagent bottle) ব্যবহার করা যায়। এ পদ্ধতি খুবই সুবিধাজনক। [চিত্র-(ঙ)]

(৭) স্প্যাচুলা (Spatula) : কঠিন বিকারক বা অধঃক্ষেপ স্থানান্তরের জন্য সাধারণত 10 cm – 12 cm লম্বা ক্ষুদ্রাকৃতির নিকেলের তৈরি স্প্যাচুলা (spatula) ব্যবহার করা হয়। [চিত্র-(চ)]

(৮) ক্যাপিলারি ড্রপার (Capillary dropper) : এরপ ক্যাপিলারি ড্রপারে 5 mm ব্যাসের 8 cm দীর্ঘ কাচ নলের শেষ প্রান্তে 10 cm দৈর্ঘ্যের সরু ক্যাপিলারি নল থাকে। এসব ড্রপার ব্যবহারের ক্ষেত্রে বিকারক অনুসারে 1 mL বিকারক কত ড্রপ সৃষ্টি করে সে অনুসারে তা ক্যালিব্রেশন বা দাগ কাটা থাকে। তরলের ঘনত্ব ও পৃষ্ঠাতন (surface tension) অনুসারে প্রতি mL আয়তনে ড্রপের সংখ্যা ভিন্ন হয়। যেমন এরপ স্ট্যাভার্ড ক্যাপিলারি ড্রপারে প্রতি mL পাতিত পানি 20 drop, প্রতি mL গাঢ় HCl এসিডে 23 – 24 drop, প্রতি mL গাঢ় HNO<sub>3</sub> এসিডে 36 – 37 drop, প্রতি mL গাঢ় H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> এসিডে 36 – 37 drop ধরা হয়।

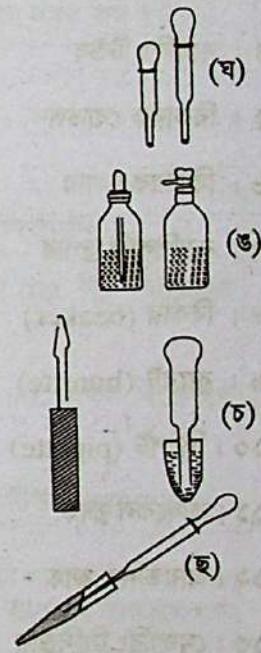
(৯) দ্রবণ স্থানান্তর (Transfer of solutions) : সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে ক্যাপিলারি ড্রপার-এর সাহায্যে এক সেক্স্ট্রিফিউজ টিউব হতে অন্য টেস্টটিউবে দ্রবণ বা অমিশ্রণীয় দুটি তরলের সমাবেশ থেকে ওপরের তরলটিকে অর্থাৎ সুপারন্যাটেন্ট তরল (supernatent liquid)-কে সহজেই স্থানান্তর করা হয়। [চিত্র-(ছ)]

(১০) পানিগাহ (Water bath) : সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণের জন্য একটি 250 mL বিকারে অর্ধেকের বেশি পানি নিয়ে তা ফুটিয়ে পানিগাহ (water bath) তৈরি করা হয়। এরপ পানিগাহের ফুটত্ত পানিতে দ্রবণসহ টেস্টটিউবকে প্রায় অর্ধেক পর্যন্ত ডুবিয়ে রেখে তাপ দেয়া যায়।

(১১) বাষ্পীভবন (Evaporation) : দ্রবণসহ কোনো সেমিমাইক্রো বা ছোট টেস্টটিউবকে বুনসেন দীপে ঘুরিয়ে বা পানিগাহের ফুটত্ত পানিতে টেস্টটিউবের প্রায় অর্ধেকটা ডুবিয়ে দ্রবণের বাষ্পীভবন (Evaporation) দ্বারা তার আয়তন কমানো যায় বা অবশেষকে (Residue) শুক করা যায়।

(১২) H<sub>2</sub>S এর বিকল্প : সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে অজৈব লবণের গুণগত বিশ্লেষণে H<sub>2</sub>S গ্যাসের পরিবর্তে থায়ো অ্যাসিট্যামাইড ব্যবহৃত হয়। এটি গরম পানির সাথে বিক্রিয়া করে দ্রবণে H<sub>2</sub>S উৎপন্ন করে, এর সম্পূর্ণ অংশ দ্রবণে থেকে যায় বা বিক্রিয়া করে। ফলে, পরিবেশ দূর্বিত হয় না।  $\text{CH}_3\text{CSNH}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CH}_3\text{CONH}_2 + \text{H}_2\text{S}$

এ বিক্রিয়া সাধারণ তাপমাত্রায় খুব ধীরগতিতে সম্পন্ন হয় বলে ব্যবহারের সময় দ্রবণকে উত্তপ্ত করতে হয়।



এক নজরে জেনে নাও : সেমিমাইক্রো ও সাধারণ ম্যাক্রো পদ্ধতিতে ব্যবহৃত কাচ যন্ত্রের ধারণ ক্ষমতা :

কাচ যন্ত্র	সেমিমাইক্রো পদ্ধতি	সাধারণ ম্যাক্রো পদ্ধতি
১। টেস্টিউব	১। ৪ mL	১। 10 mL – 20 mL
২। সেন্ট্রিফিউজ টিউব	২। ৩ mL	২। 15 mL – 50 mL
৩। ড্রপিং টিউব	৩। ৫ mm ব্যাসের 20 cm দৈর্ঘ্য	৩। –
৪। বয়েলিং টিউব	৪। ২৫ mL	৪। –
৫। বিকারক বোতল	৫। ৩০ mL, ৬০ mL	৫। 250 mL (সাধারণত)
৬। বিকারক ড্রপার	৬। ০.২ mL – ১.০ mL	৬। –
৭। ক্যাপিলারি ড্রপার	৭। প্রতি mL পানি = ২০ ড্রপ	৭। –
৮। বিকার (beaker)	৮। ৫০ mL	৮। 100 mL – 500 mL
৯। বুরেট (burette)	৯। ২৫ mL	৯। ৫০ mL (সাধারণত)
১০। পিপেট (pipette)	১০। ২ mL, ৫ mL	১০। ১০ mL, ২০ mL (সাধারণত)
১১। কনিকেল ফ্লাক্স	১১। ১০ mL, ১৫ mL	১১। 100 mL – 1000 mL (সাধারণত)
১২। আয়তনিক ফ্লাক্স	১২। ১০ mL	১২। 100 mL – 1.০ L
১৩। মেজারিং সিলিভার	১৩। ৫ mL	১৩। ১০ mL – ১০০ mL (সাধারণত)
১৪। স্প্যাচুলা (spatula)	১৪। 10 cm – 12 cm দৈর্ঘ্য	১৪। 15 cm (সাধারণত)

## ১২.২ ম্যাক্রো ও সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণের মধ্যে তুলনা

Comparison between Macro and Semi Micro Analysis

পার্থক্যের বিষয়	ম্যাক্রো বিশ্লেষণ	সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণ
গৃহীত বস্তুর ভর :	১। ০.৫ g থেকে ২.০ g বস্তু ব্যবহৃত হয়।	১। ৫০ mg থেকে ২০০ mg বস্তু ব্যবহৃত হয়।
। দ্রবণের আয়তন :	২। ২০ mL – ৩০ mL দ্রবণ বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।	২। ২ mL – ৪ mL দ্রবণ বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।
। তরল পরিমাপ যন্ত্র :	৩। মেজারিং সিলিভার।	৩। সেমিমাইক্রো ক্যাপিলারি টিউব।
। ব্যবহৃত $H_2S$ এর উৎস :	৪। কিপযন্ত্রে $FeS$ ও লব্ধ $H_2SO_4$ থেকে উৎপন্ন ও জমা $H_2S$ ব্যবহৃত হয়।	৪। থায়ো অ্যাসিট্যামাইড ( $CH_3CSNH_2$ ) থেকে বিক্রিয়া পরিবেশে $H_2S$ উৎপন্ন ও ব্যবহৃত হয়।
	$FeS + \text{লব্ধ } H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2S$	

পার্থক্যের বিষয়	ম্যাক্রো বিশ্লেষণ	সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণ
৫। পরিবেশের ওপর প্রভাব :	৫। ম্যাক্রো পদ্ধতিতে বর্জ্য কেমিকেল বেশি হওয়ায় পরিবেশে অধিক ক্ষতিকর প্রভাব পড়ে।	৫। সেমিমাইক্রো পদ্ধতিতে বর্জ্য কেমিকেল কম এবং $H_2S$ এক্ষেত্রে বাতাসে মিশে না। তাই $H_2S$ দ্বারা পরিবেশ দূষণ ঘটে না।
৬। পরীক্ষাকালীন সময় :	৬। ম্যাক্রো বিশ্লেষণে সময় বেশি লাগে।	৬। সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণে সময় কম লাগে।

### ১.১২.৩ সেমিমাইক্রো ও মাইক্রো বিশ্লেষণের মধ্যে তুলনা

Comparison between Semimicro and Micro Analysis

পার্থক্যের বিষয়	সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণ	মাইক্রো বিশ্লেষণ
১। গৃহীত বস্তুর ভর :	১। ৫০ mg থেকে ২০০ mg বস্তু বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।	১। ৫ mg থেকে ২০ mg বস্তু বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।
২। দ্রবণের আয়তন :	২। ২ mL – ৪ mL দ্রবণ বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।	২। ০.২ mL – ১.০ mL দ্রবণ বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়।
৩। তরল পরিমাপ যন্ত্র :	৩। সেমিমাইক্রো কেপিলারি টিউব ব্যবহৃত হয়।	৩। মাইক্রো কেপিলারি টিউব ব্যবহৃত হয়।
৪। ব্যবহারের ক্ষেত্র :	৪। সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণে সাধারণভাবে যৌগের পৃথকীকরণ, পরিমাণগত বিশ্লেষণ ও গাঠনিক কাঠামো নির্ণয় করা হয়।	৪। মাইক্রো বিশ্লেষণ সাধারণ অধঃক্ষেপণ পদ্ধতিসহ বেয়ার ল্যাথার্ট সূত্রভিত্তিক উচ্চ ক্ষমতাসম্পন্ন ক্রোমাটোগ্রাফি ও স্পেকট্ৰোমেট্ৰিতে ব্যবহৃত হয়।
৫। পরিবেশের ওপর প্রভাব :	৫। সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে বর্জ্য কেমিকেল কম। তাই পরিবেশ দূষণ কম হয়।	৫। মাইক্রো বিশ্লেষণে বর্জ্য কেমিকেল নগণ্য। তাই পরিবেশ দূষণের মাত্রা নগণ্য।

শিক্ষার্থীর কাজ-১.১১ : ম্যাক্রো, সেমিমাইক্রো ও মাইক্রো পদ্ধতিভিত্তিক :

প্রশ্ন-১.১৫ : ম্যাক্রো ও সেমিমাইক্রো পদ্ধতির বিশ্লেষণের তুলনামূলক আলোচনা কর।

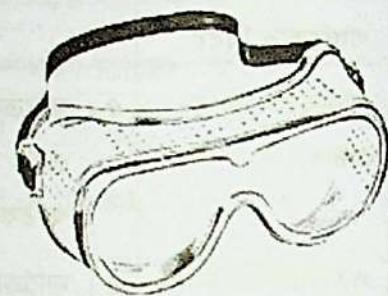
প্রশ্ন-১.১৬ : সেমিমাইক্রো ও মাইক্রো পদ্ধতির বিশ্লেষণের তুলনামূলক সুবিধা ও অসুবিধাসমূহ আলোচনা কর।

### ১.১৩ ল্যাবরেটরি নিরাপত্তা সামগ্রী ও ব্যবহার বিধি

Lab Safety Equipments & How to Use them

ল্যাবরেটরিতে একই সাথে অনেক সহপাঠী কাজ করে। কাজের সময় নিজের নিরাপত্তার সাথে সাথে অন্যান্য সহপাঠীদের নিরাপত্তার বিষয়টিতেও সমান গুরুত্ব দিতে হবে। দুর্ঘটনা রোধে করণীয় হলো পূর্ণ সতর্কতা ও পর্যাপ্ত নিরাপত্তা। আর নিরাপত্তার জন্য প্রয়োজন ল্যাবরেটরিতে পর্যাপ্ত নিরাপত্তা সামগ্রী ও তার ব্যবহার সম্পর্কে সঠিক জ্ঞান। ল্যাবরেটরিতে বেশকিছু নিরাপত্তা সামগ্রী থাকা একান্তভাবেই অপরিহার্য। যেমন—

১। নিরাপদ গ্লাস বা, **সেফটি গ্লাস বা গগলস্** : চোখ মানুষের অমূল্য সম্পদ। ল্যাবরেটরিতে বিভিন্ন রাসায়নিক উপাদানকে বার্নারে তাপ দেয়ার প্রয়োজন। এ সময় নিজের বা অন্যের অসাবধানতার কারণে বিভিন্ন ক্ষতিকারক রাসায়নিক উপাদান এমনকি তীব্র এসিড বা ক্ষার ছিটকে গিয়ে চোখে মুখে পড়তে পারে। এতে চোখ চিরদিনের জন্য অক্ষ হয়ে যেতে পারে। চোখে সেফটি গ্লাস বা গগলস্ থাকলে এরপ দুর্ঘটনার হাত থেকে অনেকটাই রক্ষা পাওয়া যায়।



চিত্র-১.২৫ : নিরাপদ গ্লাস

২। সেফটি গ্লাভস্ : ল্যাবরেটরিতে সেফটি গ্লাভস্ এর পর্যাণ সরবরাহ নিশ্চিত করতে হবে। অনেক রাসায়নিক উপাদান আছে যা শুধু বিষাক্তই নয় শরীরের জন্য দীর্ঘমেয়াদি ক্ষতিকারক। এসব উপাদানকে কোনো অবস্থাতেই খালি হাতে ব্যবহার করা উচিত নয়। পরীক্ষানল বা অন্য কোনো যন্ত্র উত্পন্ন করার সময় সেফটি গ্লাভস্ ব্যবহার করা উচিত। ভাঙা কাচের টুকরা, এসিডের বোতল বা ক্ষতিকর রাসায়নিক উপাদানের পাতকে হাতে **সেফটি গ্লাভস্** পরে ব্যবহার করতে হয়।

MAT:16-17



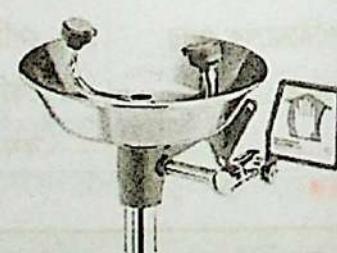
চিত্র-১.২৬ : হ্যানড গ্লাভস্

৩। পানির ঝরণা বা, সাওয়ার : কেমিস্ট্রি ল্যাবরেটরির প্রধান সুরক্ষা হলো পানি। পরীক্ষাগারে পর্যাণ পানির ব্যবস্থা এবং তা সরবরাহের ব্যবস্থা থাকতে হবে। এক্ষেত্রে ল্যাবরেটরিতে সুবিধাজনক স্থানে একাধিক পানির ঝরণা রাখা দরকার। শরীরের কোনো স্থানে এসিড পড়লে বা অন্য কোনো ক্ষতিকারক রাসায়নিক বস্তু চামড়ার ওপর পড়লে কালবিলম্ব না করে সাথে সাথে ঝরণার নিচে দাঁড়িয়ে চাবি খুলে দিয়ে পর্যাণ পানির প্রবাহে ধুয়ে ফেলতে হবে। পরিধেয় জামা কাপড়ে আগুন লাগলেও ঝরণার পানির নিচে দাঁড়িয়ে আগুন নেভানো যায়।



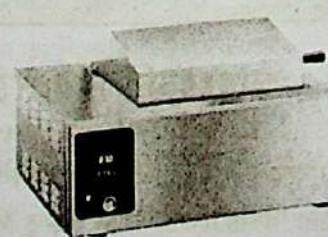
চিত্র-১.২৭ : পানির ঝরণা

৪। নিরাপত্তা সাওয়ার ও আই ওয়াস সাওয়ার (**Safety showers and eye wash showers**) : একটি আদর্শ মানের কেমিস্ট্রি ল্যাবরেটরিতে Eye/Facewash নিরাপত্তা সাওয়ার থাকা খুবই প্রয়োজন। চোখে বা মুখের কোনো অংশে এসিড, ক্ষয়কারক বা বিষাক্ত কোনো রাসায়নিক বস্তু ছিটকে পড়লে সাথে সাথে নিরাপত্তা সাওয়ার ব্যবহার করতে হবে। এভাবে আই ওয়াস সাওয়ারের সাহায্যে অনবরত পানি প্রবাহ চোখে মুখে দিতে হবে। এতে চোখের নরম টিস্যু ক্ষতি থেকে রক্ষা পায়।



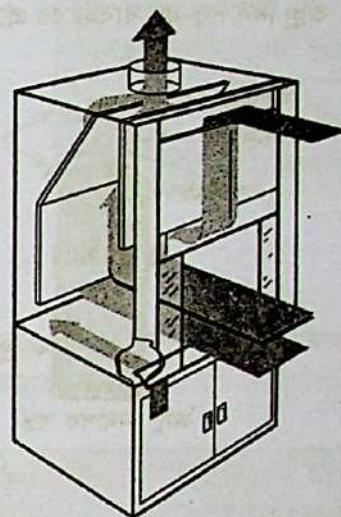
চিত্র-১.২৮ : আই ওয়াস সাওয়ার

৫। পানি গাহ (**Water Bath**) : পানি গাহ বা ওয়াটার বাথ হলো তাপ দেয়ার যন্ত্র, যার কনটেইনারটি উত্পন্ন পানি দ্বারা পূর্ণ থাকে। সাধারণত দীর্ঘসময় ধরে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটানোর জন্য এটি ব্যবহৃত হয়। প্রতিটি পানি গাহে তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণের পূর্ণ ব্যবস্থা থাকে। প্রত্যাশিত তাপমাত্রা সেট করার জন্য এটি ডিজিটাল বা এনালগ পদ্ধতির হতে পারে। সব ওয়াটার বাথের সর্বোচ্চ তাপমাত্রা  $99^{\circ}\text{C}$  পর্যন্ত হয়ে থাকে। যন্ত্রের গায়ে একটি নির্দেশক বাল্ব থাকে যার সাহায্যে পানির তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণ করা হয়ে থাকে।



চিত্র-১.২৯ : পানি গাহ

৬। ফিউম হড (Fume hoods) : কেমিস্ট্রি ল্যাবরেটরিতে পরীক্ষা-নিরীক্ষা করার সময় বিষাক্ত, ক্ষতিকর ও দুর্গন্ধ যুক্ত গ্যাস বা, ধোঁয়া (fume) উৎপন্ন হয়। এরপ পরীক্ষাগুলো ফিউম হডের মধ্যে সম্পন্ন করা হয়। ফিউম হডের সামনের দিকে কাচের স্লাইডিং দরজা থাকে, যাকে প্রয়োজনমতো ওপরে ওঠানো ও ওপর থেকে নিচে নামানো যায়। ফিউম হডের ওপরিভাগে থাকে একটা বায়ু নল। বায়ু নলের সম্মুখ ভাগে থাকে একটি শক্তিশালী পাখা। এ পাখার সাহায্যেই উৎপন্ন সব ভারী ও হালকা গ্যাসকে ল্যাবরেটরি থেকে বাইরে অপসারণ করে দেয়া হয়। ফিউম হডের বৈদ্যুতিক সুইচ অন করে একে সক্রিয় করা হয়। ফলে উৎপন্ন সব ধরনের বিষাক্ত গ্যাস, ধোঁয়া ও অদ্বাস্ত্রকর বায়ু ল্যাবরেটরি থেকে অপসারিত হয়। অতি গাঢ়  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$  ও  $HCl$  দ্রবণকে লঘু করার ক্ষেত্রে ফিউম হড ব্যবহার করাই শ্রেয়। লিকার অ্যামোনিয়াকে লঘু করার ক্ষেত্রেও ফিউম হড ব্যবহার করা উচিত। ফিউম হডের কাজ শেষ হলে বৈদ্যুতিক সুইচ বন্ধ করার পর সামনের গ্লাস টেনে নিচে নামিয়ে প্রবেশপথ বন্ধ করে দিতে হয়।



চিত্র-১.৩০ : ফিউম হড

### ১.১৩.১ ল্যাবরেটরিতে থাকা দাহ্য পদার্থের সতর্ক ব্যবহার Careful Use of Flammable Substances

ল্যাবরেটরিতে দাহ্য পদার্থকল্পে বিভিন্ন জৈব ঘোগ, অজৈব জারক পদার্থ যেমন থাকে; তেমনি বুনসেন বার্নারের প্রাকৃতিক গ্যাস সাপ্লাই লাইন অথবা Bottle গ্যাস যেমন L.P.G সিলিডারও থাকে। আবার পানির সংস্পর্শে বিক্রিয়ায় জুলে ওঠে এমন পদার্থ যেমন ধাতব সোডিয়াম, ধাতব হাইড্রাইড  $NaH$ ,  $LiAlH_4$  প্রভৃতি ল্যাবরেটরিতে থাকে। জৈব দ্রাবক যেমন-ডাইইথাইল ইথার, পেট্রোলিয়াম ইথার (বা, লাইট পেট্রোলিয়াম, যা  $35^{\circ}-60^{\circ}C$  স্ফুটনাক্রে পেন্টেন ও হেক্সেন মিশ্রণ), বেনজিন, মিথানল, ইথানল ও অ্যাসিটোন ইত্যাদি সরাসরি শিখায় উত্তপ্ত করতে নেই; কারণ তাতে আগুন ধরে যায়। উত্পন্ন করার জন্য সরাসরি শিখার পরিবর্তে এক্ষেত্রে পানিগাহ (water bath), প্যারাফিন বাথ (oil bath) বা তাপ-ম্যান্টল (heating mantle) ব্যবহার করা বাঞ্ছনীয়। পানি ছাড়া প্রায় সকল দ্রাবকই দাহ্য পদার্থ- সহজে আগুন ধরে যায়। দাহ্য পদার্থ বায়ুর সাথে মিশে বিস্ফোরণ ঘটায়। তাই অগ্নি থেকে দুর্ঘটনারোধে অপয়োজনীয় শিখা পরিহার করতে হবে। শিখা জুলাবার পূর্বে উদ্বায়ী দ্রাবকসমূহ নিরাপদ স্থানে রাখতে হবে।

সোডিয়াম ধাতুতে পানি লাগলে আগুন ধরে, তাই কাজ শেষে সোডিয়াম টুকরা কোনো সময় পানির সিঙ্কে না ফেলে তা কেরোসিন পাত্রে ডুবিয়ে রাখবে। লিথিয়াম অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রাইড ( $LiAlH_4$ ) পানির সাথে প্রচণ্ড গতিতে বিক্রিয়া করে এবং আগুন ধরতে পারে। তাই এদের কাছে পানি নেবে না।

<b>MCQ-1.7 :</b>	কোনটি শুক্রকারকরূপে কাজ করে?	(অ) অভিন্ন বোর্ড ২০১৮।
(ক) $N_2O_5$	(খ) $P_2O_5$	
(গ) $Cl_2O_5$	(ঘ) $V_2O_5$	

### ১.১৩.২ ল্যাবরেটরিতে অগ্নি-নিরোধ ব্যবস্থা Fire-Fighting Arrangement in Lab

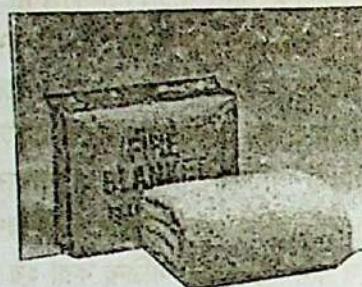
ল্যাবরেটরিতে অগ্নি-নির্বাপক ব্যবস্থা রাখতে হবে এবং Fire-Extinguisher রক্ষণ ও ব্যবহার পদ্ধতি সংশ্লিষ্ট সকলকেই জানতে হবে। এছাড়া বালির বালতি ও অগ্নি নির্বাপক কম্বল ল্যাবরেটরির কোণায় সংরক্ষিত রাখবে।

(১) অগ্নি নির্বাপক (Fire extinguishers) : প্রতিটি ল্যাবরেটরিতে অগ্নি নির্বাপক যন্ত্র দেয়ালে আটকানো থাকে। ল্যাবরেটরিতে কাজ করার আগে এর অবস্থান এবং ব্যবহার সম্পর্কে উভয় জ্ঞান থাকা আবশ্যিক। অগ্নি নির্বাপক যন্ত্রের পাশে এর ব্যবহার বিধি লিপিবদ্ধ থাকে।

অগ্নি নির্বাপক যন্ত্র ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা দেখা দিলে নিম্নোক্ত সাধারণ বিধিগুলো মনে রাখবে :



অগ্নি নির্বাপক যন্ত্র



অগ্নি নির্বাপক কম্বল



বালি ভর্তি বালতি

চিত্র-১.৩১ : অগ্নি নির্বাপক যন্ত্র

১. অগ্নিনির্বাপকের শীর্ষের পিনটি খুলে দাও।
২. অগ্নিনির্বাপককে প্রথমে আগনের দিকে নিশানা কর।
৩. এরপর এটির হাতল বা হ্যান্ডেলে চাপ দাও।
৪. আগনের উৎপত্তিস্থলের ভেতর দিয়ে একপাশ থেকে আরেক পাশে স্প্রে করতে হবে। আগন নেভানো হয়ে গেলে অগ্নিদম্প্ত স্থানটি ধুয়ে ফেলতে হবে।

প্রসঙ্গত উল্লেখ্য যে, অগ্নি নির্বাপক থেকে কোনো মানুষকে স্প্রে করা যাবে না। অগ্নি নির্বাপকের রাসায়নিক পদার্থ যেমন ভেতরের এসিড ও  $\text{CO}_2$  গ্যাস ক্ষতিকর হতে পারে।

(২) অগ্নি নির্বাপক কম্বল (Fire blanket) : অগ্নি নির্বাপকের পাশেই দেয়ালে একটি লেবেলকৃত বাল্কে অগ্নি নির্বাপক কম্বল রাখা হয়। কাপড়-চোপড়ে আগন লেগে গেলে কম্বলটি ব্যবহার করতে হবে। কোনো ব্যক্তির গায়ে আগন লাগলেও এটি ব্যবহার করা যেতে পারে।

(৩) বালিভর্তি বালতি : টেবিলে আগন লেগে গেলে তাড়াতাড়ি বালিভর্তি বালতি থেকে বালি নিয়ে আগনে ছিটিয়ে দিলে অল্পেই আগন নিতে যায়।

#### \* আগন লেগে গেলে করণীয়—

আগন লাগার কারণ : দাহ জৈব পদার্থ থেকে অসাধারণভাবে পরীক্ষাগারে আগন লাগতে পারে। আগন নেভানোর জন্য তাড়াতাড়ি অগ্নি নির্বাপক যন্ত্র ও বালিভর্তি বালতি ব্যবহার করতে হবে। আগনের কাছ থেকে দ্রাবকসহ অন্যান্য বিকারক দূরে সরাতে হবে। কারও শরীরে আগন লাগলে কাপড় খুলে ফেলতে হবে এবং আক্রান্ত ব্যক্তিকে একটা কম্বল দিয়ে জড়িয়ে ধরতে হবে এবং দ্রুত চিকিৎসকের সাহায্য নিতে হবে। **Never turn a carbon dioxide extinguisher on a person.**

(৪) বিকারকের আগন লাগা : সব বার্নার বা শিখা নেভাতে হবে এবং দাহ দ্রব্যাদিসহ দ্রাবকসমূহ নিরাপদ স্থানে সরাতে হবে। ছোট ফ্লাকে ও বিকারে আগন লাগলে আসবেস্টস-ওয়্যার গজ দিয়ে অথবা বড় বিকার বা ওয়াচ গ্লাস দিয়ে ঢেকে আগন নেভানো যায়। শিখার গোড়ার দিকে **কার্বন-ডাইঅক্সাইড অগ্নিনির্বাপক ব্যবহার করতে হবে**। কিন্তু পানি ব্যবহার করা যাবে না।

**MAT: ১৭-২০**

জেনে রাখা আবশ্যিক : ল্যাবে দুর্ঘটনা মোকাবিলা ও সতর্কতামূলক ব্যবস্থা হিসেবে খোজ নাও (১) বিদ্যুতের মেইন সুইচ, (২) গ্যাস বন্ধ করার ভালুব, (৩) কম্বল বা ছালা জাতীয় কাপড়, (৪) অগ্নি নির্বাপক যন্ত্র বা সিলিভার, (৫) পানির উৎস, (৬) বালি ভর্তি বালতির অবস্থান, (৭) ফার্স্টএইড বর্স।

## ১.১৪ প্রাথমিক চিকিৎসা ও ফাস্ট-এইড বক্স ব্যবহার বিধি

### Primary Treatment and Use of First Aid Box

ল্যাবরেটরিতে কাজ করতে গিয়ে নিম্নোক্তভাবে আহত ও অসুস্থ হয়ে পড়তে পারে।  
যেমন-

- (১) গ্লাসসামগ্রী ব্যবহার করতে গিয়ে ত্বক কেটে গিয়ে রক্তপাত হওয়া;
- (২) রাসায়নিক পদার্থ ব্যবহার করতে গিয়ে মুখে, চোখে ও ত্বকে আক্রান্ত হওয়া;
- (৩) উচ্চগুণ গ্লাসসামগ্রীর সংশ্পর্শে বা বার্নারের শিখায় ত্বক পুড়ে যাওয়া;
- (৪) পরীক্ষাগারে কোনো কারণে আগুন লাগা।

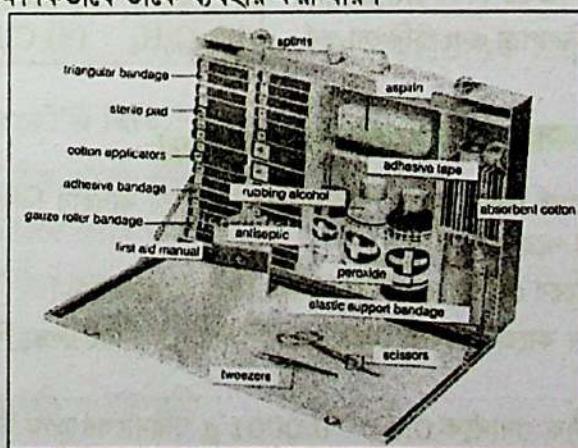
এ অবস্থায় দুর্ঘটনাজনিত আহত ছাত্র-ছাত্রীকে হসপিটালে বা ডাক্তারের সাহায্য পাওয়ার পূর্বে তাৎক্ষণিক যে চিকিৎসা দেয়া হয়; তাকে প্রাথমিক চিকিৎসা ব্যবস্থা বলা হয়। এজন্য ল্যাবরেটরিতে যে চিকিৎসা ব্যবস্থার প্রস্তুতি রাখা হয় তা হলো First Aid Kit বা First Aid Box।



চিত্র-১.৩২ : First Aid Box-

First Aid Box-এ নিম্নলিখিত সামগ্রী ও ওষুধপত্র ব্যবহার বিধিসহ থাকে।

(৫) ল্যাবরেটরি কিট : ল্যাবরেটরিতে ফাস্ট এইড বক্সে ল্যাবরেটরি কিট হিসেবে ব্যান্ডেজ কাপড়, ব্রেড, তুলা, ফরসেফ সেট, লিউকোটেপ ইত্যাদি সংরক্ষণ করে রাখা হয়। ওষুধ হিসেবে ডেটল, rubbing alcohol বা 70% আইসো প্রোপাইল অ্যালকোহল, বার্নল ক্রিম, টিংচার আয়োডিন রাখা হয়। ফাস্ট এইড বক্সকে ল্যাবরেটরির দেয়ালের এমন স্থানে রাখতে হয় যাতে করে তাৎক্ষণিকভাবে তাকে ব্যবহার করা যায়।



চিত্র-১.৩৩ : First Aid Box-এ থাকা সামগ্রী।

\* টিংচার আয়োডিন প্রস্তুতি : 2.0 g I<sub>2</sub> গুড়া ও 3.0 g KI এর মিশ্রণকে 50 mL ইথানল ও 45 mL ডিস্টিল ওয়াটারে দ্রব্যীভূত করলে 2% টিংচার আয়োডিন দ্রবণ তৈরি হয়। এটি কাটা-ছেঁড়ায় জীবাণুনাশক রুগ্নে ব্যবহৃত হয়।

**MCQ-1.9 :** ক্রোমিক  
এসিড ধারা ব্যুরেট পরিষ্কার  
করতে কিরণ বিক্রিয়া ঘটে?  
(ক) জারণ (খ) বিজারণ  
(গ) প্রতিস্থাপন (ঘ) প্রশমন

**MCQ-1.10 :** কোনটি প্রাইমারি স্ট্যাভার্ড  
পদার্থ?  
[য. বো. ২০১৫]  
(ক) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (খ) HCl  
(গ) NaOH (ঘ) KMnO<sub>4</sub>

**MCQ-1.11 :** 0.1M দ্রবণ থেকে  
নির্দিষ্ট আয়তনের 0.01M দ্রবণ তৈরিতে  
নিচের কোন সেটটি ব্যবহারে সবচেয়ে  
বেশি উপযুক্ত?  
(ক) পিপেট ও বিকার  
(খ) পিপেট ও আয়তনিক ফ্লাস্ক  
(গ) মেজারিং সিলিন্ডার ও আয়তনিক ফ্লাস্ক  
(ঘ) ব্যুরেট ও বিকার

**MCQ-1.12 :** কোনটি রঙিন আয়ন  
দেয়?  
[য. বো. ২০১৫]  
(ক) Cu<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> (খ) CoCl<sub>2</sub>  
(গ) ScCl<sub>3</sub> (ঘ) MgCl<sub>2</sub>

জেনে নাও : (১) ফাস্ট এইড  
বক্সে থাকে ব্যান্ডেজ কাপড়, ব্রেড,  
তুলা, ফরসেফ সেট ও লিউকোটেপ  
ইত্যাদি। (২) ওষুধ হিসেবে রাখা হয়  
অ্যান্টিসেপ্টিক, ডেটল, বার্নল ক্রিম ও  
টিংচার আয়োডিন ইত্যাদি।

আহত বা অসুস্থ ব্যক্তির প্রাথমিক চিকিৎসা প্রদান :

(ক) তাপে বা রাসায়নিক পদার্থে পোড়া গেলে : আগুনে পোড়া জায়গায় প্রায় ১০-১৫ মিনিট ঠাণ্ডা পানি প্রয়োগ করতে হবে। এরপর বার্নল ক্রিম লাগিয়ে তুলা দিয়ে ব্যান্ডেজ করতে হবে। রাসায়নিক পদার্থে পুড়লে 'মৃদু পরিষ্কারক' এবং পানি দ্বারা ধোত করতে হবে। কোনো প্রশম রাসায়নিক দ্রব্য কিংবা লোশন বা ক্রিম না লাগিয়ে ত্বরিত চিকিৎসকের সাহায্য নেয়া দরকার।

(খ) হাতে এসিড লাগলে সাথে সাথে পানি দিয়ে ধুয়ে ফেলে এবং পরে মৃদু পরিষ্কারকের পে ৫%  $\text{NaHCO}_3$  দ্রবণ দিয়ে ভালোভাবে ধুয়ে ফেলতে হবে। শেষে First Aid Box থেকে অ্যান্টিসেপ্টিক বার্ন লোশন যেমন, বার্নল ক্রিম লাগানো যেতে পারে।

→ MAT: 18-19

(গ) **ক্ষতির দ্রবণ চোখে পড়লে থচ্চর পানি দিয়ে চোখ ধুয়ে শেষে ৫%** বোরিক এসিড ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) দ্রবণ দিতে হবে। চোখ ধোয়ার ১৫ মিনিটের মধ্যে ডাক্তারের শরণাপন্ন হওয়া উচিত।

(ঘ) কেটে যাওয়া ঘটলে : ভাঙ্গা কাচের টুকরায় কেটে গেলে কাচের টুকরা বের করে চেপে ধরে রক্ত পড়া বন্ধ করতে হবে। পরে ডেটল মিশ্রিত পানি দিয়ে ধুয়ে কেটে যাওয়া স্থানে ব্যান্ডেজসহ টিংচার আয়োডিন ব্যবহার করা যেতে পারে। তবে উত্তম হবে ডাক্তারের সাহায্য নেয়া।

(ঙ) বিষক্রিয়া ঘটলে : অনতিবিলম্বে হাসপাতালের শরণাপন্ন হওয়া উচিত।

#### প্রাথমিক চিকিৎসা প্রদানের তিনটি লক্ষ হলো :

(১) **জীবন রক্ষা (Preserve Life)** : প্রতিটি প্রাথমিক মেডিকেল সহায়তার প্রধান লক্ষ্যই হচ্ছে আক্রান্ত ব্যক্তির জীবন রক্ষা করা।

(২) **অধিকতর ক্ষতির আশঙ্কা নিরোধ (Prevent Further harm)** : এ প্রক্রিয়ায় আক্রান্ত ব্যক্তির অবস্থার যাতে অবনতি না ঘটে সে ব্যবস্থা গ্রহণ করা হয়। এতে বাহ্যিক ফ্যাষ্টের বিবেচনা করে আক্রান্ত ব্যক্তিকে অন্যত্র সরিয়ে ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা করা হয় এবং প্রাথমিক চিকিৎসা সহায়তা কৌশলগুলো প্রয়োগ করে বিপজ্জনক রক্তপাত থেকে রক্ষা করা।

(৩) **নিরাময় উন্নীতকরণ (Promote recovery)** : আক্রান্ত ব্যক্তিকে ফার্স্ট এইড প্রক্রিয়ায় আনয়ন করে অসুস্থতা অথবা আঘাত থেকে নিরাময় করার চেষ্টা করা হয়। যেমন, ক্ষতিগ্রস্ত স্থানে প্লাস্টার লাগানো।

প্রাথমিক চিকিৎসা সহায়তা প্রশিক্ষণের সাথে যে তিনটি বিষয় সংশ্লিষ্ট থাকে তাহলো- প্রাথমিক আঘাতের নিরোধ, আক্রান্ত ব্যক্তির নিরাপত্তা এবং চিকিৎসা পর্ব।

**MCQ-1.13 :** ল্যাবরেটরিতে কাচের যত্নপাতি পরিষ্কারে ব্যবহৃত হয়— [অভিন্ন বোর্ড ২০১৮]

(i)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (ii)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (iii)  $\text{CHCl}_3$   
নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i, ii      (খ) ii, iii

(গ) i, iii      (ঘ) i, ii ও iii

**MCQ-1.14 :** দ্রাবকরূপে  $\text{CHCl}_3$

এর পরিবর্তে কোনটি ব্যবহৃত হয়? [মাদ্রাসা বোর্ড ২০১৮]

(ক)  $\text{CCl}_4$       (খ)  $\text{C}_6\text{H}_{14}$   
(গ)  $\text{C}_6\text{H}_6$       (ঘ)  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$

#### এ অধ্যায়ের সার-সংক্ষেপ (Recapitulation)

- ★ **ল্যাবরেটরি নিরাপত্তা বিধি :** ল্যাবরেটরিতে কাজ করার আগে ল্যাবরেটরির নিরাপত্তা ব্যবহার বিধি মেনে অ্যাথন গগলস, প্রয়োজনমতো গ্লাভস ও মাস্ক, পায়ে জুতা পরে নিতে হবে।
- ★ **গ্লাসসামগ্রী ব্যবহার কৌশল :** গ্লাসসামগ্রী ব্যবহারের কৌশল ও পরিষ্কার করার নিয়ম শিখতে হবে।
- ★ **আয়তনিক বিশ্লেষণ কাজ :** আয়তনিক বিশ্লেষণ কাজে ব্যবহৃত মেজারিং সিলিভার, মেজারিং ফ্লাক্স, পিপেট, ব্যুরেট, কনিকেল ফ্লাক্স-এর ব্যবহার শিখে নিতে হবে।
- ★ **কেমিক্যাল ব্যালেন্স :** মাত্রিক বিশ্লেষণে রাসায়নিক পদার্থকে  $0.01 - 0.0001 \text{ g}$  পরিমাপের জন্য উপযুক্ত নিক্ষিকে কেমিক্যাল ব্যালেন্স বলে। পল বুঙ্গি ব্যালেন্স ও ডিজিটাল ব্যালেন্স এ শ্রেণির ব্যালেন্স।

- ★ বুনসেন বার্নার ব্যবহার : ল্যাবরেটরিতে সব সময় বুনসেন বার্নারের অনুজ্জ্বল শিখা ব্যবহার করতে হয়। বার্নারের air hole বা বায়ু ছিদ্র পথ খোলা রেখে এ শিখা ব্যবহার করা হয়।
- ★ তাপ দেয়ার কৌশল : গোলতলি ফ্লাক্স, কনিকেল ফ্লাক্স, পোর্সেলিন বেসিন ও ওয়াটার বাথে তাপ দেয়ার কৌশল ও যন্ত্রপাতি ব্যবহার ভিন্ন।
- ★ বিকারক বা রিএজেন্ট (reagent) : যে সব রাসায়নিক পদার্থ ল্যাবরেটরিতে কোনো রাসায়নিক পদার্থ শনাক্তকরণে কঠিন বস্তু বা দ্রবণ হিসেবে ব্যবহৃত হয়, তাদেরকে বিকারক বা রিএজেন্ট বলা হয়। বিকারকসমূহ এসিড, ক্ষার, জারক, বিজারক, ধাতব মৌল যে কোনো রাসায়নিক পদার্থ হতে পারে।
- ★ ল্যাবরেটরি পরিষ্কার করা : পরীক্ষা কাজ শেষে, বার্নারের গ্যাস সাপ্লাই বন্ধ করে, বর্জ্য পদার্থ সঠিক স্থানে ফেলে, কাজের টেবিল পরিষ্কার করে ল্যাবরেটরি ত্যাগ করতে হবে।
- ★ হ্যাজার্ড সিম্বল (Hazard Symbols) : বিপজ্জনক রাসায়নিক দ্রব্যের সুনির্দিষ্ট সতর্কীকরণ প্রতীকী চিহ্নকে হ্যাজার্ড সিম্বল বলে। আন্তর্জাতিকভাবে স্বীকৃত রাসায়নিক পদার্থের জন্য হ্যাজার্ড সিম্বল হলো ১০টি। রাসায়নিক দ্রব্য উৎপাদনকারী প্রতিষ্ঠান BDH, E. Mark, Aldrich তাদের প্রস্তুতকৃত রাসায়নিক দ্রব্যের বোতলের লেবেলে সংশ্লিষ্ট হ্যাজার্ড সিম্বল ব্যবহার করে থাকে। রাসায়নিক দ্রব্যের প্যাকেট খোলার আগে হ্যাজার্ড সিম্বল দেখে সতর্ক হতে হয়।
- ★ সেমিমাইক্রো ও মাইক্রো বিশ্লেষণ (Semimicro and Micro analysis) : যে বিশ্লেষণীয় পরীক্ষায় নমুনা পদার্থের প্রায় 50 mg থেকে 200 mg কঠিন পদার্থ অথবা দ্রবণের পরিমাণ 2 mL—4 mL ব্যবহার করা হয়, তাকে সেমিমাইক্রো বিশ্লেষণ বলা হয়। অপরদিকে যে বিশ্লেষণীয় প্রক্রিয়ায় 5 mg থেকে 20 mg কঠিন নমুনা বস্তু ব্যবহার করা হয়, দ্রবণের আয়তন 0.2 mL থেকে 1.0 mL হয়, তাকে মাইক্রো বিশ্লেষণ প্রক্রিয়া বলা হয়।
- ★ ফাস্ট এইড বক্স (First Aid Box) : ল্যাবরেটরিতে দুর্ঘটনাজনিত আহত ব্যক্তিকে তাৎক্ষণিকভাবে যে চিকিৎসা দেয়া হয়, তাকে প্রাথমিক চিকিৎসা বলা হয়। এজন্য ল্যাবরেটরিতে যে চিকিৎসা ব্যবস্থার সামগ্রী প্রস্তুত রাখা হয়, তাকে ফাস্ট এইড বক্স (First Aid Box) বলা হয়।

MCQ-এর উত্তরমালা :

1.1 (ঘ), 1.2 (ঘ), 1.3 (খ), 1.4 (ক), 1.5 (খ), 1.6 (ঘ), 1.7 (খ), 1.8 (ঘ), 1.9 (ক), 1.10 (ক),  
1.11 (গ), 1.12 (খ), 1.13 (ক), 1.14 (খ)।

### অনুশীলনী-১

ক-বিভাগ : জ্ঞানস্তরভিত্তিক প্রশ্নাবলি (এক নজরে)

#### (১) ল্যাবরেটরি বিধি :

- ১। ল্যাবরেটরিতে অ্যাপ্রন পরিধান করা হয় কেন?
- ২। ল্যাবরেটরিতে ঢোকে গগলস্ ব্যবহারে প্রয়োজন কী?
- ৩। ল্যাবরেটরিতে হাত গ্লাভস পরতে হয় কেন?
- ৪। জিটেক্স গ্লাভস কী?

[চ. বো. ২০১৫]

#### (২) গ্লাসসামগ্রী ও যন্ত্রপাতি :

- ১। কর্ক ছিদ্র করার কাজে ব্যবহৃত যন্ত্রটির নাম কী?
- ২। ক্রোমিক এসিড মিশ্রণ বা ক্লিপিং মিক্চার বা পরিষ্কারক মিশ্রণ কী?

[চ. বো. ২০১৫]

[রা. বো. ২০১৬ ; চ. বো. ২০১৬]

## তৃতীয় অধ্যায়

তৃতীয় আলোচনা = ২১
শ্রেণি কর্মকাণ্ড = ৯
মোট পিরিয়ড = ৩০

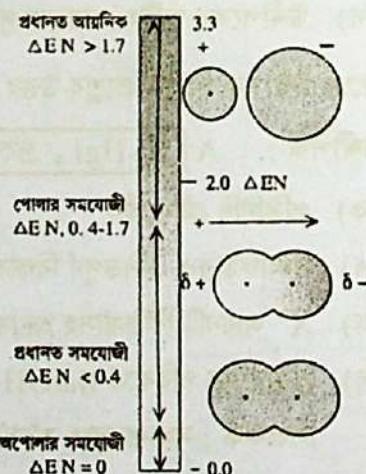
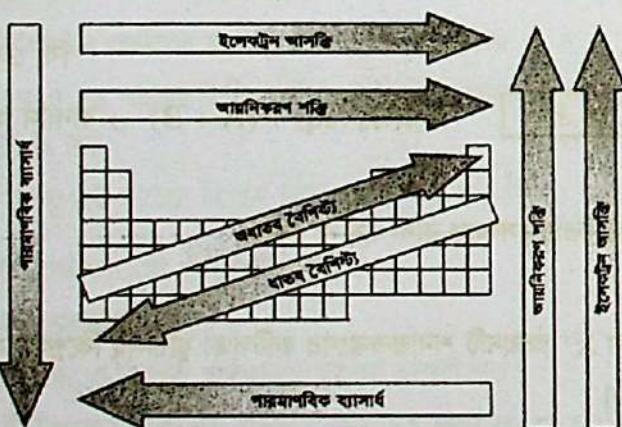
# মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্ম ও রাসায়নিক বন্ধন

## Periodic Properties and Bonding in Elements

### ভূমিকা (Introduction)

আমরা হিতীয় অধ্যায়ে পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে জেনেছি যে, মৌলসমূহের ধর্মাবলি ইলেকট্রন বিন্যাসের ওপর নির্ভর করে পরিবর্তিত হয়ে পুনরাবৃত্তি ঘটে। এ কারণে মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাসভিত্তিক পরিবর্তনশীল ধর্মসমূহকে পর্যায়বৃত্ত বা পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম বলা হয়। আয়নীকরণ শক্তি ও ইলেকট্রন আসক্তির ওপর নির্ভর করে ধাতু ও অধাতুর মধ্যে আয়নিক বন্ধন, অধাতুর পরমাণুর মধ্যে সমযোজী বন্ধন ঘটে। আবার আয়নিক যৌগে পোলারাইন ও সমযোজী অণুতে পোলারিটি সূচিতে ফলে উভয় শ্রেণির যৌগের মধ্যে বিপরীত মিশ্র রাসায়নিক ধর্মাবলি প্রকাশ পায়। বিভিন্ন শ্রেণি বা গ্রন্থের মৌল ও তাদের যৌগের মধ্যে এসব বৈশিষ্ট্য আমরা গভীর আগ্রহসহকারে ধাপে ধাপে লক্ষ করবো।

অধ্যায়ের প্রধান শব্দসমূহ (Key Words) : ইলেকট্রন বিন্যাস, অবস্থান মৌল, ক্ষার ধাতু, পর্যায়বৃত্ততা, আয়নীকরণ শক্তি, ইলেকট্রন আসক্তি, তড়িৎ ঝণাঝকতা, অক্সাইডের pH পর্যায়বৃত্ততা, অরবিটাল সংকরণ, সিগমা ও পাই বন্ধন, অণুর আকৃতি, মুক্তজোড় ইলেকট্রন, সন্নিবেশ বন্ধন, পোলারাইন, ডাইপোল, ভ্যানডার ওয়ালস বল, H-বন্ধন, H-বন্ধনের গুরুত্ব, অজৈব যৌগের নামকরণে IUPAC পদ্ধতি।



### শিখনফল : এ অধ্যায় পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা—

১. ইলেকট্রন বিন্যাসের ওপর ভিত্তি করে মৌলসমূহকে s, p, d ও f ব্লকে শ্রেণিবিভাগ করতে পারবে।
২. বিভিন্ন ব্লকের মৌলসমূহের সাধারণ ধর্মাবলি জানতে ও বর্ণনা করতে পারবে।
৩. মৌলসমূহের বিভিন্ন ধর্মের পর্যায়বৃত্ততা ব্যাখ্যা করতে পারবে।
৪. মৌলের আয়নীকরণ শক্তি, ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ ঝণাঝকতার ওপর নিয়ামকের (পরমাণুর আকার, উপস্থির, ইলেকট্রন বিন্যাস ইত্যাদির) প্রভাব জানতে ও বর্ণনা করতে পারবে।
৫. পর্যায় সারণির বিভিন্ন মৌলের (যেমন, ২য় ও ৩য় পর্যায়ের মৌলের) অক্সাইডের ধর্ম ব্যাখ্যা করতে পারবে।
৬. ব্যবহারিক : মৌলের দ্রবণীয় অক্সাইডের pH মান 'হাতে-কলমে' কাজের মাধ্যমে নির্ণয় করে তাদের অম-ক্ষার প্রকৃতি ব্যাখ্যা করতে পারবে।
৭. মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্ম ও রাসায়নিক বন্ধনের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করতে পারবে।

৮. অরবিটাল অধিক্রমণের ভিত্তিতে সময়োজী বন্ধনের শ্রেণিবিভাগ ব্যাখ্যা করতে পারবে।
৯. অরবিটালের সংকরণের ধারণা ও সংকর অরবিটালের প্রকারভেদ ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১০. সংকর অরবিটালের সাথে সময়োজী ঘোগের আকৃতির সম্পর্ক ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১১. অণুর আকৃতি ও বন্ধন কোণের ওপর মুক্তজোড় ইলেকট্রনের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১২. ছোট ছোট গোল আলু ব্যবহার করে 'হাতে কলমে' বিভিন্ন ঘোগের মডেল তৈরি করে দেখাতে পারবে।
১৩. সন্নিবেশ সময়োজী বন্ধনের গঠন কৌশল ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১৪. সন্নিবেশ সময়োজী বন্ধন সময়োজী বন্ধনের একটি রূপ তা প্রমাণ করতে পারবে।
১৫. আয়নিক ঘোগের সময়োজী বৈশিষ্ট্য ফাজানের সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১৬. ব্যবহারিক : পরীক্ষার মাধ্যমে পানির ডাইপোলের উপস্থিতি প্রমাণ করতে পারবে।
১৭. ভ্যানডার ওয়ালস বল ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১৮. হাইড্রোজেন বন্ধন গঠন ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১৯.  $H_2O$  তরল হলেও  $H_2S$  গ্যাস এর কারণ বিশ্লেষণ করতে পারবে।
২০. জীবজগতের টিকে থাকার জন্য হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব বিশ্লেষণ করতে পারবে।
২১. অজৈব ঘোগের নামকরণ করতে পারবে।

### ৩.১ ইলেকট্রন বিন্যাসের ভিত্তিতে মৌলের শ্রেণিবিভাগ

#### Classification of Elements based on Electronic Configuration

আমরা জানি ১৮৬৯ খ্রিস্টাব্দে সর্বপ্রথম মেডেলিফ জ্ঞাত ৬৩টি মৌলকে এদের পারমাণবিক ভরের ত্রুটি অনুসারে ১২টি পর্যায় ও ৮টি গ্রুপে বিন্যস্তসহকারে প্রথম পর্যায় সারণি তৈরি করেন। পরবর্তীতে পারমাণবিক সংখ্যার ত্রুটি অনুসারে মৌলসমূহকে ৭টি পর্যায় ও ১৮টি গ্রুপে বিন্যস্ত করে আধুনিক পর্যায় সূত্র মতে দীর্ঘাকার পর্যায় সারণি তৈরি করা হয়।

**আধুনিক পর্যায় সূত্র :** আধুনিক পর্যায় সূত্র মতে, "মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলি এদের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে পর্যায়ক্রমে আবর্তিত হয়।"

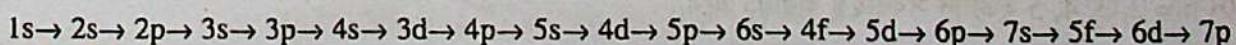
আধুনিক পর্যায় সারণি তৈরিতে অনেক বিজ্ঞানীর মধ্যে বোর (Bohr)-এর অবদান সবচেয়ে বেশি হওয়ায় দীর্ঘাকার পর্যায় সারণিকে বোর পর্যায় সারণি ও বলা হয়।

#### দীর্ঘাকার পর্যায় সারণি (Long form of Periodic table) :

বিজ্ঞানী বোর (Bohr) ইলেকট্রন বিন্যাসের ভিত্তিতে বিস্তৃত পর্যায় আকারে একটি পর্যায় সারণি তৈরি করেন। এটি দীর্ঘাকার পর্যায় সারণি বা বোরের পর্যায় সারণি নামে পরিচিত। বর্তমানে এ পর্যায় সারণিতে ৭টি পর্যায় এবং ১৪টি শ্রেণি বা গ্রুপ রয়েছে। দীর্ঘ পর্যায়ে ১০টি করে d-ব্লক মৌল পর্যায় সারণির মধ্যভাগে থাকে। প্রতি পর্যায়ের শেষ প্রান্তে নিম্নিয় গ্যাসগুলোর অবস্থান নির্দিষ্ট করা হয়েছে। ল্যাথানাইড ও অ্যাস্ট্রিনাইড মৌলগুলোকে পৃথক দুই সিরিজ হিসেবে এ সারণির ঘষ্ট এবং সঙ্গম পর্যায়ের তৃতীয় গ্রুপে রাখা হয়েছে। এটিই হলো আধুনিক পর্যায় সারণি।

**আধুনিক পর্যায় সারণির ভিত্তি :** আধুনিক পর্যায় সারণিতে মৌলের পর্যায়ভিত্তিক শ্রেণিবন্ধকরণের মূল ভিত্তি হলো মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা ও ইলেকট্রন বিন্যাস। আবার পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসের ক্ষেত্রে অরবিটালসমূহের ইলেকট্রন ধারণের ত্রুটি অনুসারে মৌলসমূহকে চারটি ব্লকে ভাগ করা হয়েছে। নিচের চিত্র-৩.১ এ তা দেখানো হলো। উল্লেখ্য ১০, ১১, ২০১৬ পর্যন্ত আবিষ্কৃত ও IUPAC সংস্থা কর্তৃক অনুমোদিত মৌলের সংখ্যা হলো ১১৮টি। ২০১৬ খ্রিস্টাব্দে অনুমোদিত 113, 115, 117 ও 118 পারমাণবিক সংখ্যার চারটি মৌল দ্বারা সঙ্গম পর্যায়টি পূর্ণতা লাভ করলো।

আউফবাউ নীতি অনুসারে, পর্যায় সারণিতে সর্বোচ্চ বাম দিক থেকে ডানদিকে পর্যায়ক্রমে পরমাণুর অরবিটালসমূহে ইলেকট্রন প্রবেশের ত্রুটি হলো :



ইলেকট্রন বিন্যাস অনুসারে মৌলসমূহের চারটি ব্লক ও এদের বর্ণনা হলো নিম্নরূপ :

(১) s-ব্লক মৌল : যেসব মৌলের সর্বশেষ ইলেকট্রনটি s-অরবিটালে যায়, তাদেরকে s-ব্লক মৌল বলে। সেসব মৌলের সর্ববহিঃস্তরে  $s^1$  অথবা  $s^2$  ইলেকট্রন বিন্যাস থাকে। পর্যায় সারণির গ্রুপ-1 ও 2 (IA ও IIA) মৌলসমূহ এবং He এ s-ব্লকের অন্তর্ভুক্ত। s-ব্লকের মৌলের সংখ্যা হলো **১৪টি**। যেমন,

H (1)	=	$1s^1$
He (2)	=	$1s^2$
Li (3)	=	$1s^2 2s^1$
Be (4)	=	$1s^2 2s^2$
Mg (12)	=	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

**MCQ-3.1 :** ২০১৮ সাল পর্যায় আবিষ্কৃত ও IUPAC সংস্থা কর্তৃক অনুমোদিত মৌলের সংখ্যা কত?

(ক) 113      (খ) 115  
 (গ) 117      (ঘ) 118

s-ব্লক মৌলসমূহের সর্ববহিঃস্ত শক্তিস্তর বা যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস হলো  $ns^1$  বা  $ns^2$ ; এখানে  $n = 1, 2, 3$  ইত্যাদি হলো প্রধান শক্তিস্তর বা অরবিট নির্দেশক সংখ্যা।

Begin here →

1s			1s
2s			2p
3s			3p
4s	3d		4p
5s	4d		5p
6s	5d		6p
7s	6d		7p

← End here

1	4f
1	5f

চিত্র-৩.১ : পর্যায় সারণিতে মৌলসমূহের চারটি ব্লক (s, p, d, f)।

(২) p-ব্লক মৌল : যেসব মৌলের পরমাণুতে সর্বশেষ ইলেকট্রনটি p অরবিটালে যায়, তাদেরকে p-ব্লক মৌল বলে। পর্যায় সারণির গ্রুপ- 13, 14, 15, 16, 17 ও 18 (IIIA, IVA, VA, VIA, VIIA এবং VIIIA) গ্রুপের He ব্যতীত মৌলসমূহ এ ব্লকের অন্তর্ভুক্ত। এ ছাড়া নতুন আবিষ্কৃত নিহোনিয়াম, Nh(113), ফ্রেরোভিয়াম, Fl (114), মক্সোভিয়াম, Mc (115) ও লিভারমরিয়াম, Lv (116), টেনেসিন, Ts (117) ও ওগানেসান, Og (118) সহ বর্তমানে p-ব্লক মৌলের সংখ্যা **৩৬টি**। যেমন,

B (5)	=	$1s^2 2s^2 2p^1$
C (6)	=	$1s^2 2s^2 2p^2$
Al (13)	=	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$
Cl (17)	=	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
Ar (18)	=	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

**MCQ-3.2 :** s-ব্লকের মৌল সংখ্যা কত? [ঢ. বো. ২০১৬]  
 (ক) 14      (খ) 24      (গ) 26      (ঘ) 36

p-ব্লক মৌলসমূহের সর্ববহিঃস্ত শক্তিস্তর বা যোজ্যতা স্তরের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস হলো  $ns^2 np^1$  থেকে  $ns^2 np^6$ । এখানে  $n = 2, 3, 4, 5$  ইত্যাদি সর্ববহিঃস্ত অরবিট হবে।

## জেনে নাও :

১০-১১-২০১৬ ইং পর্যন্ত আবিস্কৃত ও IUPAC সংস্থা কর্তৃক অনুমোদিত 113, 115, 117 ও 118 পারমাণবিক সংখ্যার চারটি মৌলের প্রতীক, ইংরেজি নাম ও নামের উচ্চারণ নিম্নরূপ :

$^{113}\text{Nh}$ , Nihonium [nee-HOH-neeum] = নিহোনিয়াম

$^{115}\text{Mc}$ , Moscovium [Mah-SKOH-vee-um] = মস্কোভিয়াম

$^{117}\text{Ts}$ , Tennessine [TEH-neh-seen] = টেনেসিন

$^{118}\text{Og}$ , Oganesson [OH-gah-NEH-sun] = ওগানেসান

**MCQ-3.3 : p-ব্লকের মৌল সংখ্যা কত?** [য. বো. ২০১৬]  
(ক) 14 (খ) 36 (গ) 41 (ঘ) 27

(৩) d-ব্লক মৌল : যেসব মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসে সর্বশেষ ইলেকট্রনটি d অরবিটালে যায়, তাদেরকে d-ব্লক মৌল বলে। চতুর্থ পর্যায়ের ক্যানডিয়াম, Sc (21) থেকে জিঙ্ক, Zn (30) এবং পঞ্চম পর্যায়ের ইট্রিয়াম, Y (39) থেকে ক্যাডমিয়াম, Cd (48) মৌলগুলো d-ব্লক মৌল। এছাড়া ষষ্ঠ পর্যায়ে ও সপ্তম পর্যায়ে d ব্লক মৌল আছে। তারা সবই ধাতু। পর্যায় সারণিতে ছপ-3 থেকে 12 অর্থাৎ "B" উপশ্রেণির মৌলসমূহ এ শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত। বর্তমানে d-ব্লক মৌলের সংখ্যা খোরিয়াম, Th(90) সহ ৪১টি। তাদের পরমাণুতে  $d^1$  থেকে  $d^{10}$  ইলেকট্রন থাকে।

যেমন,

**MAT : ১৭-১৮**

Sc (21) =  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$

Fe (26) =  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$

Zn (30) =  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$

d-ব্লক মৌলগুলোর সর্ববহিস্থ শক্তিসূর বা যোজ্যতাস্তরের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস হলো  $(n-1)d^{1-10} ns^{1-2}$ । এখানে  $n = 4, 5, 6, 7$  হবে।

d-ব্লক মৌলসমূহের মধ্যে বিশেষ ধর্মবিশিষ্ট কতগুলো মৌলকে অবস্থান্তর মৌল (transition elements) বলে।

**অবস্থান্তর মৌলের সংজ্ঞা :** যে সব d-ব্লক মৌল অন্তত এমন একটি আয়ন গঠন করে, যাদের ইলেকট্রন বিন্যাসে d-অরবিটাল আংশিকভাবে পূর্ণ ( $d^1 - d^9$ ) থাকে, তাদেরকে অবস্থান্তর মৌল বলে।

**অবস্থান্তর মৌলসমূহের বৈশিষ্ট্য :**

(১) অবস্থান্তর মৌলসমূহের পরিবর্তনশীল যোজ্যতা থাকে;

(২) তারা রঙিন যৌগ গঠন করে;

(৩) তারা জটিল যৌগ গঠন করে,

(৪) তারা প্রভাবকরণে ক্রিয়া করে,

(৫) তারা প্যারা চুবকীয় ধর্ম প্রদর্শন করে।

**MCQ-3.4 : s-ব্লক ও p-ব্লকের মৌল সংখ্যার ক্রম কোনটি?**

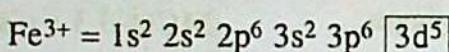
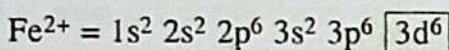
(ক) 36, 14 (খ) 41, 36  
(গ) 14, 36 (ঘ) 14, 41

অবস্থান্তর মৌলের সংজ্ঞা মতে, ৪র্থ পর্যায়ের d-ব্লকভুক্ত Sc এবং Zn—এ দুটি মৌল অবস্থান্তর মৌল নয়। কারণ তারা কেবল  $\text{Sc}^{3+}$  আয়ন এবং  $\text{Zn}^{2+}$  আয়ন গঠন করে।  $\text{Sc}^{3+}$  আয়ন এর ইলেকট্রন বিন্যাসে 3d অরবিটালে কোনো ইলেকট্রন নেই এবং  $\text{Zn}^{2+}$  আয়ন এর ইলেকট্রন বিন্যাসে 3d অরবিটাল পূর্ণ অর্থাৎ  $3d^{10}$  থাকে।

$\text{Sc}^{3+}$  (21) =  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \boxed{3d^0}$

$\text{Zn}^{2+}$  (30) =  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \boxed{3d^{10}}$

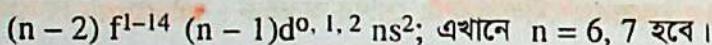
অপরদিকে Fe হলো d-ব্লক মৌল ও অবস্থান্তর মৌল উভয়ই। কারণ এটির  $\text{Fe}^{2+}$  আয়ন ও  $\text{Fe}^{3+}$  আয়নের d-অরবিটাল আংশিকভাবে পূর্ণ থাকে। যেমন—



MCQ-3.5 : d-ব্লকের মৌল সংখ্যা
কত? [দি. বো. ২০১৭]
(ক) 14 (খ) 36 (গ) 41 (ঘ) 27

এজন্য বলা হয়, সব d-ব্লক মৌল অবস্থান্তর মৌল নয়; কিন্তু সব অবস্থান্তর মৌল d-ব্লক মৌল বটে।

(8) f-ব্লক মৌল : এ সব মৌলের পরমাণুতে সর্বশেষ ইলেকট্রন f অরবিটালে যায়। ৬ষ্ঠ পর্যায়ের ল্যাঞ্চানাম, La (57) থেকে পরবর্তী লুটেসিয়াম, Lu (71) পর্যন্ত পনেরটি মৌলকে ল্যাঞ্চানয়ড্স (Lanthanoids) বা ল্যাঞ্চানাইড সিরিজ (Lanthanides) এবং অ্যাক্টিনিয়াম, Ac (89) থেকে পরবর্তী লরেনসিয়াম, Lr (103) পর্যন্ত পনেরটি মৌলকে অ্যাক্টিনয়ড্স (Actinoids) বা অ্যাক্টিনাইড সিরিজ (Actinides) বলা হয়। এ দু' শ্রেণির অন্তর্ভুক্ত ৩০টি মৌলকে বর্তমানে আধুনিকতম পর্যায় সারণির নিচে লেখা হয়েছে। f-ব্লকের মৌলগুলোর সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস হলো—



উল্লেখ্য ল্যাঞ্চানাইড সিরিজের ১ম মৌল La (57) এর সর্বশেষ ইলেক্ট্রন  $5d^1$  এ এবং অ্যাক্টিনাইড সিরিজের প্রথম মৌল Ac (89) ও ২য় মৌল Th (90) এর সর্বশেষ ইলেকট্রন যথাক্রমে  $6d^1$  ও  $6d^2$  রূপে আছে। তাই তারা f-ব্লক মৌল নয়। সুতরাং প্রকৃতপক্ষে f-ব্লক মৌলের সংখ্যা হলো ২৭টি (পর্যায় সারণি দ্রষ্টব্য)।

অন্তঃঅবস্থান্তর মৌল :

যে সব মৌলের কোনো সুস্থিত আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস  $f^1$  হতে  $f^{13}$  হয়, তাদেরকে অন্তঃঅবস্থান্তর মৌল (Inner transition elements) বলা হয়। তাদের একটি গুলো বা, ল্যাঞ্চানাইড সিরিজভুক্ত মৌলে 4f অরবিটাল অসম্পূর্ণ থাকে এবং তাদের অন্য গুলো বা, অ্যাক্টিনাইড সিরিজভুক্ত মৌলে 5f অরবিটাল আংশিক পূর্ণ থাকে। এরূপ অন্তঃঅবস্থান্তর মৌলের উদাহরণ হলো সেরিয়াম ( $_{58}\text{Ce}$ ) =  $[\text{Xe}] 4f^2 6s^2$ । কারণ এর  $\text{Ce}^{3+}$  আয়নটিতে  $4f^1$  ইলেকট্রন থাকে।

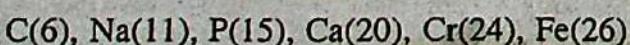
আমরা দেখলাম এ যাবৎ (২০১৬ ইং যাবৎ) আবিস্কৃত  $\text{Nh}$  (113),  $\text{Fl}$  (114),  $\text{Mc}$  (115),  $\text{Lv}$  (116),  $\text{Ts}$  (117) ও  $\text{Og}$  (118) সহ মোট ১১৮টি মৌলকে পর্যায় সারণিতে এদের ইলেকট্রন বিন্যাস মতে চারটি ব্লক যেমন s-ব্লক, p-ব্লক, d-ব্লক ও f-ব্লকে ভাগ করা হয়েছে। এখন এসব ব্লকের মৌলসমূহের সাধারণ ধর্মাবলি জানতে চেষ্টা করব।

জেনে নাও :

- (1) s-ব্লক মৌলগুলোর ক্ষেত্রে গ্রন্থ সংখ্যা = সর্ববহিস্থ শক্তিসরের ইলেকট্রন সংখ্যা।
- (2) p-ব্লক মৌলগুলোর ক্ষেত্রে গ্রন্থ সংখ্যা =  $10 +$  সর্ববহিস্থ শক্তিসরের ইলেকট্রন সংখ্যা (ns এবং np)
- (3) d-ব্লক মৌলগুলোর ক্ষেত্রে গ্রন্থ সংখ্যা =  $(n - 1)d + ns$  উপস্থিতির ইলেকট্রন সংখ্যা।
- (4) f-ব্লক মৌলগুলোর ক্ষেত্রে গ্রন্থ সংখ্যা = f-ব্লক মৌলসমূহ পর্যায় সারণির 3 নং গুলো অবস্থান করবে।

শিক্ষার্থীর কাজ-৩.১ : ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে মৌল শনাক্তকরণ :

সমস্যা-৩.১ : নিচের মৌলগুলোর ইলেকট্রন বিন্যাস লেখ এবং কোন মৌলটি কোন ব্লকের তা ব্যাখ্যা কর।



সমস্যা-৩.২ :  $\text{Sc}(21)$  ও  $\text{Zn}(30)$  মৌল দুটি d-ব্লকভুক্ত মৌল হলেও এরা অবস্থান্তর মৌল নয়;—এর ব্যাখ্যা কর।

[দি. বো. ২০১৫]

← s-ব্রক মৌল →

পূর্ণ → 1

পর্যায় ↓	H	1
	1s <sup>1</sup>	2
2	Li	4
[He(2)]	2s <sup>2</sup>	
3	Na	12
[Ne(10)]	3s <sup>2</sup>	
4	K	20
[Ar(18)]	4s <sup>1</sup>	
5	Rb	38
[Kr(36)]	5s <sup>1</sup>	
6	Cs	56
[Xe(54)]	6s <sup>1</sup>	
7	Rn	87
[Rn(86)]	7s <sup>1</sup>	

## IUPAC অনুমোদিত সর্বাধুনিক পর্যায় সারণি

[যোজাতা ত্ত্বের ইলেক্ট্রন বিনাশসময়]

শত = 94টি, অধাত = 18টি, 11টি গ্যাস, 6টি কঠিন, 1টি ভরল (Br<sub>2</sub>)  
অপূর্ণ (স্বতন্ত্র) = 6টি (B, Si, Ge, As, Sb, Te)



18

পূর্ণ →	s-ব্রক মৌল	→	26	গ্যাসাধুনিক সম্মত চৰ্চা 36s <sup>2</sup> ← ইলেক্ট্রন বিনাশ	→	d-ব্রক মৌল	→	P-ব্রক মৌল	→	He
পর্যায় ↓	H	1								1s <sup>2</sup>
1	1s <sup>1</sup>	2								
2	Li	4								10
[He(2)]	2s <sup>2</sup>									Ne
3	Na	12								2s <sup>2</sup> p <sup>6</sup>
[Ne(10)]	3s <sup>2</sup>									
4	K	20	21	22	23	24	25	26	27	28
[Ar(18)]	4s <sup>1</sup>		Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fc	Ni	Cu
5	Rb	38	39	40	41	42	43	44	45	46
[Kr(36)]	5s <sup>1</sup>		Sr	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Pd	Ag
6	Cs	56	57	72	73	74	75	76	77	78
[Xe(54)]	6s <sup>1</sup>		Ba	La	Hf	Ta	W	Rc	Os	Ir
7	Rn	87	88	89	104	105	106	107	108	109
[Rn(86)]	7s <sup>1</sup>		Fr	Ra	Ac	Db	Sg	Bh	Hs	Mt

স্যাম্বালাইড সারি →	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
[Ce(54)]	4f <sup>15</sup> 6s <sup>2</sup>	4f <sup>15</sup> 6d <sup>2</sup>	4f <sup>15</sup> 6f <sup>2</sup>	4f <sup>15</sup> 6g <sup>2</sup>	4f <sup>15</sup> 6h <sup>2</sup>	4f <sup>15</sup> 6i <sup>2</sup>	4f <sup>15</sup> 6j <sup>2</sup>	4f <sup>15</sup> 6k <sup>2</sup>	4f <sup>15</sup> 6l <sup>2</sup>	4f <sup>15</sup> 6m <sup>2</sup>	4f <sup>15</sup> 6n <sup>2</sup>	4f <sup>15</sup> 6o <sup>2</sup>	4f <sup>15</sup> 6p <sup>2</sup>	4f <sup>15</sup> 6q <sup>2</sup>
কুটিলাইড সারি →	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
[Ra(86)]	5f <sup>15</sup> 7s <sup>2</sup>	5f <sup>15</sup> 7d <sup>2</sup>	5f <sup>15</sup> 7f <sup>2</sup>	5f <sup>15</sup> 7g <sup>2</sup>	5f <sup>15</sup> 7h <sup>2</sup>	5f <sup>15</sup> 7i <sup>2</sup>	5f <sup>15</sup> 7j <sup>2</sup>	5f <sup>15</sup> 7k <sup>2</sup>	5f <sup>15</sup> 7l <sup>2</sup>	5f <sup>15</sup> 7m <sup>2</sup>	5f <sup>15</sup> 7n <sup>2</sup>	5f <sup>15</sup> 7o <sup>2</sup>	5f <sup>15</sup> 7p <sup>2</sup>	5f <sup>15</sup> 7q <sup>2</sup>
f-ব্রক মৌল →	Th	Pa	Ua	Np	Am	Cm	Bk	Dy	Es	Em	Md	No	Lr	Og

সমস্যা :

গোবৰ সারণিতে দেয়া যোজাতা ত্ত্বের ইলেক্ট্রন বিনাশ কৰ এবং এসেৰ মধ্যে ২১টি মৌলেৰ ইলেক্ট্রন বিনাশে সাধাৰণ নিয়মেৰ বাতিকৰণ ঘটেছে,

তা চিহ্নিত কৰ।

নিম্নলিখিত :

- পাৰমাধুনিক সম্মতা 24, 29, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 57, 58, 64, 78, 79, 89, 90, 91, 92, 93, 96, 110, 111 এসেৰ মৌলেৰ ঘোষণা হওৱে।
- ইলেক্ট্রন বিনাশ দেখ।

### ৩.১.১ ইলেক্ট্রন বিন্যাস হতে পর্যায় সারণিতে মৌলের অবস্থান নির্ণয়

Position of Elements in Periodic Table from Electronic Configuration

যেহেতু পর্যায় সারণির সত্যিকার ভিত্তি হচ্ছে ইলেক্ট্রন বিন্যাস, সেহেতু যে কোনো মৌলের ইলেক্ট্রন বিন্যাস হতে পর্যায় সারণিতে তার অবস্থান সহজেই বের করা যায়। কোনো মৌলের সত্যিকার ইলেক্ট্রন বিন্যাস জানা না থাকলেও মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা মতে অরবিটালের শক্তিক্রম অনুযায়ী তার ইলেক্ট্রন বিন্যাস লিখে পর্যায় সারণিতে এর স্থান নির্ণয় করা হয়। এ ক্ষেত্রে নিম্নোক্ত নিয়ম অনুসরণ করতে হয়।

(ক) পর্যায় সংখ্যা নির্ণয় : মৌলের ইলেক্ট্রন বিন্যাসে সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা  $n$  এর মান মৌলের পর্যায় সংখ্যা নির্দেশ করে। যেমন  $\text{Na}$  (11)-এর ইলেক্ট্রন বিন্যাস  $\text{Na} (11) = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$  হতে দেখা যায়; এতে সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা  $n = 3$ । সুতরাং  $\text{Na}$  মৌলটি ৩য় পর্যায়ে অবস্থিত।

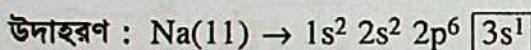
(খ) গ্রুপ সংখ্যা নির্ণয় : কোন গ্রুপে মৌলটি অবস্থিত তা নির্ধারণের জন্য মৌলটির ইলেক্ট্রন বিন্যাসগত ব্লক ও যোজ্যতা ইলেক্ট্রন সংখ্যা জানা প্রয়োজন। যেমন,

(১) s-ব্লক মৌলসমূহের বেলায় সর্ববহুল s অরবিটাল ( $ns^{1-2}$ ) এর মোট ইলেক্ট্রন সংখ্যা মৌলটির গ্রুপ সংখ্যা নির্দেশ করে। যেমন,  $ns^1$  দ্বারা গ্রুপ-1 এবং  $ns^2$  দ্বারা গ্রুপ-2 বোঝায়।

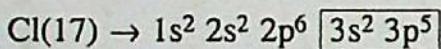
(২) p-ব্লক মৌলসমূহের বেলায় ( $10 + ns^2 np^{1-6}$ ) এর মোট ইলেক্ট্রন সংখ্যা গ্রুপ সংখ্যা নির্দেশ করে। যেমন,  $ns^2 np^1$  দ্বারা ( $10 + 2 + 1$ ) = 13 নং গ্রুপ বোঝায়;  $ns^2 np^2$  দ্বারা ( $10 + 2 + 2$ ) = 14 নং গ্রুপ বোঝায়।

(৩) d-ব্লক মৌলসমূহের বেলায় ( $(n-1)d$   $ns$  অরবিটাল দুটির মোট ইলেক্ট্রন সংখ্যা মৌলটির গ্রুপ সংখ্যা প্রদাশ করে।

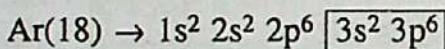
(৪) f-ব্লক মৌলসমূহের বেলায় যোজ্যতা স্তরে f অরবিটালে ইলেক্ট্রন থাকে। f-ব্লকভুক্ত সব মৌল গ্রুপ-3 এর অন্তর্ভুক্ত। নিচে সাতটি উদাহরণ দ্বারা উপরোক্ত নিয়মগুলো ব্যাখ্যা করা হলো। যেমন—



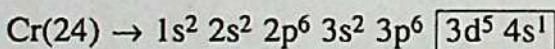
এর পর্যায় সংখ্যা = 3; গ্রুপ-1



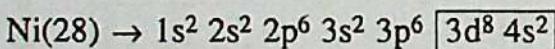
এর পর্যায় সংখ্যা = 3; গ্রুপ-( $10 + 7$ ) = 17



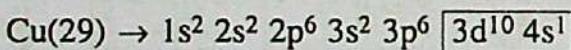
এর পর্যায় সংখ্যা = 3; গ্রুপ-( $10 + 8$ ) = 18



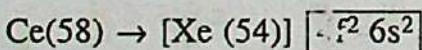
এর পর্যায় সংখ্যা = 4; গ্রুপ-6



এর পর্যায় সংখ্যা = 4; গ্রুপ-10



এর পর্যায় সংখ্যা = 4; গ্রুপ-11



এর পর্যায় সংখ্যা = 6; গ্রুপ-3 [যেহেতু f ব্লকভুক্ত]

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১ : পর্যায় সারণিতে নিম্নোক্ত পারমাণবিক সংখ্যাবিশিষ্ট মৌলসমূহের অবস্থান নির্ণয় কর :

- (ক) 18 (খ) 22 (গ) 29 (ঘ) 48 (ঙ) 16 (চ) 59

সমাধান : (ক) পারমাণবিক সংখ্যা 18 বিশিষ্ট মৌলের ইলেক্ট্রন বিন্যাস  $1s^2 2s^2 2p^6 [3s^2 3p^6]$ । সুতরাং অষ্টক পূর্ণ থাকায় এটি একটি নিক্রিয় গ্যাস। অতএব এটির গ্রুপ সংখ্যা 18। যেহেতু ইলেক্ট্রন বিন্যাসে সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 3, সেহেতু মৌলটির অবস্থান 3য় পর্যায়ে। তাই মৌলটির পর্যায় হলো 3 এবং গ্রুপ-18।

(খ) পারমাণবিক সংখ্যা 22 বিশিষ্ট মৌলের ইলেক্ট্রন বিন্যাস  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 [3d^2 4s^2]$ । যেহেতু এক্ষেত্রে সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 4, সেহেতু মৌলটি চতুর্থ পর্যায়ে অবস্থিত। অসম্পূর্ণ d অরবিটাল ( $3d^2$ ) হতে বোঝা যায় যে এটি d-ব্লক মৌল।  $3d$  ও  $4s$  অরবিটালে মোট ইলেক্ট্রন সংখ্যা ( $2 + 2$ ) = 4। অতএব এটির গ্রুপ সংখ্যা 4। তাই মৌলটির পর্যায় হলো 4, গ্রুপ সংখ্যা-4।

(গ) পারমাণবিক সংখ্যা 29 বিশিষ্ট মৌলের ইলেক্ট্রন বিন্যাস  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 [3d^{10} 4s^1]$ । যেহেতু এক্ষেত্রে সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 4, সেহেতু মৌলটি চতুর্থ পর্যায়ে অবস্থিত।  $3d^{10} 4s^1$  ইলেক্ট্রন বিন্যাস থাকায় এটির গ্রুপ সংখ্যা- 11। তাই মৌলটির পর্যায় সংখ্যা- 4, গ্রুপ সংখ্যা- 11।

(ঘ) পারমাণবিক সংখ্যা 48 বিশিষ্ট মৌলের ইলেক্ট্রন বিন্যাস  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 [4d^{10} 5s^2]$ । যেহেতু এক্ষেত্রে সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 5, সেহেতু মৌলটি ৫ম পর্যায়ে অবস্থিত।  $4d^{10} 5s^2$  ইলেক্ট্রন বিন্যাসের কারণে এটির গ্রুপ সংখ্যা- 12।

(ঙ) পারমাণবিক সংখ্যা 16 বিশিষ্ট মৌলের ইলেক্ট্রন বিন্যাস  $1s^2 2s^2 2p^6 [3s^2 3p^4]$ । সর্বোচ্চ প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা 3 হওয়ায় মৌলটি তৃতীয় পর্যায়ে অবস্থিত। এটি একটি প্রতিরূপী মৌল  $3s$  ও  $3p$  অরবিটালে সর্বমোট ইলেক্ট্রন সংখ্যা  $(2+4)=6$  হওয়ায় এটি  $(10+6)=16$  গ্রুপে অবস্থিত।

(চ) পারমাণবিক সংখ্যা 59 বিশিষ্ট মৌলের ইলেক্ট্রন বিন্যাস  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} [4f^3 5s^2 5p^6 6s^2]$ । সর্বোচ্চ কোয়ান্টাম সংখ্যা 6 হওয়ায় মৌলটি ষষ্ঠ পর্যায়ে অবস্থিত। আংশিক পূর্ণ  $4f$  অরবিটাল থাকায় এটি একটি অন্তঃঅবস্থান্তর মৌল। অতএব এটি গ্রুপ -3 এর অন্তর্ভুক্ত।

### ৩.২ বিভিন্ন ব্লকের মৌলের সাধারণ ধর্মাবলি

#### General Properties of Blocks-Elements

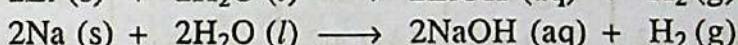
##### S-ব্লক মৌলসমূহ (s-block elements) :

S-ব্লক মৌল : যে সব মৌলের সর্বশেষ ইলেক্ট্রন  $s$  অরবিটালে প্রবেশ করে, তাদেরকে S-ব্লক মৌল বলে। পর্যায় সারণির গ্রুপ-1 ও গ্রুপ-2 এর 13টি মৌল ও He সহ মোট 14টি মৌল হলো S-ব্লকের মৌল। এদের যোজ্যতা স্তরে বা সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরে  $ns^2$  ইলেক্ট্রন থাকে।

S-ব্লকের ধাতুসমূহ দুটি বিশেষ নামে পরিচিত; যেমন—

- (১) ক্ষার ধাতু বা অ্যালকালি মেটালস (alkali metals)
- (২) মৃৎ ক্ষার ধাতু বা alkaline earth metals

(১) ক্ষার ধাতু : S-ব্লক মৌলসমূহের মধ্যে গ্রুপ-1 এর মৌলসমূহ যেমন Li, Na, K, Rb, Cs ও Fr ইত্যাদিকে ক্ষার ধাতু বলে। কারণ এসব মৌল পানির সাথে তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে সবল ক্ষার ধাতব হাইড্রোকাইড ও  $H_2$  গ্যাস উৎপন্ন করে। যেমন-



মৃৎ-ক্ষার ধাতু : গ্রুপ-2 এর ধাতব মৌলসমূহ হলো Be, Mg, Ca, Sr, Ba ও Ra। এদের  $ns^2$  যোজ্যতা ইলেক্ট্রন থাকে। এদেরকে মৃৎ-ক্ষার ধাতু (alkaline earth metals) বলে। কারণ এ ধাতুগুলোর মধ্যে Mg ও Ca এর অক্সাইড ও কার্বনেট লবণ মাটি বা মৃৎকায় পাওয়া যায়। এরা পানির সাথে ধীরে বিক্রিয়া করে ধাতব হাইড্রোকাইড ক্ষারক ও  $H_2$  গ্যাস উৎপন্ন করে।



##### ৩.২.১ S-ব্লক ধাতব মৌলসমূহের সাধারণ ধর্মাবলি (General Properties of s-block metals)

(১) S-ব্লকের ধাতব মৌলসমূহ নিম্ন গলনাক্ষ ও নিম্ন স্ফুটনাক্ষবিশিষ্ট ধাতু। যেমন, গ্রুপ-1 এর সর্বোচ্চ গলনাক্ষ বিশিষ্ট ধাতু হলো Li; এর গলনাক্ষ হলো  $180.5^\circ C$  এবং Cs এর গলনাক্ষ হলো  $28.4^\circ C$ । অপরদিকে Be এর গলনাক্ষ  $1278^\circ C$ , Ra এর গলনাক্ষ হলো  $700^\circ C$ । MAT: 10-11

**MCQ-3.6 : f-ব্লকের মৌল সংখ্যা কত?**

[ব. বো. ২০১৬]

(ক) 14 (খ) 41 (গ) 30 (ঘ) 27

- (২) S-ব্লকের মৌলসমূহ নরম ও নমনীয় ধাতু; যেমন Na ধাতুকে ছুরি দিয়ে কাটা যায়।
- (৩) গ্রুপ-১ এর ধাতুসমূহ, এদের যোজ্যতা ইলেকট্রন (ns<sup>1</sup>) ত্যাগ করে একক ধনাত্মক আয়ন ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) এবং গ্রুপ-২ এর ধাতুসমূহ, এদের যোজ্যতা ইলেকট্রন (ns<sup>2</sup>) ত্যাগ করে দ্বিধনাত্মক আয়ন ( $\text{Be}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) তৈরি করে।
- (৪) গ্রুপ-১ ও গ্রুপ-২ এর ক্যাটায়নসমূহে কোনো বিজোড় বা অযুগ্ম ইলেকট্রন না থাকায় এদের যৌগসমূহ বগফীল। কিন্তু ব্যতিক্রম হলো এদের সাথে বর্ণযুক্ত ঝণাত্মক আয়নবিশিষ্ট ডাইক্রোমেট ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ), ক্রোমেট ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ), ম্যাঙ্কানেট ( $\text{K}_2\text{MnO}_4$ ) ও পারম্যাগনেট ( $\text{KMnO}_4$ ) লবণসমূহ বর্ণযুক্ত হয়।
- (৫) ক্যাটায়নসমূহে বিজোড় ইলেকট্রন না থাকায়, এরা ডায়াম্যাগনেটিক বা চুম্বকক্ষেত্র দ্বারা বিকর্ষিত হয়।
- (৬) গ্রুপ-১ এর ধাতুসমূহের আয়নীকরণ শক্তি সবচেয়ে কম; এদের তুলনায় গ্রুপ-২ এর ধাতুসমূহের আয়নীকরণ শক্তি বেশি হয়। [অনুচ্ছেদ ৩.৩ (ঘ) দেখ]
- (৭) S-ব্লক মৌল হলো তীব্র তড়িৎ ধনাত্মক মৌল। এদের সক্রিয়তা একই গ্রুপের নিচের দিকের মৌলসমূহে বৃদ্ধি পায়।
- (৮) S-মৌলসমূহ তীব্র বিজ্ঞারকরণে ক্রিয়া করে।
- (৯) Be ও Mg ব্যতীত S-ব্লকের অন্য সব মৌল বুনসেন শিখায় বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বর্ণ সৃষ্টি করে।

\*বেরিলিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর পরমাণু তুলনামূলকভাবে আকারে ছোট। এদের নিউক্লিয়াস দ্বারা যোজ্যতা ইলেকট্রন অধিক আকৃষ্ট থাকে; ফলে এদের আয়নীকরণ শক্তি অন্য সব S-ব্লক মৌলের চেয়ে বেশি হয়। বুনসেন শিখার তাপে এসব মৌলের যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন উদ্বৃত্তি হয়ে উচ্চতর শক্তিস্তরে উন্নীত হতে পারে না। এ কারণে Be ও Mg এর পরমাণু বা ধাতব লবণ বুনসেন শিখায় কোনো বিশেষ বর্ণ সৃষ্টি করে না।

(১০) Be ব্যতীত S-ব্লকের অন্য সব ধাতু আয়নিক যৌগ গঠন করে।

ছোট আকারের জন্য কখনো  $\text{Be}^{2+}$  আয়ন সৃষ্টি হয় না।  $\text{Li}$  পরমাণু  $\text{Li}^+$  আয়ন গঠন করলেও এর অধিক চার্জ ঘনত্বের কারণে পোলার সমযোজী যৌগে পরিণত হয়। এ কারণে  $\text{Li}$ -লবণ পানিতে কম দ্রবণীয়।  $\text{LiCl}$ ,  $\text{LiBr}$ ,  $\text{LiI}$  প্রভৃতি পোলার দ্রাবক অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোন প্রভৃতি জৈব দ্রাবকে অধিক দ্রবণীয় হয়।

S-ব্লক মৌলসমূহের প্রত্যেকটির ইলেকট্রন বিন্যাসকে নিম্নিয় গ্যাসের প্রতীকের সাথে সর্ববিস্তৃ শক্তিস্তর বা যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাসসহ নিম্নরূপে দেখানো হয়। [বইয়ের প্রথমে দেয়া পর্যায় সারণি দেখ।]

গ্রুপ-১	H(I) $1s^1$	Li(3) [He] $2s^1$	Na(11) [Ne] $3s^1$	K(19) [Ar] $4s^1$	Rb(37) [Kr] $5s^1$	Cs(55) [Xe] $6s^1$	Fr(87) [Rn] $7s^1$
গ্রুপ-২		Be(4) [He] $2s^2$	Mg(12) [Ne] $3s^2$	Ca (20) [Ar] $4s^2$	Sr(38) [Kr] $5s^2$	Ba(56) [Xe] $6s^2$	Ra(88) [Rn] $7s^2$

গ্রুপ → পর্যায় ↓	1	M.P °C	2	M.P °C
2	${}_3\text{Li}$	180.5	${}_4\text{Be}$	1278
3	${}_{11}\text{Na}$	97.7	${}_{12}\text{Mg}$	650
4	${}_{19}\text{K}$	63.3	${}_{20}\text{Ca}$	842
5	${}_{37}\text{Rb}$	39.3	${}_{38}\text{Sr}$	777
6	${}_{55}\text{Cs}$	28.4	${}_{56}\text{Ba}$	727
7	${}_{87}\text{Fr}$	—	${}_{88}\text{Ra}$	700
ইলেকট্রন বিন্যাস	ns <sup>1</sup>		ns <sup>2</sup>	

MCQ-3.7 : কোনুগুলো অপধাতু?

(ক) Si, Ge, As

(খ) Na, K, Rb

(গ) Mg, Al, Sb

(ঘ) B, Fe, Ni

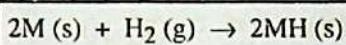
জেনে নাও : সবচেয়ে সবল ক্ষার বা, অ্যালকালি দ্রবণ হলো KOH, NaOH এবং LiOH দ্রবণ।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.২ : Be ও Mg ধাতু বুলসেন শিখায় কোনো বিশেষ বর্ণ সৃষ্টি করে না কেন ; ব্যাখ্যা কর।

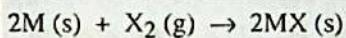
সমাধান : Be ও Mg পরমাণুর আকার অপেক্ষাকৃত ছোট হওয়ায় এদের আয়নীকরণ শক্তি বেশি। বুলসেন শিখার তাপ শক্তি এদের যোজ্যতা-ইলেক্ট্রনকে উচ্চ শক্তিস্তরে উত্তোলিত করতে পারে না। তাই এরা শিখায় বর্ণ সৃষ্টি করে না।

### S-ব্লক মৌলসমূহের রাসায়নিক ধর্ম :

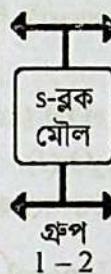
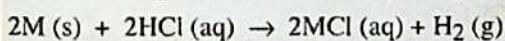
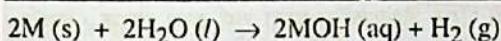
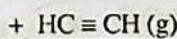
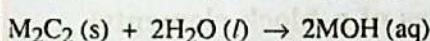
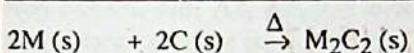
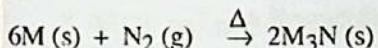
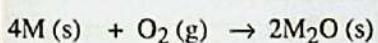
গ্রুপ-১ এর মৌলসমূহের বিক্রিয়াসমূহ :



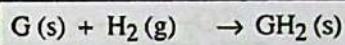
$M = Li, Na, K, Rb, Cs$



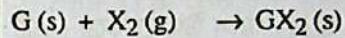
$X = F, Cl, Br, I$



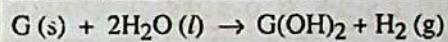
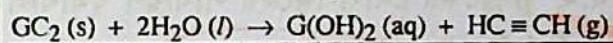
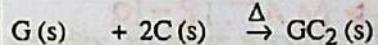
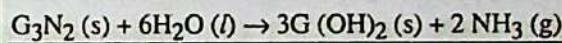
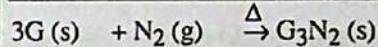
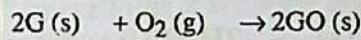
### গ্রুপ-২ এর মৌলসমূহের বিক্রিয়াসমূহ :



$G = Be, Mg, Ca, Sr, Ba$



$X = F, Cl, Br, I$



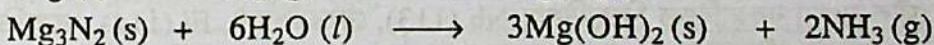
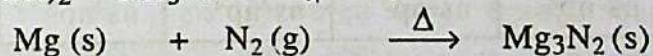
$G = Ca, Sr, Ba$

### S-ব্লক মৌলসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং এদের বুঝে মনে রাখার নিয়ম :

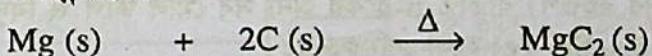
(১) অধাতুসহ আয়নিক যৌগ : S-ব্লকের গ্রুপ-১ ও গ্রুপ-২ এর মৌলসমূহের প্রত্যেকে পর্যায় সারণির অধাতুর মৌল  $H_2$ , হ্যালোজেন ( $X_2 = F_2, Cl_2, Br_2, I_2$ ),  $O_2, N_2, C$  ইত্যাদির সাথে আয়নিক যৌগ গঠন করে। [ওপরের চিত্রে দেখ]

(২) নাইট্রাইড ও কার্বাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ : S-ব্লকের ধাতব নাইট্রাইড ( $M_3N, G_3N_2$ ) ও ধাতব কার্বাইড ( $M_2C_2, GC_2$ ) গরম পানির সংপর্শে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে যথাক্রমে  $NH_3$ ,  $HC\equiv CH$  (অ্যাসিটিলিন) গ্যাস ও ধাতব হাইড্রোক্সাইড উৎপন্ন করে। [ওপরের বিক্রিয়া দেখ]

যেমন  $Mg$  ধাতুকে  $N_2$  গ্যাসসহ উৎপন্ন করলে আয়নিক যৌগ ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড ( $Mg_3N_2$ ) গঠন করে।  $Mg_2N_2$  অণুতে নাইট্রাইড আয়নের অধিক পোলারায়নের কারণে এটি সমযোজী যৌগের মতো গরম পানিতে সহজে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে  $Mg(OH)_2$  ও  $NH_3$  গ্যাস উৎপন্ন করে :



অনুরূপভাবে ম্যাগনেসিয়াম কার্বাইড ( $MgC_2$ ) গঠিত হয় এবং গরম পানির সাথে আর্দ্র বিশ্লেষণ বিক্রিয়ায়  $Mg(OH)_2$  ও অ্যাসিটিলিন গ্যাস উৎপন্ন করে।

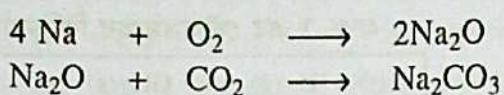


(৩) পানিসহ বিক্রিয়া : গ্রুপ-১ এর অধিক সক্রিয় ধাতুসমূহ প্রবলভাবে পানির সাথে বিক্রিয়া করে সবল ক্ষার যেমন  $NaOH, KOH$  ও  $H_2$  গ্যাস উৎপন্ন করে। এজন্য গ্রুপ-১ এর ধাতুসমূহকে ক্ষার ধাতু বলে। কিন্তু গ্রুপ-২ এর কম সক্রিয় ধাতুসমূহ পানির সাথে ধীরে বিক্রিয়া করে ধাতুর হাইড্রোক্সাইড ও  $H_2$  গ্যাস উৎপন্ন করে। এছাড়া গ্রুপ-২ এর ধাতুর যৌগ মাটির অন্যতম উপাদান হওয়ায় গ্রুপ-২ এর ধাতুসমূহকে মৃৎ-ক্ষার ধাতু বলে। [ওপরের বিক্রিয়া দেখ]

(৪) এসিডের  $H$ -প্রতিস্থাপন :  $HCl$  এসিডের সাথে গ্রুপ-১ ও গ্রুপ-২ এর ধাতুসমূহ প্রবলভাবে বিক্রিয়া করে ধাতব ক্লোরাইড ও  $H_2$  গ্যাস উৎপন্ন করে।

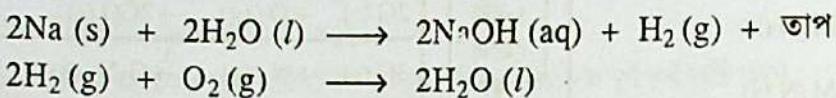
সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৩ : সোডিয়াম ধাতুকে কেরোসিনের মধ্যে সংরক্ষণ করা হয় কেন; ব্যাখ্যা কর।

সমাধান : সোডিয়াম ধাতু অতীব সক্রিয় গ্রুপ-১ এর ধাতু। সোডিয়াম ধাতুকে বাতাসে ও পানিতে রাখা যায় না। কারণ বাতাসের সংশ্লিষ্ট বাতাসের মধ্যস্থ অক্সিজেনের সাথে  $\text{Na}$  ধাতু বিক্রিয়া করে সোডিয়াম অক্সাইড গঠন করে। পরে উৎপন্ন  $\text{Na}_2\text{O}$  বাতাসের  $\text{CO}_2$  গ্যাসের সাথে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়।



**MCQ-3.8 :** অপধাতুর সংখ্যা কত?  
(ক) ৬ (খ) ৮ (গ) ৯ (ঘ) ১০

আবার সোডিয়াম ধাতুকে পানিতেও রাখা যায় না। পানির সংশ্লিষ্ট সোডিয়াম ধাতু পানির সাথে প্রবলভাবে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড ফ্লার ও  $\text{H}_2$  গ্যাস উৎপন্ন করে। এটি তাপোৎপন্ন বিক্রিয়া হওয়ায় উৎপন্ন  $\text{H}_2$  গ্যাসে আগুন ধরে যায়। ফলে পানি উৎপন্ন হয়।



তাই সোডিয়াম ধাতুকে নিম্নিয় তরল পদার্থ কেরোসিনের মধ্যে সংরক্ষণ করা হয়।

### ৩.২.২ p-ব্লকের মৌলসমূহের সাধারণ ধর্মাবলি (General Properties of p-block elements)

প্রতিনিধি মৌল s-ব্লক ও p-ব্লকের মৌলসমূহকে আদর্শ বা প্রতিনিধি মৌল (normal or representative elements) বলা হয়; কারণ এদের যোজ্যতা স্বরে অরবিটালসমূহ সাধারণ নিয়ম মতে ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হয়ে থাকে। অর্থাৎ এসব মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাস সাধারণ নিয়ম যেমন আউফবাট নীতি মেনে চলে।

পর্যায় সারণির গ্রুপ-13 এর মৌলসমূহে  $\text{ns}^2 \text{np}^1$  ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে শুরু করে গ্রুপ-14, 15, 16, 17 ও গ্রুপ-18 এর ( $\text{ns}^2 \text{np}^6$ ) মৌলসমূহ p-ব্লকে স্থান পেয়েছে। যেমন-

পর্যায় ↓	গ্রুপ →	13	14	15	16	17	18
2	MAT: 10-11 (S.B.)	${}_{15}\text{B}$	${}_{16}\text{C}$	${}_{17}\text{N}$	${}_{18}\text{O}$	${}_{19}\text{F}$	${}_{10}\text{Ne}$
3		${}_{13}\text{Al}$	${}_{14}\text{Si}$	${}_{15}\text{P}$	${}_{16}\text{S}$	${}_{17}\text{Cl}$	${}_{18}\text{Ar}$
4		${}_{31}\text{Ga}$	${}_{32}\text{Ge}$	${}_{33}\text{As}$	${}_{34}\text{Se}$	${}_{35}\text{Br}$	${}_{36}\text{Kr}$
5		${}_{49}\text{In}$	${}_{50}\text{Sn}$	${}_{51}\text{Sb}$	${}_{52}\text{Te}$	${}_{53}\text{I}$	${}_{54}\text{Xe}$
6		${}_{81}\text{Tl}$	${}_{82}\text{Pb}$	${}_{83}\text{Bi}$	${}_{84}\text{Po}$	${}_{85}\text{At}$	${}_{86}\text{Rn}$
7		${}_{113}\text{Nh}$	${}_{114}\text{Fl}$	${}_{115}\text{Mc}$	${}_{116}\text{Lv}$	${}_{117}\text{Ts}$	${}_{118}\text{Og}$
ইলেকট্রন বিন্যাস		$\text{ns}^2 \text{np}^1$	$\text{ns}^2 \text{np}^2$	$\text{ns}^2 \text{np}^3$	$\text{ns}^2 \text{np}^4$	$\text{ns}^2 \text{np}^5$	$\text{ns}^2 \text{np}^6$

(১) p-ব্লকের মৌল সংখ্যা নবআবিষ্কৃত নিহোনিয়াম  $\text{Nh}$  (113), ফ্লোডিয়াম,  $\text{Fl}$  (114), মক্সিডিয়াম,  $\text{Mc}$  (115), লিভারমরিয়াম,  $\text{Lv}$  (116), টেনেসিন,  $\text{Ts}$  (117) ও ওগানেসান,  $\text{Os}$  (118) সহ ৩৬টি। এদের মধ্যে ধাতু, অপধাতু বা মেটালয়েড ও অধাতু রয়েছে।

(২) ধাতু (১২টি) ও গ্রাফাইট (কার্বনের বহুরূপ) ব্যতীত p-ব্লকের অন্য সব মৌল তাপ ও বিদ্যুৎ কু-পরিবাহী।

(৩) p-ব্লকের বেশির ভাগই তড়িৎ ঋণাত্মক অধাতু।

(৪) একই পর্যায়ে বাম থেকে ডানদিকে মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে যোজ্যতা ইলেকট্রন সংখ্যা বৃদ্ধি পায়;

(৫) একই পর্যায়ে বাম থেকে ডান দিকে p-ব্লকের মৌলসমূহের বিজ্ঞারণ ক্ষমতা ক্রমশ হ্রাস পায়।

(৬) একই পর্যায়ে বাম থেকে ডানদিকে p-ব্লকের মৌলসমূহের জারণ ক্ষমতা ক্রমশ বৃদ্ধি পায়। কিন্তু একই গ্রুপের

ওপর থেকে নিচের দিকে মৌলসমূহের জারণ ক্ষমতা হ্রাস পায়।

(৭) একই গ্রুপে ওপর থেকে নিচের দিকে মৌলসমূহের বেলায় পারমাণবিক আকার বৃদ্ধি পায়; আয়নীকরণ বিভব হ্রাস

পায় এবং ধাতব ধর্ম ক্রমশ বৃদ্ধি পায়।

(৮) একই গ্রুপে ওপর থেকে নিচের দিকে মৌলসমূহের বিজ্ঞান ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়।

(৯) p-ব্লকের অধাতু মৌলসমূহ নিজেদের মধ্যে সমযোজী যৌগ এবং ধাতুর সাথে আয়নিক যৌগ সৃষ্টি করে।

(১০) p-ব্লকের মৌলসমূহের পরিবর্তনশীল জারণ অবস্থা বিভিন্ন যৌগে দেখা যায়।

\* p-ব্লক মৌলসমূহের মধ্যে  $ns^2 np^5$  ইলেকট্রনীয় কাঠামোর অর্থাৎ গ্রুপ-17 এর মৌলসমূহ হলো হ্যালোজেন যেমন, F, Cl, Br, I ও At। হ্যালোজেন (halogen) শব্দের অর্থ হলো 'সামুদ্রিক লবণ প্রস্তুতকারী'। কারণ এসব মৌলের লবণ NaCl, NaBr, NaI সমুদ্রের লবণাক্ত পানিতে থাকে।

\* অধিকাংশ ধাতু প্রকৃতিতে ধাতব অক্সাইড ও ধাতব সালফাইড আকরিকরণে থাকে। তাই গ্রুপ-16 এর মৌলসমূহকে (O, S, Se, Te ইত্যাদিকে) চ্যালকোজেন (Chalcogens, ore-forming) বা আকরিক সৃষ্টিকারী মৌল বলা হয়।

\* অধিকাংশ p-ব্লক মৌল অধাতু। তবে এদের মধ্যে B, Si, Ge, As, Sb, Te—এ ছয়টি মৌলে ধাতু ও অধাতু উভয় শ্রেণির ধর্ম প্রকাশ পায়; এজন্য এদেরকে অপধাতু বা মেটালয়েড (metalloid) বলে। পর্যায় সারণির p-ব্লকের মাঝখানের সিঙ্গুলারিটি রেখার ডানদিকের অবশিষ্ট মৌল অধাতু এবং বামদিকের মৌলসমূহ ধাতু।

\* আবার  $ns^2 np^6$  ইলেকট্রনীয় কাঠামোর মৌলসমূহকে (He সহ যদিও এর ইলেকট্রন বিন্যাস ভিন্নতর) নিক্রিয় গ্যাস বলে। যেমন, Ne, Ar, Kr, Xe ও Rn নিক্রিয় গ্যাস। কারণ এদের অধিকতর স্থায়ী  $ns^2 2p^6$  ইলেকট্রন বিন্যাস থাকায় এরা রাসায়নিকভাবে নিক্রিয় হয়।

**নিক্রিয় গ্যাসসমূহের বিশেষ ব্যবহার :**

(ক) হিলিয়াম : সবচেয়ে হালকা  $H_2$  গ্যাস। এরপর He গ্যাস, এটি অদাহ্য।  $H_2$  এর তুলনায় He গ্যাসের বেলুন উত্তোলন ক্ষমতা 92%। গভীর পানির নিচে কর্মরত ডুরুরিগণের শ্বাস-প্রশ্বাসে ব্যবহৃত অঞ্জিজেন সিলিভারে 80% He ও 20%  $O_2$  থাকে।

(খ) নিয়ন : নিয়ন আলো উজ্জ্বল লাল বর্ণের ও কুয়াশার মধ্যেও দৃশ্যমান। তাই উড়ন্ত বিমানে পাইলটগণ উজ্জ্বল লাল বর্ণের নিয়ন আলো-সংকেত ব্যবহার করেন। সবুজ বা নীল বর্ণের বালবে অন্যান্য নিক্রিয় গ্যাস অথবা মার্কারি বাল্প মিশ্রিত থাকে।

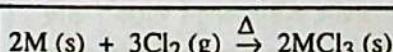
(গ) আর্গন : বায়ুতে নিক্রিয় গ্যাসসমূহের মধ্যে আর্গনের পরিমাণ বেশি (0.93%) **বৈদ্যুতিক বাল্বে** নিক্রিয় পরিবেশর মধ্যে আর্গন ব্যবহৃত হয়। **MAT: 11-12**

(ঘ) ক্রিপটন-জেনন : ফটোগ্রাফিক ফ্লাশ বাল্ব তৈরিতে ক্রিপটন জেনন মিশ্রণ ব্যবহৃত হয়।

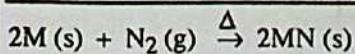
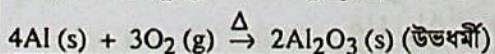
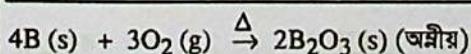
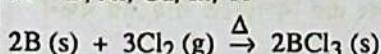
(ঙ) রেডন : তেজক্রিয় রেডন ক্যাসার চিকিৎসায় **ক্যাসার** কোষ ধ্রংশ করার কাজে ব্যবহৃত হয়। **MAT: 14-15**

(১) p-ব্লক মৌলসমূহের রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties of p-block elements) :

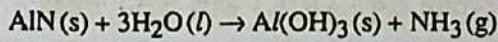
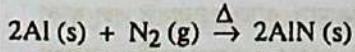
p-ব্লকভুক্ত ছয়টি গ্রুপ আছে। p-ব্লকের এ ছয়টি গ্রুপে থাকা মৌলের পরমাণুর p-অরবিটালে এক-একটি করে ছয়টি ইলেকট্রন ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি পায়। p-ব্লক মৌলসমূহের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস  $ns^2 np^{1-6}$ । p-ব্লকের ছয়টি গ্রুপের রাসায়নিক ধর্মাবলি পৃথকভাবে গ্রন্থিতে দেখানো হলো :



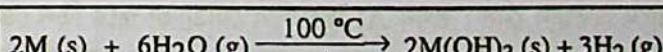
M = B, Al, Ga, In, Tl



M = B, Al, Ga, In, Tl

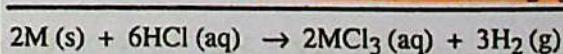


p-ব্লক  
গ্রুপ  
13

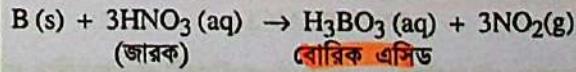
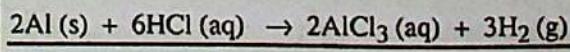


M = B, Al, Ga, In, Tl

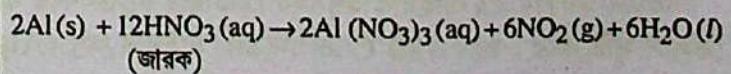
কক্ষ তাপে Al পানির সংস্পর্শে ক্ষয় প্রতিরোধী  $Al_2O_3$  ত্বরণ সৃষ্টি করে।



M = Al, Ga, In, Tl



(জারক) **বেরিক এসিড**

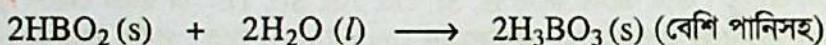
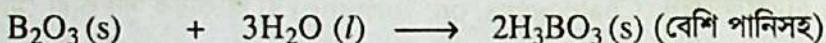
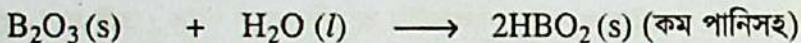


(জারক)

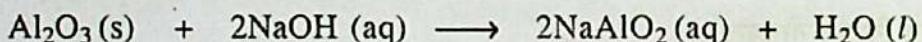
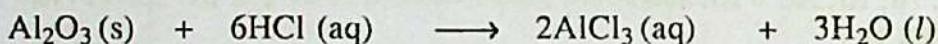
p-ব্লকের গ্রুপ-13 এর মৌলসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং এদের বৃক্ষে মনে রাখার নিয়ম :

(১) ধাতব ও অধাতব দ্বিমৌল যৌগ গঠন : গ্রুপ-13 এর প্রথম মৌল B হলো অপধাতু, Al, Ga, In, Tl হলো ধাতু। s-ব্লক মৌলের চেয়ে এরা কম সক্রিয়। তাই অধাতব মৌল  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  এর সাথে উচ্চ তাপ প্রয়োগে এরা দ্বিমৌল যৌগ যেমন ক্লোরাইড, অক্সাইড ও নাইট্রাইড গঠন করে। [ওপরের সমীকরণ দেখ]

(২) অন্ধর্মী অক্সাইড গঠন : বোরনের অক্সাইড ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) অস্থিয়। তাই  $\text{B}_2\text{O}_3$  পানির সাথে বিক্রিয়ায় বোরিক এসিড বা অর্থোবোরিক এসিড,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (or  $\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) ও মেটাবোরিক এসিড,  $\text{HBO}_2$  (or  $\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) উৎপন্ন করে।

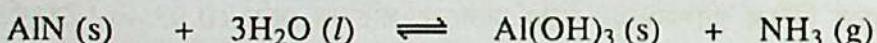
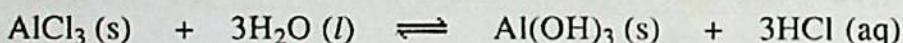


(৩) উভধর্মী অক্সাইড গঠন :  $\text{Al}_2\text{O}_3$  উভধর্মী অক্সাইড। তাই এটি পৃথকভাবে অম (HCl) ও গাঢ় ক্ষার (NaOH) দ্রবণের সাথে বিক্রিয়ায় প্রতিক্রিয়ে লবণ ও পানি উৎপন্ন করে।



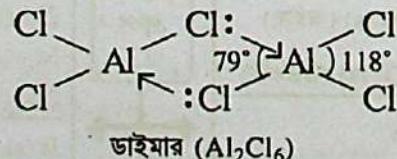
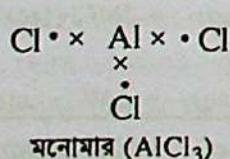
সোডিয়াম অ্যালুমিনেট

(৪) ধাতব ক্লোরাইড ও নাইট্রাইডের আর্দ্রবিশ্লেষণ : ধাতব ক্লোরাইড ( $\text{AlCl}_3$ ) ও ধাতব নাইট্রাইড (AlN) অণুতে সর্বাধিক পোলারাইনের কারণে (অনুচ্ছেদ-৩.১৫.২ দেখ), সমযোজী যৌগের মতো  $\text{AlCl}_3$  ও AlN পানিতে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে  $\text{Al(OH)}_3$ , HCl ও  $\text{NH}_3$  তৈরি করে।



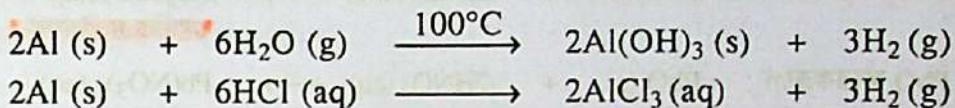
জেনে নাও :  $\text{AlCl}_3$  ডাইমার অণু ( $\text{Al}_2\text{Cl}_6$ ) গঠন করে।

এর কারণ হলো মূলত অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ( $\text{AlCl}_3$ ) আয়নিক বদ্ধন দ্বারা গঠিত হলেও  $\text{Al}^{3+}$  আয়নের চার্জ ঘনত্ব অধিক। [অর্থাৎ আয়নের চার্জ/ব্যাসার্ধ, অনুপাত হলো (৩ একক / ০.০৫ nm) = ৬০ একক চার্জ nm<sup>-১</sup> যা  $\text{Na}^+$  আয়ন ও  $\text{Mg}^{2+}$  আয়নের 'চার্জ/ব্যাসার্ধ' অনুপাত অপেক্ষা অনেক বেশি। যেমন  $\text{Na}^+$  এর চার্জ ঘনত্ব ১০ একক চার্জ nm<sup>-১</sup> এবং  $\text{Mg}^{2+}$  এর চার্জ ঘনত্ব ৩০ একক চার্জ nm<sup>-১</sup>]। ফলে  $\text{Al}^{3+}$  আয়ন দ্বারা ঝণাঝক আয়ন যেমন  $\text{Cl}^-$  আয়নের পোলারাইন সহজেই ঘটে। এ অবস্থায় ঝণাঝক আয়ন যেমন  $\text{Cl}^-$  আয়নের ইলেক্ট্রন ঘনত্ব Al পরমাণু ও Cl পরমাণুর দুই নিউক্লিয়াসের মাঝখানে অবস্থান নেয়। তখন Al পরমাণুর যোজ্যতা শুরে তিনি জোড়া বদ্ধন ইলেক্ট্রন থাকে অর্থাৎ অস্টক অপূর্ণ থাকে। তাই অস্টক পূরণের জন্য দুটি করে  $\text{AlCl}_3$  অণুর Al পরমাণু পার্শ্ববর্তী Cl পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন যুগলের সাথে সন্নিবেশ বদ্ধন দ্বারা ডাইমার অণু ( $\text{Al}_2\text{Cl}_6$ ) সৃষ্টি করে। তখন ভিতরের বদ্ধন কোণ  $\angle \text{ClAlCl} = 79^\circ$  এবং এর বিপরীতে বাইরের বদ্ধন কোণ  $\angle \text{CIAICl} = 118^\circ$  হয়।



কঠিন অবস্থায় এই ডাইমার অণুসমূহ মোটামুটি চতুর্স্তুলকীয় গঠন ও শীট আকারে দুর্বল ভ্যানডারওয়াল আকর্ষণ বল দ্বারা কেলাস সৃষ্টি করে। তবে  $180^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় ডাইমার অণু ( $\text{Al}_2\text{Cl}_6$ ) ভেঙ্গে মনোমার অণু ( $\text{AlCl}_3$ ) রূপে কঠিন অবস্থা থেকে সরাসরি বাল্পীয় অবস্থায় উর্ধপাতিত হয়।

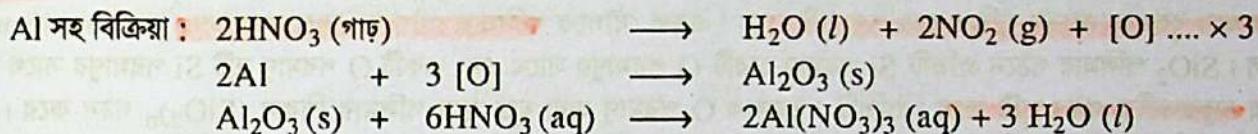
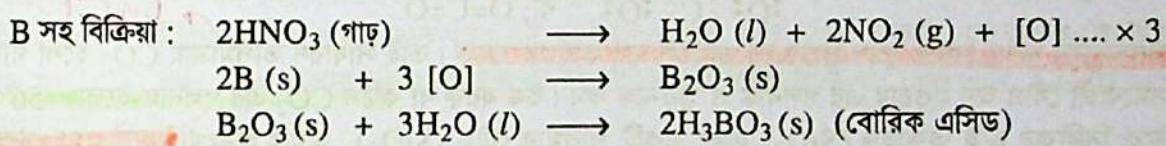
(৫) এসিডের H-প্রতিস্থাপন : কম সক্রিয় হওয়ায় গ্রুপ-13 এর ধাতুসমূহ  $100^{\circ}\text{C}$  এ পানির সাথে বিক্রিয়া করে ধাতব হাইড্রোক্লাইড ও  $\text{H}_2$  গ্যাস উৎপন্ন করে। এছাড়া এ সব ধাতু  $\text{HCl}$  এসিড থেকে  $\text{H}_2$  উৎপন্ন করে। [সমীকরণ দেখ]



(৬) জারণধর্মী এসিডসহ বিক্রিয়া : জারণধর্মী এসিড গাঢ়  $\text{HNO}_3$  দ্বারা B জারিত হয়ে  $\text{B}_2\text{O}_3$  এবং  $\text{HNO}_3$  বিজারিত হয়ে বাদামি  $\text{NO}_2$  গ্যাস উৎপন্ন হয়। অন্ধধর্মী  $\text{B}_2\text{O}_3$  পানির সাথে বিক্রিয়ায়  $\text{H}_3\text{BO}_3$  উৎপন্ন করে।

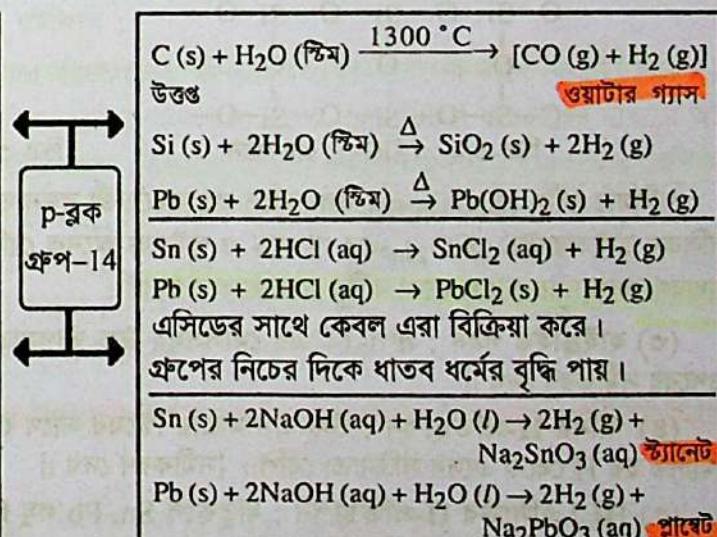
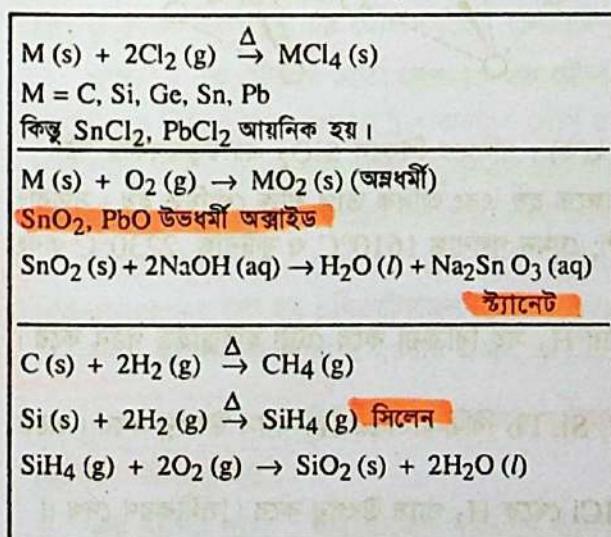
অনুরূপভাবে Al ধাতু ও  $\text{HNO}_3$  এর বিক্রিয়ায় প্রথমে  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ও  $\text{NO}_2$  গ্যাস এবং  $\text{Al}_2\text{O}_3$  পরে  $\text{HNO}_3$  এর সাথে বিক্রিয়ায়  $\text{Al(NO}_3)_3$  লবণ ও পানি উৎপন্ন করে। [সমীকরণ দেখ]।

প্রথমে গাঢ়  $\text{HNO}_3$  বিয়োজিত হয়ে  $\text{H}_2\text{O}$ , বাদামি  $\text{NO}_2$  গ্যাস ও জায়মান অক্সিজেন [O] উৎপন্ন করে।



(২) p-বুকের গ্রুপ-14 এর মৌলসমূহের রাসায়নিক ধর্মাবলি :

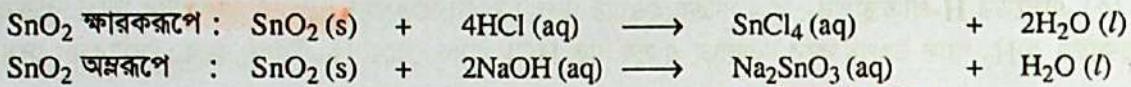
গ্রুপ-13 এর মৌলের মতো গ্রুপ-14 এর মৌলসমূহ হ্যালোজেন, অক্সিজেনসহ  $\text{H}_2$ , স্টিম, এসিড ও ক্ষার দ্রবণসহ বিক্রিয়া করে। পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে মৌলসমূহের সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায়।



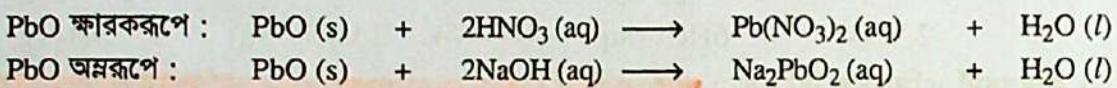
p-বুকের গ্রুপ-14 এর মৌলসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং এদের বুঝে মনে রাখার নিয়ম :

(১)  $\text{Cl}_2$  সহ বিক্রিয়া : গ্রুপ-14 এর অধাতব মৌল C ও Si এবং ধাতব মৌল Sn ও Pb প্রত্যেকেই  $\text{Cl}_2$  সহ উচ্চ তাপমাত্রায় চতুর্যোজ্যতা সহকারে সমযোজী টেট্রাক্লোরাইড গঠন করে। কিন্তু Sn ও Pb ধাতুর ডাইক্লোরাইড মোটামুটি আয়নিক হয়। [ওপরের সমীকরণ দেখ]।

(২)  $\text{O}_2$  সহ বিক্রিয়া : গ্রুপ-14 এর সব মৌল  $\text{O}_2$  সহ উচ্চ তাপমাত্রায় চতুর্যোজ্যতাসহ অক্সাইড গঠন করে। যেমন অন্ধধর্মী  $\text{CO}_2, \text{SiO}_2$ ; জারণধর্মী  $\text{SnO}_2, \text{PbO}$  উৎপন্ন হয়। তবে  $\text{SnO}_2$  ও  $\text{PbO}$  উভধর্মী অক্সাইডক্লপে পৃথকভাবে গাঢ়  $\text{NaOH}$  দ্রবণ ও  $\text{HCl}$  এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে প্রতি ক্ষেত্রে লবণ ও পানি উৎপন্ন করে।

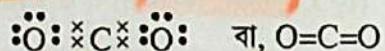


সোডিয়াম স্ট্যানেট



সোডিয়াম প্লাষাইট

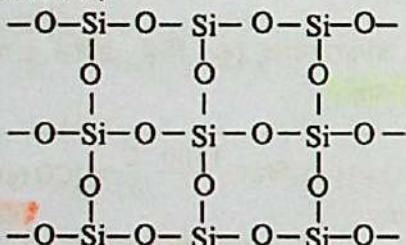
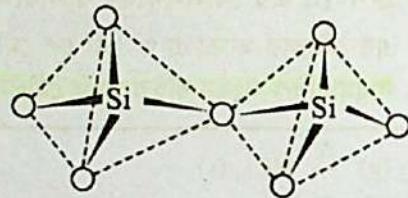
**জেনে নাও :** বাভাবিক অবস্থায়  $\text{CO}_2$  গ্যাস, কিন্তু  $\text{SiO}_2$  হলো কঠিন পদার্থ। এর কারণ হলো  $\text{CO}_2$  একটি একক অণু।  $\text{CO}_2$  এর অণুতে একটি কার্বন পরমাণু দুটি অক্সিজেন পরমাণুর সাথে দুই জোড়া ইলেক্ট্রন শেয়ার করে দ্বিবন্ধন দ্বারা যুক্ত থাকে।  $\text{CO}_2$  এর আণবিক গঠন সরলরৈখিক। যেমন,



DAT: 10-11

$\text{CO}_2$  অণুসমূহের মধ্যে কেবল দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস বল কার্যকর থাকে। তাই সাধারণ তাপমাত্রায়  $\text{CO}_2$  হলো গ্যাস। এটি একক সমযোজী যৌগ অণু হওয়ায় এর গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ কম। শুক বরফ বা কঠিন  $\text{CO}_2$  এর গলনাক্ষ হলো  $-56^\circ\text{C}$ ।

অপরদিকে সিলিকন ডাই অক্সাইট ( $\text{SiO}_2$ ) হলো একটি পলিমার যৌগ ( $\text{SiO}_2$ )<sub>n</sub> অর্থাৎ অসংখ্য  $\text{SiO}_2$  অণু পরম্পর যুক্ত হয়ে বৃহৎ আকারের সুস্থিত গুচ্ছ অণু সৃষ্টি করে। এরপ যৌগকে পলিমার যৌগ বা দৈত্যাকার অণু (giant molecule) বলে।  $\text{SiO}_2$  পলিমার গঠনে প্রতিটি Si পরমাণু চারটি O পরমাণুর সাথে এবং একটি O পরমাণু দুটি Si পরমাণুর সাথে যুক্ত হয়ে চতুর্স্তুলকীয় গঠন সৃষ্টি করে। প্রতিটি চতুর্স্তুলক O পরমাণু দ্বারা যুক্ত হয়ে পলিমার শিকল ( $\text{SiO}_2$ )<sub>n</sub> গঠন করে। এর পলিমার গঠন নিম্নরূপ:

চিত্র-৩.২ :  $(\text{SiO}_2)$ <sub>n</sub> এর গঠনচিত্র-৩.২(ক) : পলিমার শিকলে  $\text{SiO}_2$  এর চতুর্স্তুলকীয় গঠন

পলিমার যৌগ ( $\text{SiO}_2$ )<sub>n</sub>-এর গলনকালে বহু সময়োজী বন্ধন ভাসতে হয় এবং অধিক তাপ শক্তি শোষিত হয়। সূতরাং সিলিকন ডাইঅক্সাইট ( $\text{SiO}_2$ )<sub>n</sub>-এর গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ অনেক বেশি; যেমন গলনাক্ষ  $1610^\circ\text{C}$  ও ফুটনাক্ষ  $2230^\circ\text{C}$  এবং সাধারণ তাপমাত্রায়  $\text{SiO}_2$  হলো কঠিন কেলাসাকার পদার্থ।

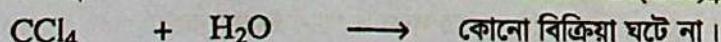
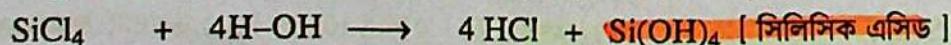
(৩) হাইড্রাইড গঠন : গ্রুপ-14 এর মৌলসমূহ উচ্চ তাপমাত্রায়  $\text{H}_2$  সহ বিক্রিয়া করে টেট্রা হাইড্রাইড গঠন করে। [ওপরের সমীকরণ দেখ।]

(৪) পানির H-প্রতিস্থাপন : উচ্চ তাপমাত্রায় স্থিমের সাথে C, Si, Pb বিক্রিয়া করে  $\text{H}_2$  গ্যাস উৎপন্ন করে। এতে প্রমাণিত হয় H থেকে এদের সক্রিয়তা বেশি। [সমীকরণ দেখ।]

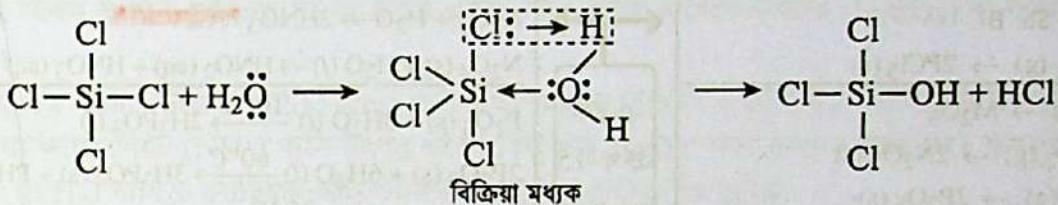
(৫) HCl এসিডের H-প্রতিস্থাপন : ধাতুরূপে Sn, Pb লঘু HCl থেকে  $\text{H}_2$  গ্যাস উৎপন্ন করে। [সমীকরণ দেখ।]

(৬) হ্যালাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ :  $\text{CCl}_4$  ব্যতীত গ্রুপ-14 এর অন্যান্য সমযোজী হ্যালাইড যেমন,  $\text{SiCl}_4$  পানির সংশ্লেষণে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়। আর্দ্র-বিশ্লেষণের প্রথম শর্ত হলো কেন্দ্রীয় পরমাণুর একটি ফাঁকা d-অরবিটাল থাকা প্রয়োজন। ঐ ফাঁকা d-অরবিটালের সাথে পানি অণুর O-পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন যুগল একটি সন্নিবেশ বন্ধন যেন করতে পারে। দ্বিতীয় পর্যায়ভুক্ত C-পরমাণুতে কোনো d-অরবিটাল থাকে না। তাই  $\text{CCl}_4$  পানিতে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হতে পারে না।

অপরদিকে  $\text{SiCl}_4$  এর কেন্দ্রীয় পরমাণু Si ত্তীয় পর্যায়ভুক্ত অধাতব মৌল হওয়ায় এবং এর 3d-অরবিটাল খালি থাকায় এটি পানি অণুর O পরমাণুর সাথে সন্নিবেশ বন্ধন গঠনের মাধ্যমে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়।



**ব্যাখ্যা :**  $\text{SiCl}_4$  এর আর্দ্র বিশ্লেষণ নিম্ন মতে পানির অক্সিজেন পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন সহযোগে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা অন্তর্ভূত যোগ বা বিক্রিয়া-মধ্যক গঠনের মাধ্যমে সংঘটিত হয়। এভাবে সৃষ্টি অন্তর্ভূত-যোগ থেকে পরবর্তীতে  $\text{HCl}$  অপসারিত হয়ে  $-\text{OH}$  মূলক  $\text{Si}$  এর সাথে যুক্ত হয়।



প্রাথমিক অবস্থায় এ বিক্রিয়ায় 'বিক্রিয়া-মধ্যকে'  $\text{Si}$  পরমাণুর সর্বশেষ শক্তিস্তরে ১০টি ইলেকট্রন বিদ্যমান থাকে। এর মধ্যে চারটি  $\text{Si}-\text{Cl}$  বন্ধন থেকে চার জোড়া এবং  $\text{Si} \leftarrow \text{OH}_2$  সন্নিবেশ বন্ধন থেকে এক জোড়া ইলেকট্রন রয়েছে। যেহেতু সিলিকন তৃতীয় পর্যায়ের মৌল সেহেতু তার খালি 3d-অরবিটাল আছে, যেখানে  $\text{H}_2\text{O}$  কর্তৃক যোগান ও শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগল স্থান দেয়া সম্ভব; অন্য কথায়  $\text{Si}$  এর পক্ষে অষ্টক সম্প্রসারণ সম্ভব হয়েছে। পরবর্তীতে  $\text{Si}(\text{OH})_4$  অণুতে অষ্টক বিন্যাস ঘটে থাকে।

এরপে চার ধাপে পানি অণুর সাথে বিক্রিয়ায়  $\text{SiCl}_4$  এর চারটি Cl পরমাণু চারটি  $-\text{OH}$  মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ে থাকে।



কিন্তু কার্বন দ্বিতীয় পর্যায়ের একটি মৌল। পরমাণুর দ্বিতীয় শক্তিস্তরে 2d বলে কোনো অরবিটাল নেই। সুতরাং কার্বনের পক্ষে অষ্টক সম্প্রসারণ সম্ভব নয়। সুতরাং পানির অণু  $\text{CCl}_4$  এর C পরমাণুর সাথে সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টি করে 'বিক্রিয়া-মধ্যক' বা অন্তর্ভূত-যোগ তৈরি করতে পারে না। এর ফলে  $\text{CCl}_4$  এর আর্দ্র বিশ্লেষণ হয় না।

(৩) p-ক্লকের গ্রুপ-15 এর মৌলসমূহের রাসায়নিক ধর্মাবলি :

গ্রুপ-14 এর মৌলের মতো গ্রুপ-15 এর মৌলসমূহ হ্যালোজেন, অক্সিজেন ও  $\text{H}_2$  গ্যাসের সাথে বিক্রিয়া করে।  $\text{N}_2$  ও  $\text{Cl}_2$  এর বিক্রিয়ায় কেবল  $\text{NCl}_3$ ; অন্যান্য মৌল পেট্রোক্রোইড গঠন করে এদের d-অরবিটাল ব্যবহারের মাধ্যমে অষ্টক সম্প্রসারণ করে। N এর ৫টি অক্সাইড, P এর 4টি অক্সাইড আছে। উভয়ের অক্সাইডে জারণ অবস্থা +3 এবং এর বেশি হলে অম্বর্ধমী হয়। এরা পানিসহ বিক্রিয়ায় অঙ্গোএসিড যেমন  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  গঠন করে।

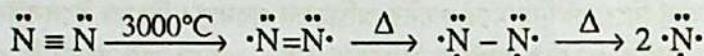
**নিক্টোজেনস্ :** গ্রুপ-15 এর ছয়টি মৌল যেমন N, P, As, Sb, Bi ও Mc ইত্যাদিকে নিক্টোজেনস্ (pnictogens) বলা হয়। নিক্টোজেন (pnictogen) শব্দের অর্থ হলো 'শ্বাসরোধকারী গ্যাস'। গ্রুপ-15 এর প্রথম মৌল  $\text{N}_2$  একটি শ্বাসরোধকারী গ্যাস হওয়ায় এ গ্রুপের সব মৌল 'নিকটোজেনস' নামে পরিচিত।

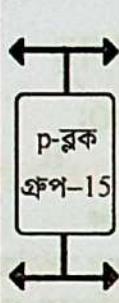
**জেনে নাও :** নিক্টোজেনসের পর সবচেয়ে নিক্টোজেন মৌল হলো  $\text{N}_2$  গ্যাস। তাই  $\text{N}_2$  গ্যাস নিক্টোজেনস মাধ্যম হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

DAT: 17-18

[ক. বো. ২০১৬]

এর ব্যাখ্যা হলো : নাইট্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস  $[\text{N}(7) = 1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1]$  থেকে বোঝা যায়, এতে তিনটি অর্ধপূর্ণ  $2p$  অরবিটাল রয়েছে এবং তা সুষম ও অধিক স্থিতিশীল। আবার ২য় শক্তিস্তরে যোজ্যতা স্তর থাকায় N পরমাণু আকারে ছোট। তাই দ্বিপরমাণুক ( $\text{N}_2$ ) অণু সৃষ্টির কালে নাইট্রোজেন-নাইট্রোজেন সিগমা (σ) বন্ধন গঠনের পর উভয় N পরমাণুর 1টি করে 2টি p অরবিটালের মধ্যে পাশাপাশি সৃষ্টি অধিক্রমণ দ্বারা 2টি  $\pi$  বন্ধন গঠিত হতে পারে ( $\text{N}\equiv\text{N}$ )। তাই নাইট্রোজেন-নাইট্রোজেন ত্রিবন্ধন ( $\text{N}\equiv\text{N}$ ) খুবই দৃঢ় হয়। এ ত্রিবন্ধনের বিযোজন শক্তি  $945 \text{ kJ mol}^{-1}$  এবং বন্ধন দূরত্ব  $0.1098 \text{ nm}$  হয়। এসব কারণে  $\text{N}_2$  অণু রাসায়নিকভাবে অত্যন্ত নিক্রিয়। বস্তুত নিক্টোজেনসের পর সবচেয়ে নিক্টোজেন মৌল হলো নাইট্রোজেন। তাই  $\text{N}_2$  গ্যাস নিক্টোজেনস মাধ্যম হিসেবে ব্যবহৃত হয়। তবে উচ্চ তাপমাত্রায় যেমন,  $3000^\circ\text{C}$  এ  $\text{N}\equiv\text{N}$  ত্রিবন্ধনের এক একটি করে ধাপে তিনটি বন্ধন ভাঙনের শেষে পরমাণবিক নাইট্রোজেন সৃষ্টির পর নাইট্রোজেন মৌল সক্রিয় হয়।

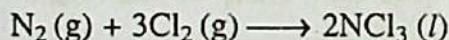


$2M(s) + 3Cl_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2MCl_3(s)$ $M = N, P, As, Sb, Bi$ $2P(s) + 5Cl_2(g) \rightarrow 2PCl_5(s)$ $2M + 3O_2(g) \rightarrow M_2O_3$ $2N_2(g) + 5O_2(g) \rightarrow 2N_2O_5(s)$ $P_4(s) + 5O_2(g) \rightarrow 2P_2O_5(s)$ $N_2(g) + 3H_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2NH_3(g)$ $P_4(s) + 3KOH + 3H_2O \rightarrow PH_3(g) + 3KH_2PO_3$		$N_2O_3(g) + H_2O(l) \rightarrow 2HNO_2(aq)$ নাইট্রাস এসিড $N_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HNO_3$ নাইট্রিক এসিড $N_2O_4(s) + H_2O(l) \rightarrow HNO_2(aq) + HNO_3(aq)$ $P_2O_3(s) + 3H_2O(l) \xrightarrow{10^{\circ}\text{C}} 2H_3PO_3(l)$ $2P_2O_3(s) + 6H_2O(l) \xrightarrow{60^{\circ}\text{C}} 3H_3PO_4(s) + PH_3(g)$ $P_2O_5(s) + H_2O(l) \xrightarrow{10^{\circ}\text{C}} 2HPO_3(s)$ মেটাফসফরিক এসিড $P_2O_5(s) + 3H_2O(l) \xrightarrow{60^{\circ}\text{C}} 2H_3PO_4(s)$ অর্থোফসফরিক এসিড
--	---	--

p-ব্লকের গ্রুপ-15 এর মৌলসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং এদের বুঝে মনে রাখার নিয়ম :

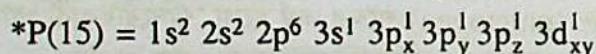
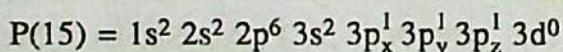
(১) ক্লোরাইড গঠন : ত্রিয়োজী N মৌল  $Cl_2$  সহ  $NCl_3$  গঠন করলেও P তৃতীয় পর্যায়ের মৌল হওয়ায় উদ্দীপিত অবস্থায় এর  $3s^2$  থেকে একটি ইলেক্ট্রন খালি  $3d$ -অরবিটালে উত্তোলিত হলে P পরমাণুতে 5টি বিজোড় ইলেক্ট্রন হয়। তখন  $PCl_5$  গঠন সম্ভব হয়। এটিকে P এর অষ্টক সম্প্রসারণ বলে।

যেমন, নাইট্রোজেনের ইলেক্ট্রন বিন্যাস  $N(7) = 1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$  মতে নাইট্রোজেন পরমাণুতে তিনটি বিজোড় ইলেক্ট্রন থাকায় হ্যালোজেন পরমাণুর (F, Cl, Br, I) সাথে সমযোজ্যতা দ্বারা ট্রাইহ্যালাইড যেমন,  $NF_3$ ,  $NCI_3$ ,  $NBr_3$ ,  $NI_3$  গঠন করতে পারে। এক্ষেত্রে N এর সমযোজ্যতা 3 হয়।

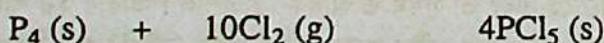
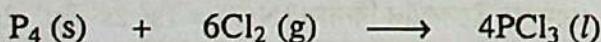


এসব হ্যালাইডের মধ্যে  $NF_3$  বেশ সুস্থিত এবং  $NCI_3$ ,  $NBr_3$  ও  $NI_3$  কিছুটা বিক্ষেপণ প্রবণ হয়।

অনুরূপভাবে ফসফরাসের ইলেক্ট্রন বিন্যাস মতে P পরমাণুতে 3টি বিজোড় ইলেক্ট্রন থাকায় P এর সমযোজ্যতা 3 হয়। আবার উদ্দীপিত অবস্থায়  $3s^2$  থেকে একটি ইলেক্ট্রন খালি  $3d$ -অরবিটালে উত্তোলিত হলে পাঁচটি বিজোড় ইলেক্ট্রন হয়। তখন P এর সমযোজ্যতা 5 হয়।



তাই ফসফরাস  $F_2$ ,  $Cl_2$ ,  $Br_2$  এর সাথে ট্রাইহ্যালাইড ও পেন্টাহ্যালাইড গঠন করে। কিন্তু আয়োডিনের সাথে  $PI_3$  গঠন করলেও  $PI_5$  গঠন করে না। ফসফরাস সীমিত  $Cl_2$  এর সাথে  $PCl_3$  গঠন করে এবং এর অধিক পরিমাণ  $Cl_2$  প্রবাহে  $PCl_5$  গঠিত হয়।



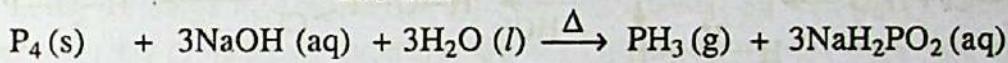
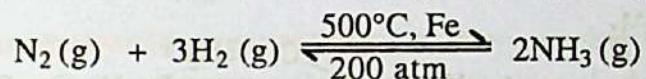
কিন্তু N পরমাণুর সর্বশেষ 2য় শক্তিস্তরে 2d-অরবিটাল না থাকায় N পরমাণুর সমযোজ্যতা বৃদ্ধি সম্ভব নয়। ফলে  $NCI_5$  গঠিত হয় না।

(২) অক্সাইড গঠন : গ্রুপ-15 এর অধাতু N এর 5টি অক্সাইড যেমন নাইট্রাস অক্সাইড ( $N_2O$ ), নাইট্রিক অক্সাইড ( $NO$ ), ডাইনাইট্রোজেন ট্রাইঅক্সাইড ( $N_2O_3$ ), ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাঅক্সাইড ( $N_2O_4$ ) বা নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড ( $NO_2$ ) ও ডাইনাইট্রোজেন পেন্টাঅক্সাইড ( $N_2O_5$ ) আছে। অপরদিকে P এর 2টি স্থায়ী অক্সাইড যেমন ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইড

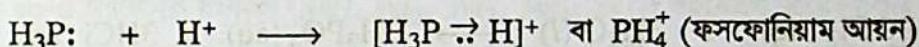
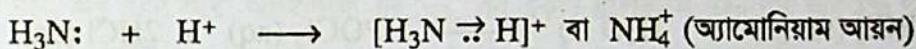
$(P_2O_3)$  ও ফসফরাস পেন্টাঅক্সাইড  $(P_2O_5)$  আছে। N এর দুটি অক্সাইড যেমন-  $N_2O$  ও NO গ্যাস নিরপেক্ষ; অপর অক্সাইডসমূহ অল্পধর্মী। এরা পানির সাথে বিক্রিয়া করে অল্প তৈরি করে। [সমীকরণ দেখ]।

\* এসিড অ্যান্হাইড্রাইড যেমন  $P_2O_5$  কম সংখ্যক পানি অণুসহ এসিড গঠন করলে মেটাফসফরিক এসিড  $(HPO_3)$  এবং অধিক সংখ্যক পানি অণুসহ বিক্রিয়ায় এসিড গঠন করলে অর্থোফসফরিক  $(H_3PO_4)$  বা ফসফরিক এসিড নামকরণ হয়।

(৩) হাইড্রাইড গঠন : উচ্চচাপে (200 atm) ও উচ্চ তাপমাত্রায় (500°C) লৌহ গুঁড়া প্রভাবকের উপস্থিতিতে  $N_2$  ও  $H_2$  বিক্রিয়া করে অ্যামোনিয়া ( $NH_3$ ) গ্যাস উৎপন্ন করে। কিন্তু গাঢ় NaOH ক্ষার দ্রবণের সাথে শ্বেত ফসফরাসকে উত্পন্ন করলে ফসফিন ( $PH_3$ ) গ্যাস ও সোডিয়াম হাইপোফসফাইট ( $NaH_2PO_2$ ) উৎপন্ন হয়।



$\ddot{N}H_3$  ও  $\ddot{P}H_3$  এর ক্ষারধর্মীতা : অ্যামোনিয়া ( $\ddot{N}H_3$ ) ও ফসফিন ( $\ddot{P}H_3$ ) উভয় যৌগের অণুতে নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন যুগল থাকায় উভয় যৌগ নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন যুগল দ্বারা প্রোটনের সাথে সন্নিবেশ বন্ধন গঠন করতে পারে অর্থাৎ প্রোটন গ্রহণ করে। তাই  $NH_3$  ও  $PH_3$  উভয়ই ক্ষারধর্মী।

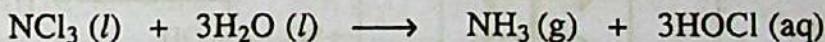


তবে  $PH_3$  অপেক্ষা  $NH_3$  অধিক ক্ষারধর্ম প্রদর্শন করে। এর দুটি কারণ রয়েছে—

(১) প্রথম কারণ হলো ফসফরাসের তড়িৎ ঝণাঝকতা (2.1) এর চেয়ে নাইট্রোজেনের তড়িৎ-ঝণাঝকতা (3.0) বেশি; অধিক তড়িৎ ঝণাঝকতার কারণে P-H এর বন্ধনের তুলনায় N-H এর বন্ধনের ইলেক্ট্রন মেঘের ঘনত্ব N পরমাণুর দিকে অধিক আকৃষ্ট হয়।

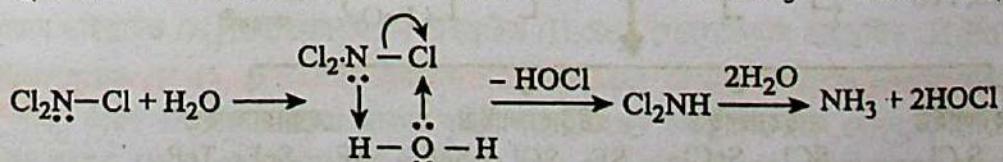
(২) দ্বিতীয় কারণ হলো ফসফরাসের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (0.11 nm) এর তুলনায় নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (0.075 nm) ছোট হওয়া। ফসফরাসের পরমাণুর তুলনায় N পরমাণুর আকার ছোট হওয়ায় উচ্চ বন্ধন ইলেক্ট্রন মেঘ ও নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন মেঘের নিট ঘনত্ব N পরমাণুতে তুলনামূলকভাবে বেশি থাকে। ফলে  $\ddot{P}H_3$  এর P পরমাণুর তুলনায়  $\ddot{N}H_3$  এর N পরমাণু কর্তৃক প্রোটন গ্রহণ বা ইলেক্ট্রন প্রদান ক্ষমতা বেশি হয়। তাই ফসফিনের চেয়ে অ্যামোনিয়া তীব্রতর ক্ষার।

(৪) হ্যালাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণ :  $NF_3$  বাতীত N ও P এর অন্যান্য হ্যালাইড পানির সংস্পর্শে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়। যেমন,  $NCI_3$  পানির সংস্পর্শে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে  $NH_3$  গ্যাস ও  $HOCI$  এসিড উৎপন্ন করে।

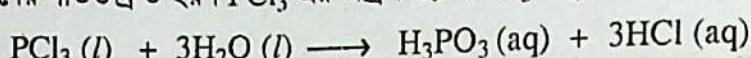


আর্দ্র বিশ্লেষণকালে প্রথমে ট্রাইহ্যালাইড অণু পানি অণুর সাথে একটি নতুন সন্নিবেশ বন্ধন গঠন করে। তখন গ্রুপ-15 এর মৌল অথবা সংশ্লিষ্ট হ্যালোজেন পরমাণু-এ দুটির কোনো একটিতে ফাঁকা d-অরবিটাল থাকা প্রয়োজন। উল্লেখ্য,  $NF_3$  এর N পরমাণু অথবা F পরমাণুর কোনো একটিতেও d-অরবিটাল না থাকায়  $NF_3$  আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না।

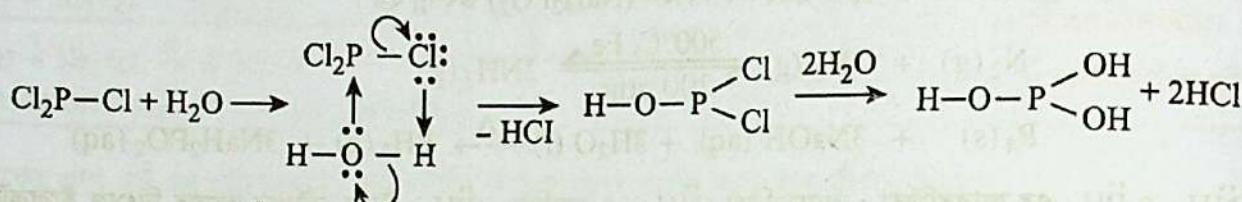
অপরদিকে  $NCI_3$  এর N পরমাণুর দ্বিতীয় শক্তিস্তরে d-অরবিটাল না থাকলেও N পরমাণুতে নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন যুগল আছে এবং Cl এর তৃতীয় শক্তিস্তরে ফাঁকা d-অরবিটাল বর্তমান থাকায়  $NCI_3$  অণুর Cl পরমাণুর সাথে  $H_2O$  এর অক্সিজেন পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন যুগল দ্বারা সন্নিবেশ বন্ধন গঠন করতে পারে এবং N পরমাণুটি নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন দ্বারা  $H_2O$  অণুর H পরমাণুর সাথে নতুন বন্ধন করতে পারে। পরে নিম্নমতে বন্ধন বিযোজন ঘটে এবং  $NH_3$  ও  $HOCI$  উৎপন্ন হয়।



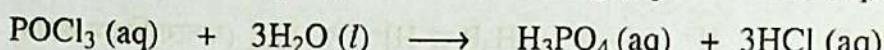
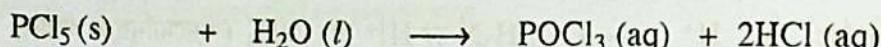
$\text{PCl}_3$  পানির সংশ্লেষণ ( $\text{NCl}_3$  এর মতে) সহজেই আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়। তবে  $\text{NCl}_3$  এর তুলনায়  $\text{PCl}_3$  এর আর্দ্র-বিশ্লেষণ দ্রুত ঘটে। পানির সংশ্লেষণ  $\text{N}-\text{Cl}$  এর বন্ধন বিয়োজন অপেক্ষা  $\text{P}-\text{Cl}$  এর বন্ধন বিয়োজন দ্রুত ঘটে। কারণ  $\text{N}$ -এর তুলনায়  $\text{P}$  এর তড়িৎ ঝণাঞ্চকতা কম এবং  $\text{Cl}$  এর অধিকতর তড়িৎ ঝণাঞ্চকতার প্রভাবে  $\text{P}-\text{Cl}$  এর বন্ধনে পোলারিটির মাত্রা বেশি হয়। ফলে আর্দ্র-বিশ্লেষণের গতিও দ্রুত হয়।  $\text{PCl}_3$  এর আর্দ্র-বিশ্লেষণে  $\text{H}_3\text{PO}_3$  এবং  $\text{HCl}$  উৎপন্ন হয়।



$\text{PCl}_3$  এর আর্দ্র-বিশ্লেষণকালে  $\text{P}$  এবং  $\text{Cl}$  পরমাণু নিজ নিজ d অরবিটাল ব্যবহার করে পানি অণুর সাথে সন্নিবেশ বন্ধন করতে সক্ষম এবং নিম্নলিখিতভাবে  $\text{PCl}_3$  এর আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটায়। ফলে  $\text{H}_3\text{PO}_3$  ও  $\text{HCl}$  উৎপন্ন হয়।



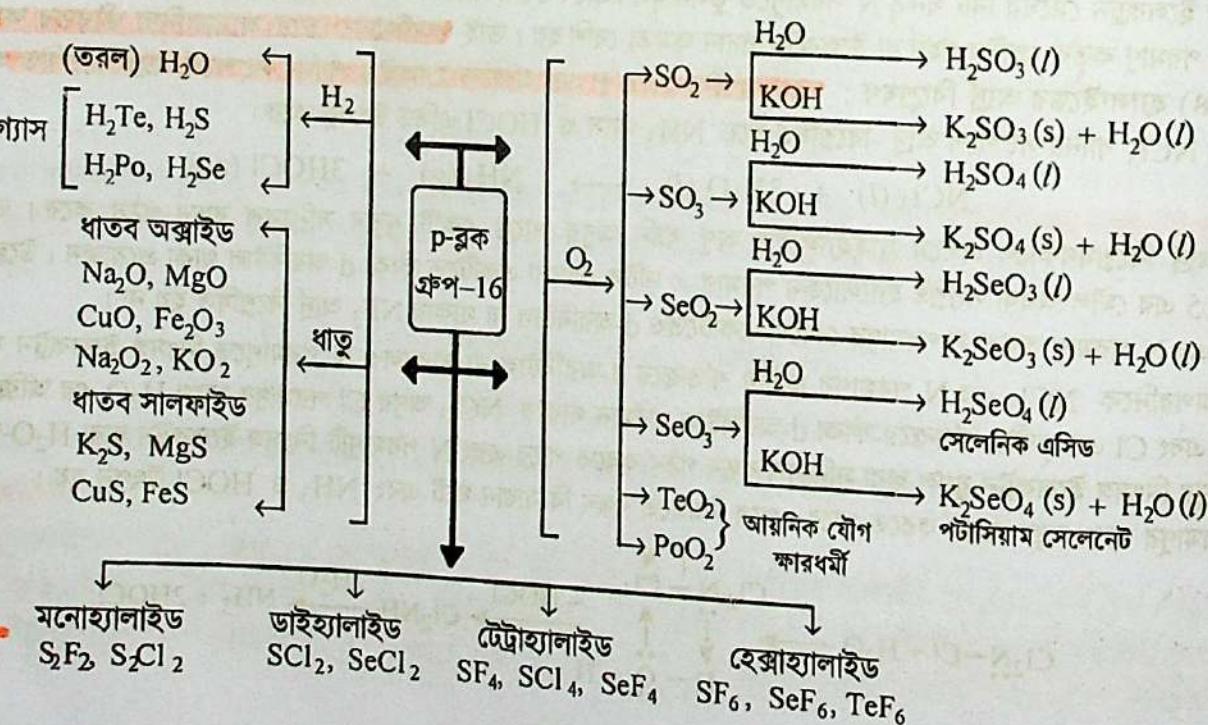
উল্লেখ্য  $\text{PCl}_5$  এর আর্দ্র-বিশ্লেষণে  $\text{H}_3\text{PO}_4$  এবং  $\text{HCl}$  উৎপন্ন হয়। এ আর্দ্র-বিশ্লেষণ দু'ধাপে ঘটে। প্রথম ধাপে ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড ( $\text{POCl}_3$ ) ও  $\text{HCl}$  এবং দ্বিতীয় ধাপে  $\text{POCl}_3$  এর আর্দ্র-বিশ্লেষণে  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ও  $\text{HCl}$  উৎপন্ন হয়।



(8) P-ক্লের গ্রুপ-16 এর মৌলসমূহের রাসায়নিক ধর্মাবলি :

গ্রুপ-16 এর প্রথম মৌল O হলো দ্বিতীয় অধিক তড়িৎ ঝণাঞ্চক মৌল। এর সাথে একই গ্রুপের অন্যান্য মৌল এবং এর চেয়ে কম তড়িৎ ঝণাঞ্চক পর্যায় সারণিতে এর বামে স্থান প্রাপ্ত সব মৌল যুক্ত হয়।

চ্যালকোজেনস : অধিকাংশ ধাতু প্রকৃতিতে ধাতব অক্সাইড ও ধাতব সালফাইড আকরিকরণে থাকে। তাই গ্রুপ-16 এর মৌলসমূহকে (যেমন O, S, Se, Te ইত্যাদিকে) আকরিক উৎপন্নকারী মৌল বা চ্যালকোজেনস (chalcogens) বলা হয়। এ গ্রুপের অন্যান্য মৌলের বিক্রিয়া নিচে দেখানো হলো। গ্রুপ-14 ও গ্রুপ-15 এর মৌলসমূহের মতো গ্রুপ-16 এর মৌলের বিক্রিয়া বুঝে নাও।



**অধিক জেনে নাও :**

অধিক তড়িৎ ঝণাঞ্চক ফ্লোরিন ( $F = 4.0$ ,  $Cl = 3.0$ ,  $O = 3.5$ ) এবং কম তড়িৎ ঝণাঞ্চক  $Cl$  পরমাণু  $O$  এর সাথে যথাক্রমে অক্সিজেন ফ্লোরাইড ( $OF_2$ ) ও ক্লোরিন অক্সাইড ( $Cl_2O$ ) গঠন করে। এক্ষেত্রে  $O$  পরমাণুর  $sp^3$  অরবিটাল সংকরণ ঘটে ( $2\Psi_1^2, 2\Psi_2^2, 2\Psi_3^1, 2\Psi_4^1$ )।

অপরদিকে, তৃতীয় পর্যায়বৃত্ত  $S$  পরমাণু অধিক সক্রিয়  $F$  এর সাথে সমযোজ্যতা 2, 4 ও 6 সহযোগে যথাক্রমে  $SF_2$ ,  $SF_4$  ও  $SF_6$  গঠন করে। কিন্তু—

$OF_2$  গঠিত হলেও  $OF_4$  ও  $OF_6$  গঠিত হয় না। এর ব্যাখ্যা নিম্নরূপ :

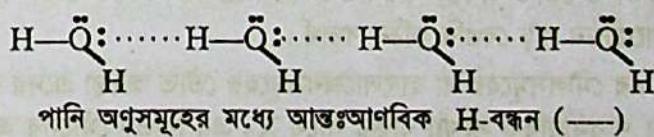
অক্সিজেন ( $O$ ) হলো ২য় পর্যায়বৃত্ত গ্রুপ-16 এর প্রথম মৌল; এর যোজ্যতা স্তরে  $2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$  দৃটি বিজোড় ইলেকট্রন থাকায়  $O$  পরমাণু  $F$  পরমাণুর সাথে দ্বিযোজীকৃতে  $OF_2$  ঘোগ গঠনে সক্ষম। ২য় পর্যায়বৃত্ত  $O$  পরমাণুর কোনো খালি  $2d$  অরবিটাল থাকে না। তাই  $O$  পরমাণু এর সমযোজ্যতা বৃদ্ধি করে  $OF_4$  অথবা  $OF_6$  গঠন করতে পারে না।

অপরদিকে  $S$  হলো ৩য় পর্যায়বৃত্ত গ্রুপ-16 এর দ্বিতীয় মৌল।  $S$  পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে  $3s^2 3p_x^2 3p_y^1 3p_z^1$  ইলেকট্রন বিন্যাসসহ খালি  $3d$  অরবিটাল আছে। তাই  $S$  পরমাণু  $3p_y^1, 3p_z^1$  বিজোড় ইলেকট্রন সহযোগে অর্থাৎ সম যোজ্যতা 2 সহযোগে যেমন  $SF_2$  অণু গঠন করে; অপরদিকে এর  $3p_x^2$  এর একটি ইলেকট্রন উদ্বৃত্তিত অবস্থায় খালি  $3d_{xy}^0$  অরবিটালে স্থানান্তর এবং পরে  $sp^3d$  অরবিটাল সংকরণ ( $3\Psi_1^2, 3\Psi_2^1, 3\Psi_3^1, 3\Psi_4^1, 3\Psi_5^1$ ) সহযোগে ত্রিকোণাকার দ্বিপিরামিড আকৃতির  $SF_4$  অণু গঠন করে থাকে। আবার  $S$  পরমাণু এর  $3p_x^2$  ও  $3s^2$  থেকে একটি করে ২টি ইলেকট্রন উদ্বৃত্তিত অবস্থায় খালি  $3d_{xy}^0$  ও  $3d_{yz}^0$  অরবিটালে স্থানান্তর এবং পরে  $sp^3d^2$  অরবিটাল সংকরণ ( $3\Psi_1^1, 3\Psi_2^1, 3\Psi_3^1, 3\Psi_4^1, 3\Psi_5^1, 3\Psi_6^1$ ) সহযোগে অষ্টতলকীয় গঠনের  $SF_6$  অণু গঠন করে।  $SF_4$  এবং  $SF_6$  অণু গঠনকালে  $S$  পরমাণুর অষ্টক সম্প্রসারণ ঘটেছে।

p-ব্লকের গ্রুপ-16 এর মৌলসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং এদের মনে রাখার নিয়ম :

(১) হাইড্রাইড গঠন : গ্রুপ-16 এর মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে পরমাণুর আকার বাড়ে এবং তড়িৎ ঝণাঞ্চকতা কমে। যেমন,  $O$  ও  $S$  এর তড়িৎ ঝণাঞ্চকতা যথাক্রমে 3.5 এবং 2.5 হয়। গ্রুপ-16 এর মৌলসমূহ জারণ সংখ্যা -2 সহযোগে হাইড্রাইড গঠন করে; যেমন,  $H_2O, H_2S$  ইত্যাদি। অক্সিজেন পরমাণু জারণ সংখ্যা -1 সহযোগে  $H_2O_2$  (হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড) গঠন করে।

হাইড্রাইডের বৈশিষ্ট্য : (i) কক্ষ তাপমাত্রায় গ্রুপ-16 এর হাইড্রাইডসমূহের মধ্যে একমাত্র অক্সিজেনের হাইড্রাইড পানি ( $H_2O$ ) হলো তরল। সালফারের হাইড্রাইড  $H_2S$  হলো গ্যাস। কারণ অক্সিজেন পরমাণু আকারে ছোট এবং অধিক তড়িৎ ঝণাঞ্চক হওয়ায়  $H_2O$  হলো পোলার অণু। ফলে  $H_2O$  অণুসমূহ আন্তঃআণবিক হাইড্রোজেন বন্ধন দ্বারা যুক্ত থেকে বিরাট আণবিক শুচ্ছ ( $H_2O_n$ ) গঠন করে। তাই সাধারণ তাপমাত্রায় পানি একটি তরল পদার্থ।

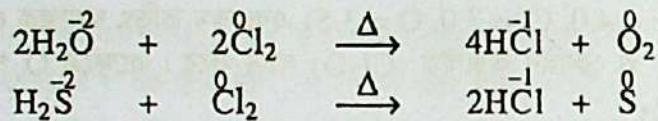


কিন্তু গ্রুপ-16 এর সালফার ও পরবর্তী মৌলসমূহের তড়িৎ ঝণাঞ্চকতা কম। তাই এদের হাইড্রাইড যেমন,  $H_2S$  হলো অপোলার অণু। এরা হাইড্রোজেন বন্ধন করতে না পারায় একক অণু হিসেবে দূর্বল ভ্যানডার ওয়ালস আকর্ষণ বল সহযোগে গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে।

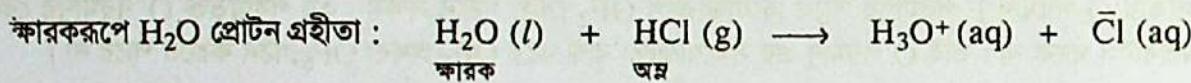
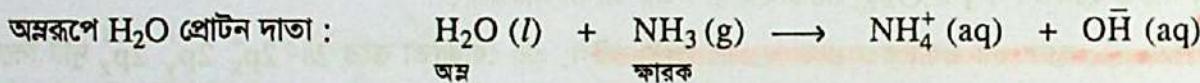
তদুপ টেলুরিয়াম হাইড্রাইড ( $H_2Te$ ), সেলেনিয়াম হাইড্রাইড ( $H_2Se$ ), পোলোনিয়াম হাইড্রাইড ( $H_2Po$ ) ইত্যাদি।

(ii) হাইড্রাইডসমূহের ( $H_2O, H_2S$  এর) বিজারণ ধর্ম আছে এবং কেন্দ্রীয় পরমাণুর আকার বৃদ্ধির সাথে এদের বিজারণ ধর্ম বৃদ্ধি পায়। কারণ ঝণাঞ্চক আয়নের আকার বৃদ্ধির সাথে চার্জের ঘনত্ব কম হয়। যেমন, অক্সাইড আয়ন ( $O^{2-}$ ) এর চেয়ে সালফাইড আয়ন ( $S^{2-}$ ) এর বেলায় চার্জ ঘনত্ব কম হয়। ফলে হাইড্রাইডের স্থায়িত্ব কমতে থাকে এবং বিজারণ

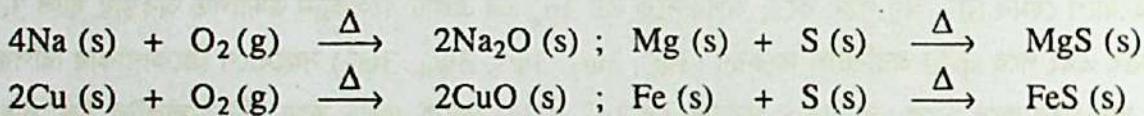
ক্ষমতা বাড়তে থাকে। যেমন, উষ্ণ পানির সাথে  $\text{Cl}_2$  এর বিক্রিয়ায় অক্সিজেন এবং সাধারণ তাপমাত্রায়  $\text{H}_2\text{S}$  এর সাথে  $\text{Cl}_2$  এর বিক্রিয়ায় সালফার উৎপন্ন হয়।



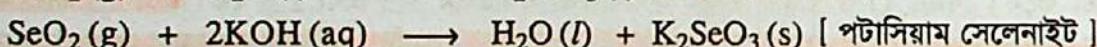
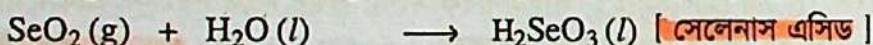
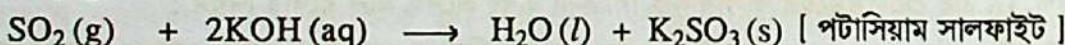
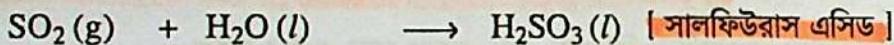
(iii) হাইড্রাইডের প্রকৃতি :  $\text{H}_2\text{S}$  হলো দুর্বল এসিড। কিন্তু  $\text{H}_2\text{O}$  হলো প্রশম যৌগ।  $\text{H}_2\text{O}$  প্রোটন দাতা ও প্রোটন গ্রহীতা উভয়রূপে ক্রিয়া করে। এজন্য পানিকে উভধর্মী যৌগ বলে। এ ছাড়া হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) নামক অক্সিজেনের অন্ধধর্মী একটি অক্সাইড আছে।



(২) ধাতব অক্সাইড ও সালফাইড গঠন : অক্সিজেনের সাথে ধাতুসমূহকে উত্পন্ন করলে ধাতব অক্সাইড উৎপন্ন হয়। যেমন  $\text{Na}_2\text{O}, \text{MgO}, \text{CuO}, \text{Fe}_2\text{O}_3$  ইত্যাদি। অনুরূপভাবে ধাতু ও সালফারের মিশ্রণকে উত্পন্ন করলে ধাতব সালফাইড উৎপন্ন হয়।



(৩) অধাতব অক্সাইড অন্ধধর্মী : সালফার ও সেলেনিয়াম অধাতুস্বয়ের অক্সাইডগুলো অন্ধধর্মী হওয়ায় এরা পানির সাথে বিক্রিয়ায় অঙ্গোএসিড এবং ক্ষার দ্রবণের সাথে বিক্রিয়ায় অঙ্গোএসিডের ধাতব লবণ তৈরি করে।



(৪) হ্যালাইড গঠন : উত্পন্ন অবস্থায় হ্যালোজেনসমূহ সালফারের সাথে সমযোজ্যতায় মনোহ্যালাইড ( $\text{S}_2\text{F}_2, \text{S}_2\text{Cl}_2$ ); ডাইহ্যালাইড ( $\text{SCl}_2, \text{SeCl}_2$ ); ট্রি-হ্যালাইড ( $\text{SF}_4, \text{SCI}_4$ ) ও হেক্সাহ্যালাইড ( $\text{SF}_6, \text{SCI}_6$ ) ইত্যাদি গঠন করে।

(৫) p-বুকের গ্রুপ-17 এর মৌলসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলি ও ব্যবহার :

\* ভৌত অবস্থা ও বর্ণ : গ্রুপ-17 এর মৌলগুলো সাধারণ তাপমাত্রায় দ্বিপরমাণুক অবস্থায় থাকে। পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে এদের বর্ণের গাঢ়তা ও ভৌত অবস্থা পরিবর্তিত হয়। ফ্লোরিন ফিকে হলুদ গ্যাস, ক্লোরিন সবুজাত হলুদ গ্যাস, ব্রোমিন লাল বর্ণের তরল ও আয়োডিন গাঢ় বেগুনি কঠিন পদার্থ।

\* গ্রুপ-17 (বা VIIA) এর মৌলসমূহের বা হ্যালোজেনসমূহের ভৌত অবস্থা এদের আণবিক ভরের ওপর নির্ভর করে। হ্যালোজেন অণু  $\text{X}_2$  এর মধ্যে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে  $\text{X}_2$  এর বিভিন্ন মৌলের অণুগুলোর মধ্যে ক্রমান্বয়ে আণবিক ভর বৃদ্ধি পায়। ফলে ভ্যানডার ওয়ালস্ আকর্ষণ বল  $\text{F}_2$  থেকে  $\text{I}_2$  এর দিকে ক্রমশ বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ ভ্যানডার ওয়ালস্ আকর্ষণ বল এর বৃদ্ধি ক্রম হলো  $\text{F}_2 < \text{Cl}_2 < \text{Br}_2 < \text{I}_2$ । এর জন্য আয়োডিন কঠিন, ব্রোমিন তরল, ক্লোরিন ও ফ্লোরিন গ্যাস। অ্যাস্ট্রাটিনও পুরোপুরি কঠিন পদার্থ।

MAT: 12-13

DAT: 16-17

\* হ্যালোজেনস : গ্রুপ-17 এর মৌলসমূহকে (বিশেষত F, Cl, Br, I কে) হ্যালোজেনস (halogens) বা সামুদ্রিক লবণ (যেমন  $\text{NaCl}$ ) উৎপন্নকারী মৌল বলা হয়। হ্যালোজেন মৌলসমূহ হলো শক্তিশালী জারক। এ গ্রুপের F হলো সর্বাধিক তড়িৎ ঋণাত্মক সক্রিয় অধাতব মৌল। এ গ্রুপের বাম দিকে অবস্থিত সব মৌলের সাথে এ সব হ্যালোজেনের বিক্রিয়া ঘটে। এদের সাথে  $\text{H}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{NaOH}$  দ্রবণসহ বিক্রিয়া এবং আন্তঃহ্যালোজেন যৌগ গঠন দেখানো হলো।

MAT: 17-18

\* কম তড়িৎ ঝণাঞ্জক হ্যালোজেন বেশি তড়িৎ ঝণাঞ্জক হ্যালোজেন সদস্যদের সাথে সময়োজী আন্তঃহ্যালাইড গঠন করে। এদেরকে আন্তঃহ্যালোজেন যোগ বলে। যেমন  $\text{IF}_5^-$  (আয়োডিন পেন্টাফ্লোরাইড),  $\text{IF}_7$  (আয়োডিন হেপ্টাফ্লোরাইড)।

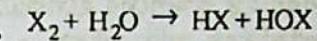
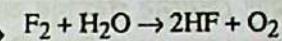
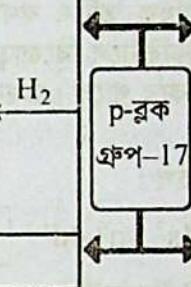
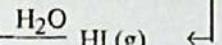
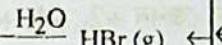
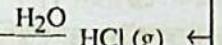
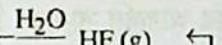
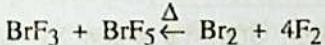
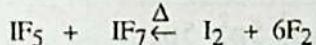
$K_a$

$$6.8 \times 10^{-4} \text{ HF (aq)}$$

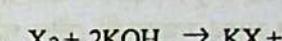
$$2.5 \times 10^7 \text{ HCl (aq)}$$

$$3.2 \times 10^9 \text{ HBr (aq)}$$

$$1.0 \times 10^{10} \text{ HI (aq)}$$



অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া



এখানে,  $\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$

জেনে নাও :  $\text{Cl}_2$  এর চেয়ে  $\text{F}_2$

অধিকতর শক্তিশালী জারক হওয়ায়  $\text{H}_2\text{O}$  কে  $\text{F}_2$  সম্পূর্ণ জারিত করে  $\text{O}_2$  তে পরিণত করে।  $\text{Cl}_2$  তা পারে না।

p-ব্লকের ফ্রপ-17 এর মৌলসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং এদের বুঝে মনে রাখার নিয়ম :

(১)  $\text{HX}$  গঠন :  $\text{H}_2$  গ্যাসের সাথে হ্যালোজেন ( $\text{X}_2 = \text{F}_2, \text{Cl}_2, \text{Br}_2, \text{I}_2$ ) এর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন হ্যালাইড ( $\text{HX}$ ) উৎপন্ন হয়। উল্লেখ্য  $\text{H}$ -বৰ্দ্ধনের কারণে  $\text{HF}$  অণুসমূহ সংবন্ধ অণু (associated) রূপে থাকে। তাই  $\text{HF}$  এর স্থুটনাক 19.5°C হয়ে থাকে।  $\text{HX}$  গ্যাসের জলীয় দ্রবণকে হ্যালোজেন হাইড্রাসিড  $\text{HX}$  (aq) বলা হয়। হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের শক্তি ক্রম হলো  $\text{HI}$  (aq) >  $\text{HBr}$  (aq) >  $\text{HCl}$  (aq) >  $\text{HF}$  (aq)। এসব এসিডের বিয়োজন ক্রমক এসিডের বিয়োজন ক্রমক  $K_a$  এর মান থেকে তা বোঝা যায়। হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের মধ্যে  $\text{HF}$  সবচেয়ে দুর্বল এসিড বলে এর  $K_a = 6.8 \times 10^{-4}$  হয়েছে।  $\text{HI}$  এসিড সবচেয়ে সবল এসিড বলে  $K_a = 1.0 \times 10^{10}$  হয়েছে। [ $K_a$  এর মান ওপরে  $\text{HX}$  (aq) এসিডের পার্শ্বে দেখ।]

(২)  $\text{O}_2$  থেকে  $\text{F}_2$  অধিক সক্রিয় : অক্সিজেনের চেয়ে  $\text{F}_2$  ও  $\text{Cl}_2$  অধিক শক্তিশালী জারক। তাই  $\text{F}_2$  দ্বারা  $\text{H}_2\text{O}$  অণু সম্পূর্ণ জারিত হয়ে  $\text{O}_2$  গ্যাস ও  $\text{HF}$  (aq) উৎপন্ন হয়।  $2\text{F}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 4\text{HF}(\text{aq}) + \text{O}_2(\text{g})$

(৩) অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া : পানির সাথে  $\text{Cl}_2$  ধীরে বিক্রিয়া করে হাইড্রোক্লোরিক এসিড  $\text{HCl}$  (aq) ও ক্লোরিক (I) এসিড  $\text{HOCl}$  (aq) উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে ক্লোরিনের দুটি পরমাণুর মধ্যে একই সাথে জারণ ও বিজ্ঞারণ ঘটায়, এ বিক্রিয়াকে অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া (disproportionation) বলা হয়।  $\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}\overset{+1}{\text{Cl}}(\text{aq}) + \text{HO}\overset{-1}{\text{Cl}}(\text{aq})$

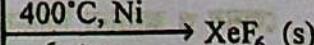
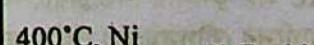
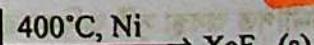
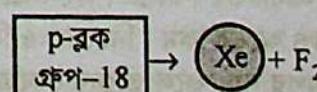
উৎপন্ন  $\text{HCl}$  এর বেলায়  $\text{Cl}$  এর জারণ সংখ্যা -1 হওয়ায়, এক্ষেত্রে  $\text{Cl}$  পরমাণুর বিজ্ঞারণ ঘটেছে এবং  $\text{HOCl}$  এর বেলায়  $\text{Cl}$  এর জারণ সংখ্যা +1 হওয়ায়, এক্ষেত্রে  $\text{Cl}$  পরমাণুর জারণ ঘটেছে। মৌলিক অবস্থায়  $\text{Cl}_2$  এর জারণ সংখ্যা 0 (শূন্য)।

অনুরূপভাবে  $\text{KOH}$  ক্ষার দ্রবণে  $\text{Cl}_2$  এর অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া দ্বারা পটাসিয়াম ক্লোরাইড ( $\text{KCl}$ ) ও পটাসিয়াম ক্লোরেট (I) লবণ ও পানি উৎপন্ন হয়।  $\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{KOH}(\text{aq}) \xrightarrow{25^\circ\text{C}} \text{K}\overset{-1}{\text{Cl}}(\text{aq}) + \text{KO}\overset{+1}{\text{Cl}}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

\* গাঢ় ক্ষার দ্রবণ ও  $\text{Cl}_2$  এর মধ্যে সংঘটিত অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়ায় সম্মুক্ত উৎপাদ দুটিতে  $\text{Cl}$  পরমাণুর জারণ সংখ্যা হাস ও বৃদ্ধির মাধ্যমে প্রমাণিত হয় যে এ ক্ষেত্রে  $\text{Cl}_2$  জারক ও বিজ্ঞারক উভয়রূপে ক্রিয়া করে।

(৪) p-ব্লকের ফ্রপ-18 এর মৌলসমূহের রাসায়নিক ধর্ম :

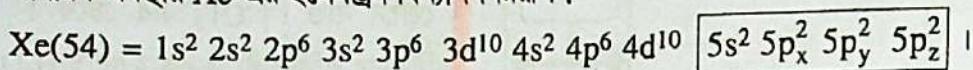
p-ব্লকের ফ্রপ-18 এর মৌলসমূহের সর্ববহিস্তু শক্তিস্তুর অষ্টক পূর্ণ থাকায় এরা অন্যকোনো মৌলের সাথে বিক্রিয়া করতে চায় না। তবে  $\text{Xe}$  মৌলটি অধিক সক্রিয়  $\text{F}_2$  এর সাথে উচ্চ তাপমাত্রায়  $\text{Ni}$  প্রভাবকের উপস্থিতিতে জেনন ডাইফ্লোরাইড, ট্রিফ্লোরাইড ও হেক্সাফ্লোরাইড গঠন করে।



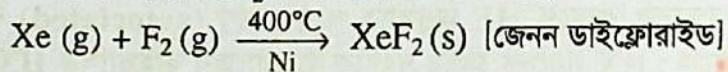
নিক্রিয় মৌল জেনন ( $Xe$ ) এর সাথে অতি সক্রিয় মৌল ফ্লোরিন ( $F_2$ ) এর বিভিন্ন জেনন ফ্লোরাইড গঠন এবং এর ব্যাখ্যা :

পঞ্চম পর্যায়ের মৌল জেননের পরমাণুর আকার অন্যসব হ্যালোজেন সদস্যের পরমাণুর আকারের চেয়ে বড়। আকারে বড় হওয়ায় এটির সর্ববহিস্থ কক্ষপথের ইলেকট্রনের ওপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ সাধারণ নিয়মে কমে যায়। উচ্চতাপমাত্রায়  $Ni$  প্রভাবকের উপস্থিতিতে অতি সক্রিয় ও সর্বাধিক তড়িৎ ঝণাঞ্চক ফ্লোরিন ( $F$ ) পরমাণুর উপস্থিতিতে জেননের  $5p$  অরবিটালের ইলেকট্রন যুগল ভেঙ্গে এর  $5d$ -অরবিটালে বিজোড় ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হয়। পরে অযুগ্ম বা বিজোড় ইলেকট্রন  $F$  পরমাণুর সাথে সমযোজী যোগ গঠন করে থাকে। তখন জেনন  $+2, +4, +6$  ও  $+8$  জারণ-অবস্থায় থাকে। এসব জারণ-অবস্থা নিম্নরূপে ব্যাখ্যা করা হয়।

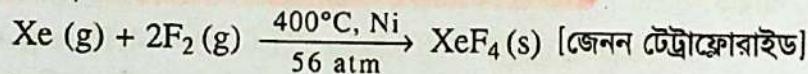
সাধারণ অবস্থায়  $Xe$ -এর ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ :



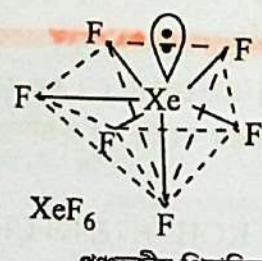
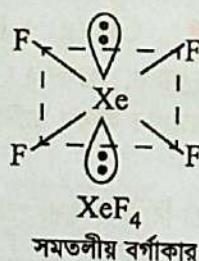
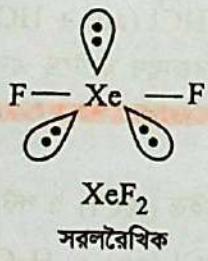
উদ্বীপিত অবস্থায়  $5p$  অরবিটাল থেকে একটি ইলেকট্রন  $5d$  অরবিটালে উত্তোলিত করলে  $Xe$  এর প্রথম উদ্বীপিত ইলেকট্রন বিন্যাস দাঁড়ায় ...  $5s^2 5p_x^2 5p_y^2 \boxed{5p_z^1 5d_{xy}^1}$ ; যাতে দুটি অযুগ্ম ইলেকট্রন আছে। তখন  $sp^3d$  অরবিটাল সংকরণে সৃষ্টি পাঁচটি সংকর অরবিটাল ( $5\psi_1^2 5\psi_2^2 5\psi_3^2 5\psi_4^1 5\psi_5^1$ ) এর মধ্যে বিজোড় ইলেকট্রন যুক্ত দুটি সংকর অরবিটাল দ্বারা  $Xe$  দুটি  $F$  পরমাণুর সাথে সমযোজী বন্ধনে  $XeF_2$  গঠন করে। ফলে এ অবস্থায় এর যোজনী 2 হয়।



আবার  $5p$ -অরবিটাল থেকে দুটি ইলেকট্রনকে উদ্বীপিত করে  $5d$ -অরবিটালে স্থানান্তরিত করলে  $Xe$ -এর দ্বিতীয় উদ্বীপিত ইলেকট্রন বিন্যাস হয়,  $5s^2 5p_x^2 \boxed{5p_y^1 5p_z^1 5d_{xy}^1 5d_{yz}^1}$ । তখন  $sp^3d^2$  সংকরণে সৃষ্টি ছয়টি সংকর অরবিটাল ( $5\psi_1^2 5\psi_2^2 5\psi_3^1 5\psi_4^1 5\psi_5^1 5\psi_6^1$ ) এর মধ্যে চারটি বিজোড় ইলেকট্রন থাকে। এ অবস্থায় চারটি অযুগ্ম ইলেকট্রন থাকায় এর যোজনী 4 হয়, যেমন  $XeF_4$  যোগে।



অনুরূপভাবে, তিনটি ইলেকট্রনের স্থানান্তরের মাধ্যমে  $sp^3d^3$  সংকরণের ফলে যোজনী 6 এবং চারটি ইলেকট্রনের স্থানান্তরের মাধ্যমে  $sp^3d^4$  সংকরণের ফলে যোজনী 8 ব্যাখ্যা করা যায়।



চিত্ৰ-৩.২(খ) :  $XeF_2$ ,  $XeF_4$  ও  $XeF_6$  এর আণবিক গঠন।

আবার প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যার মান যতই বৃদ্ধি পায় বিভিন্ন অরবিটালের মধ্যে শক্তির তারতম্য ততই কম হয়। এ কারণেই জেননের ইলেকট্রনসমূহ সহজেই বিভিন্ন অরবিটালে স্থানান্তরিত করা যায়। স্বভাবতই জেনন অপেক্ষা ক্রিপ্টনের উদ্বীপিত অবস্থা সৃষ্টি অধিকতর কঠিন। কারণ  $Kr$  এর সর্বশেষ শক্তিস্তর হলো  $3s^2 3p^6$  অর্থাৎ  $Ar$  ও  $Kr$  এর সর্বশেষ শক্তিস্তর  $Xe$  এর তুলনায় নিউক্লিয়াসের অধিকতর নিকটে। ফলে ক্রিপ্টনের যোগসমূহের স্থিতি জেননের যোগসমূহ অপেক্ষা কম; আর্গনের যোগসমূহের স্থিতি আরও অনেক কম। নিয়ন্ত্রে ও হিলিয়ামের ক্ষেত্রে প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যার মান পরিবর্তন ছাড়া ইলেকট্রনকে উত্তোলিত করা সম্ভবপর নয়; ফলে তাদের ক্ষেত্রে প্রচুর শক্তির প্রয়োজন। তাই তাদের কোনো স্থিত যোগ নেই।

জেনন ও অন্যান্য নিক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রনকে উচ্চতর স্তরে আনা তখনই সম্ভব, যখন অতি উচ্চ তড়িৎ-ঝণাঞ্চক মৌলসমূহ এর সাথে সংযুক্ত হয়। এ কারণে নিক্রিয় গ্যাসের সাথে শুধু ফ্লোরিন অধিকতর স্থিতিশীল যোগ গঠন করে।

শিক্ষার্থীর কাজ ৩.২ : s-ব্লক ও p-ব্লকের মৌলভিত্তিক সমস্যাবলি :

সমস্যা-৩.২.১ : Be ও Mg বুনসেন শিখায় কোনো বর্ণ সৃষ্টি করে না কেন; ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২.২ : সোডিয়াম ধাতুকে কেরোসিনের মধ্যে সংরক্ষণ করা হয় কেন; ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২.৩ : Mg ধাতুকে  $N_2$  সহ উত্পন্ন করলে যে উৎপাদ উৎপন্ন হয়, তাকে গরম পানিতে যোগ করলে কী ঘটে; তা ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২.৪ : Ca ধাতুকে কার্বনসহ উত্পন্ন করলে যে উৎপাদ উৎপন্ন হয়, তাকে পানিতে যোগ করলে কী ঘটে তা ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২.৫ : বোরনকে অক্সিজেনসহ উত্পন্ন করলে যে উৎপাদ উৎপন্ন হয়; তাকে পানিতে যোগ করলে কী হয় তা ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২.৬ :  $Al_2O_3$  হলো উভধর্মী যোগ; তা সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াসহ এর সত্যতা প্রতিষ্ঠা কর।

সমস্যা-৩.২.৭ : Al ধাতুকে গাঢ়  $HNO_3$  এসিডে দ্রবীভূত করলে কী বিক্রিয়া ঘটে, তা সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২.৮ : Al ধাতুকে  $N_2$  গ্যাসসহ উত্পন্ন যোগকে গরম পানিতে যোগ করলে কী ঘটে, তা ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২.৯ :  $CCl_4$  পানিতে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় না; কিন্তু  $SiCl_4$  পানিতে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়;-এর কারণ ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২.১০ :  $SnO_2$  হলো একটি উভধর্মী অক্সাইড; তা রাসায়নিক বিক্রিয়াসহ প্রমাণ কর।

সমস্যা-৩.২.১১ :  $PbO$  হলো একটি উভধর্মী অক্সাইড; তা রাসায়নিক বিক্রিয়াসহ প্রমাণ কর।

সমস্যা-৩.২.১২ :  $Cl_2$  এর সাথে  $N_2$  এর বিক্রিয়ায়  $NCl_3$  গঠিত হলেও  $Cl_2$  এর সাথে P এর বিক্রিয়ায়  $PCl_3$  ও  $PCl_5$  গঠিত হয় এর কারণ ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২.১৩ :  $NCI_3$  আর্দ্রবিশ্লেষিত হলেও  $NF_3$  আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় না কেন; ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২.১৪ :  $PCl_3$  পানির সংশ্পর্শে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়; এর কারণ ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২.১৫ :  $NCI_3$  এর তুলনায়  $PCl_3$  এর আর্দ্র বিশ্লেষণ দ্রুত ঘটে; এর কারণ ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২.১৬ :  $NH_3$  ও  $PH_3$  উভয় হাইড্রাইড ক্ষারধর্ম প্রকাশ করে, তা সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২.১৭ :  $PH_3$  অপেক্ষা  $NH_3$  অধিক ক্ষারধর্মী; এর কারণ ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২.১৮ :  $H_2O$  হলো তরল; কিন্তু  $H_2S$  হলো গ্যাস; এর কারণ ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২.১৯ :  $H_2S$  ও  $H_2O$  এর বিজ্ঞান ধর্ম আছে, তা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২.২০ :  $H_2O$  হলো উভধর্মী অক্সাইড; তা ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২.২১ : প্রপ-17 (বা VIIA) এর মৌলসমূহের ভৌত অবস্থা ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০১৭]

সমস্যা-৩.২.২১(ক) : অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া কী?  $Cl_2$  অসামঞ্জস্যতা বিক্রিয়া প্রদর্শন করে; তা উদাহরণসহ প্রমাণ কর।

সমস্যা-৩.২.২১(খ) : বিশেষ বিক্রিয়ায়  $Cl_2$  (বা,  $Br_2$  বা,  $I_2$ ) বিজ্ঞান ও জ্ঞানক উভয়কাপে ক্রিয়া করে তা সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়া সহকারে প্রমাণ কর।

সমস্যা-৩.২.২২ : আন্তঃহ্যালোজেন যোগ বলতে কী বোঝ? উদাহরণসহ তা ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২.২৩ : জেনন পরমাণুতে সর্ববহিস্থ কক্ষপথে অষ্টকপূর্ণ আছে; তা সন্ত্রেও জেনন কীরুপে  $F_2$  এর সাথে বিক্রিয়ায় জেনন ডাই ফ্লোরাইড ( $XeF_2$ ) গঠন করে; তা ব্যাখ্যা কর।

### ৩.২.৩ d-ব্লকের মৌলসমূহের সাধারণ ধর্মাবলি

d-ব্লক মৌলের বহিস্থ দুটি শক্তিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস  $(n-1)d^{1-10} n s^{1-2}$  হয়। অর্থাৎ এসব মৌলের সর্ববহিস্থ n-শক্তিস্তরের s-অরবিটালে 2টি বা 1টি ইলেকট্রন এবং পূর্ববর্তী  $(n-1)$  শক্তিস্তরের d-অরবিটালে 1 থেকে 10টি ইলেকট্রন থাকে। যেমন,  $Sc(21) \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 [3d^1 4s^2]$ ;  $Fe(26) \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 [3d^6 4s^2]$

d-ব্লক মৌলের শ্রেণিবিভাগ :

3d-ব্লক মৌল বা 1য় অবস্থান্তর সিরিজ :  $Sc(21)$  থেকে  $Zn(30)$ ; এদের ইলেকট্রন বিন্যাস,  $3d^{1-10} 4s^{1-2}$

4d-ব্লক মৌল বা 2য় অবস্থান্তর সিরিজ :  $Y(39)$  থেকে  $Cd(48)$ ; এদের ইলেকট্রন বিন্যাস,  $4d^{1-10} 5s^{1-2}$

5d-ব্লক মৌল বা 3য় অবস্থান্তর সিরিজ :  $La(57)$ ,  $Hf(72)$  –  $Hg(80)$ ; এদের ইলেকট্রন বিন্যাস,  $5d^{1-10} 6s^{1-2}$

6d-ব্লক মৌল বা 4য় অবস্থান্তর সিরিজ :  $Ac(89)$ ,  $Th(90)$ ,  $Rf(104)$ - $Cn(112)$ ;

ইলেকট্রন বিন্যাস,  $6d^{1-10} 7s^{1-2}$

পর্যায় ↓	ব্লক ↓	গ্রুপ →	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	3d	যোজ্যতা স্তরের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস $[(n-1)d^{1-10} ns^{1-2}]$	21Sc	22Ti	23V	24Cr	25Mn	26Fe	27Co	28Ni	29Cu	30Zn
5	4d		39Y	40Zr	41Nb	42Mo	43Tc	44Ru	45Rh	46Pd	47Ag	48Cd
6	5d		57La	72Hf	73Ta	74W	75Re	76Os	77Ir	78Pt	79Au	80Hg
7	6d		89Ac	104Rf	105Db	106Sg	107Bh	108Hs	109Mt	110Ds	111Rg	112Cn
			90Th	যোজ্যতা স্তরের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস $[(n-1)d^{1-10} ns^{1-2}]$								

### d-ব্লকের মৌলসমূহের সাধারণ ধর্মাবলি :

(১) d-ব্লকের সব মৌলই ভারী ধাতু। এদের ঘনত্ব খুব বেশি হয়। এদের মধ্যে ক্রেডেনিয়ামের ঘনত্ব সবচেয়ে কম এবং 5d-ব্লকের ইরিডিয়াম Ir(77) এর ঘনত্ব সবচেয়ে বেশি। ক্রেডেনিয়ামের ঘনত্ব হলো  $3.4 \text{ g cm}^{-3}$ , ইরিডিয়ামের ঘনত্ব হলো  $22.61 \text{ g cm}^{-3}$ , এরপর হলো অসমিয়াম Os(76) এর ঘনত্ব  $22.59 \text{ g cm}^{-3}$ .

(২) এদের d-অরবিটাল ইলেকট্রন দ্বারা অপূর্ণ থাকায় (gr-12 বাদে), এদের মধ্যে প্রায় সব মৌলেই পরিবর্তনশীল জারণ অবস্থা দেখা যায়। [ব্যতিক্রম : gr-12 এর Zn ও Cd এর স্থিত যোজনী 2 হলো Hg এর যোজনী 1, 2 হয়।]

(৩) d-ব্লক মৌলসমূহ হলো উচ্চ গলনাক্ষ ও উচ্চ স্ফুটনাক্ষবিশিষ্ট ধাতু।

(৪) d-ব্লকের এ সব ভারী ধাতু কঠিন ও শক্ত হয় (ব্যতিক্রম শুধু Hg, তরল)।

(৫) d-ব্লক মৌলসমূহ তাপ ও বিদ্যুৎ সুপরিবাহী।

(৬) d-ব্লক মৌলের আয়নীকরণ শক্তি s-ব্লক মৌল অপেক্ষা বেশি হয়; কিন্তু p-ব্লকের মৌল অপেক্ষা কম।

(৭) d-ব্লক মৌল তড়িৎ-ধনাত্ত্বক ধাতব মৌল হলো এদের তড়িৎ ধনাত্ত্বকতা s-ব্লক মৌল অপেক্ষা কম।

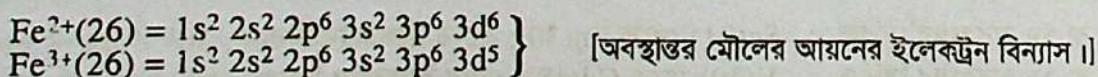
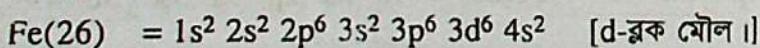
(৮) d-ব্লকের মৌলসমূহ প্যারাম্যাগনেটিক অর্থাৎ চূমকক্ষেত্র দ্বারা আকৃষ্ট হয়। এর কারণ হলো এদের d-অরবিটালে বিজোড় ইলেকট্রন থাকে। আয়রন ও কোবাল্ট ধাতুকে চূমকে পরিণত করা যায়। তাই এদেরকে ফেরোম্যাগনেটিক বলা হয়। [ব্যতিক্রম :  $\text{Sc}^{3+}$ ,  $\text{Ti}^{4+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{+}$  আয়ন হলো ডায়াম্যাগনেটিক।]

(৯) d-ব্লকের অধিকাংশ ধাতুর সংমিশ্রণে সংকর-ধাতু তৈরি করে।

(১০) d-ব্লকের অধিকাংশ মৌলকে এদের বিশেষ বৈশিষ্ট্যের জন্য অবস্থান্তর মৌল বলা হয়।

\*\* দ্রষ্টব্য : বর্তমান সিলেবাসে কেবল 3d ব্লক মৌলসমূহ অন্তর্ভুক্ত আছে। 4d, 5d, 6d ব্লকের মৌলসমূহ সিলেবাসে অন্তর্ভুক্ত নয়।

অবস্থান্তর মৌল : d-ব্লকের যেসব মৌলের কোনো সুস্থিত আয়নের d-অরবিটাল আংশিকভাবে (যেমন,  $d^{1-9}$ ) ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ থাকে, তাদেরকে অবস্থান্তর মৌল বলা হয়। যেমন, আয়রন (Fe) হলো d-ব্লক মৌল ও অবস্থান্তর মৌল উভয়ই। প্রথমত এর শেষ ইলেকট্রনটি d-অরবিটালে থাকে; দ্বিতীয়ত এর সৃষ্টির  $\text{Fe}^{2+}$  এবং  $\text{Fe}^{3+}$  আয়নে d-অরবিটাল আংশিক পূর্ণ থাকে।

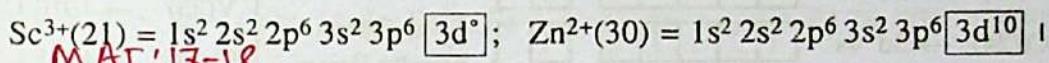


অবস্থান্তর মৌলসমূহের নিম্নোক্ত বৈশিষ্ট্য থাকে। যেমন, (১) পরিবর্তনশীল জারণ অবস্থা; (২) রঙিন আয়ন সৃষ্টি; (৩) জটিল আয়ন গঠন; (৪) প্রভাবকরণে ক্রিয়া ও (৫) প্যারাচুম্বকীয় ধর্ম।

### সব d-ব্লক মৌল অবস্থান্তর মৌল নয় :

যে সব d-ব্লক মৌলের সুস্থিত ক্যাটায়নে d-অরবিটাল আংশিকভাবে পূর্ণ যেমন  $d^{1-9}$  ইলেকট্রন বিন্যাস থাকে, তাদেরকে অবস্থান্তর মৌল বলে। কিন্তু যে সব d-ব্লক মৌলের সুস্থিত আয়নে d-অরবিটাল পূর্ণ ( $d^{10}$ ) অথবা খালি ( $d^0$ ) থাকে, এসব মৌল অবস্থান্তর মৌলের বৈশিষ্ট্য যেমন পরিবর্তনশীল জারণ অবস্থা, রঙিন আয়ন গঠন ইত্যাদি প্রদর্শন করতে পারে না। ফলে এসব মৌল d-ব্লকের মৌল হলেও অবস্থান্তর মৌল নয়। যেমন Sc(21) ও Zn(30) হলো d-ব্লকের মৌল; কিন্তু Sc এর সুস্থিত  $Sc^{3+}$  আয়নে d অরবিটাল খালি ( $d^0$ ) এবং Zn এর  $Zn^{2+}$  আয়নে d অরবিটাল আংশিক পূর্ণ নয় বরঞ্চ পরিপূর্ণ আছে।

যেমন—



### তাই Sc ও Zn অবস্থান্তর মৌল নয়।

#### শিক্ষার্থীর কাজ-৩.৩ : d-ব্লক মৌল ও অবস্থান্তর মৌলভিত্তিক :

সমস্যা-৩.৩ (ক) : Cr(24), Mn(25), Ni(28), Cu(29), Pd(46), Cd(48) এর ইলেকট্রন বিন্যাস এবং এদের আয়ন  $Cr^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Pd^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  এর ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে এরা d-ব্লক মৌল ও অবস্থান্তর মৌল কীনা ব্যাখ্যা কর।

(খ) Cr(24) ও Cu(29) এর ইলেকট্রন বিন্যাস সাধারণ নিয়মের ব্যতিক্রম কেন? কু. বো. ২০১৭; সি. বো. ২০১৫;  
দি. বো. ২০১৫]

(গ) অবস্থান্তর মৌল কাকে বলে? [জ. বো. ২০১৫; ঘ. বো. ২০১৬; ব. বো. ২০১৭]

(ঘ) সব অবস্থান্তর মৌল d ব্লক মৌল; কিন্তু সব d-ব্লক মৌল অবস্থান্তর মৌল নয়; তা ব্যাখ্যা কর। [জ. বো. ২০১৭;  
রা. বো. ২০১৭] [কু. বো. ২০১৭]

(ঙ) Zn কি অবস্থান্তর মৌল; তা ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. ২০১৭]

(চ) Cu ও Zn এর মধ্যে কোনটি অবস্থান্তর মৌল এবং কেন তা ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.৩(ছ) : পর্যায় সারণিতে বর্ণিত আদর্শ মৌল (s ও p ব্লক) এবং অবস্থান্তর মৌলের মধ্যে পার্থক্যসমূহ লেখ।

সমস্যা-৩.৩(জ) : A(24) ও D(30) মৌল দুটির ইলেকট্রন বিন্যাস লিখে তা হতে পর্যায় সারণিতে এদের অবস্থান নির্ণয় কর। [মাদ্রাসা বো. ২০১৭]

**(ক) 3d মৌলসমূহের ভৌত ধর্ম (Physical Properties of 3d-elements) :** 3d ধাতব মৌলসমূহের ভৌত বৈশিষ্ট্যসমূহ হলো— (১) ধাতব ঔজ্জল্য থাকে; (২) পারমাণবিক সংখ্যা (তথা পাঃ ভর) বৃদ্ধির সাথে পাঃ ব্যাস হাসের কারণে ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়। সবচেয়ে কম ঘনত্ব হলো ক্রিয়াম [ $Sc(21)$ ] এর  $3.4 \text{ g cm}^{-3}$ ; 3d ধাতুর মধ্যে  $Cu(29)$  এর ঘনত্ব সবচেয়ে বেশি  $8.9 \text{ g cm}^{-3}$ । আবার সবচেয়ে বেশি ঘনত্বযুক্ত ধাতু হলো 5d ধাতব মৌল ইরিডিয়াম [ $Ir(77)$ ]; এর ঘনত্ব হলো  $22.61 \text{ g cm}^{-3}$  এবং এর নিকটতম ঘনত্বের মৌল হলো অসমিয়াম [ $Os(76)$ ]; এর ঘনত্ব হলো  $22.59 \text{ g cm}^{-3}$ । (৩) ধাতব বন্ধন শক্তিভিত্তিক 3d ধাতুসমূহের উচ্চ গলনাক্ষ (m.p.) ও উচ্চ স্ফুটনাক্ষ (b.p.) থাকে। (৪) 3d ধাতুর বিশেষ চৌম্বক ধর্ম ও (৫) 3d অবস্থান্তর ধাতুসমূহ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় প্রভাবন ধর্ম দেখায়।

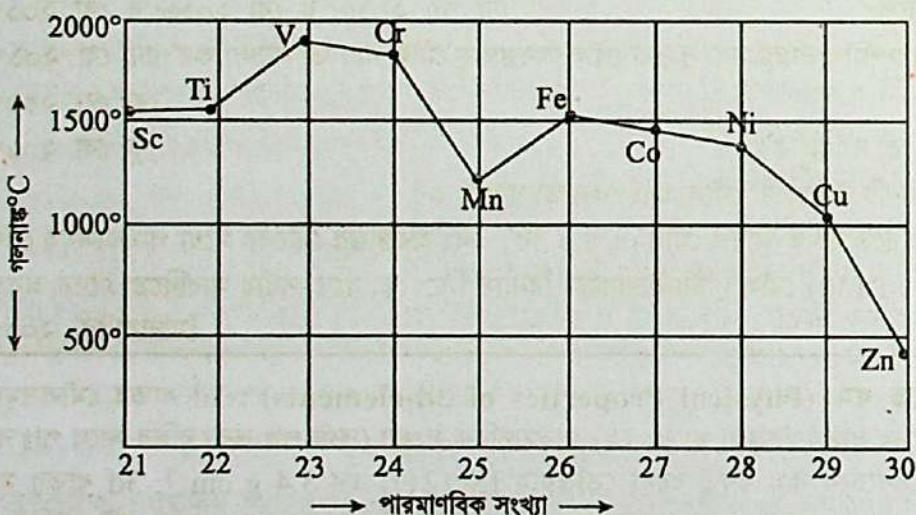
(১) 3d ধাতব মৌলের উচ্চ গলনাক্ষ ও উচ্চ স্ফুটনাক্ষের ব্যাখ্যা : ৪ৰ্থ পর্যায়ভুক্ত 3d ধাতুসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে পর্যায়ের বাম থেকে ডান দিকে ধাতুসমূহের গলনাক্ষ ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি পায় এবং তিনটি ধাতুর পরে আবার গলনাক্ষ হ্রাস পায়। 3d ব্লকভুক ১ম ধাতু  $Sc(21)$  এর গলনাক্ষ  $1541^\circ\text{C}$  হয়। এরপর ক্রম বৃদ্ধি পেয়ে ভ্যানাডিয়াম V(23) ধাতুর গলনাক্ষ সর্বোচ্চ  $1910^\circ\text{C}$  হয় এবং এরপর ক্রমহ্রাস পেয়ে মধ্য পর্যায়ভুক্ত ম্যাঙ্গানিজ Mn(25) এর গলনাক্ষ হয়  $1245^\circ\text{C}$ । এরপর হঠাতে লোহধাতুর Fe(26) বেলায় গলনাক্ষ বৃদ্ধি পেয়ে  $1536^\circ\text{C}$  হয়। এরপর পরবর্তী মৌলসমূহে গলনাক্ষ ক্রমে হ্রাস পেয়ে ক্ষেপার ধাতুর  $Cu(29)$  বেলায়  $1083^\circ\text{C}$  এবং সর্বশেষ জিংকের সর্বনিম্ন গলনাক্ষ  $420^\circ\text{C}$  হয়ে থাকে।

ধাতুর গলনাক্ষ নির্ভর করে ধাতুর পরমাণুসমূহের মধ্যস্থ ধাতব-বন্ধন শক্তির মাত্রার ওপর। আবার বন্ধনশক্তি নির্ভর করে ধাতুর পরমাণুর সঞ্চরণশীল বিজোড় ইলেকট্রন সংখ্যার ওপর। তাই  $3d^1$  থেকে  $3d^3$  ইলেকট্রন বিন্যাসের অর্থাৎ  $Sc(21)$

থেকে V(23) ধাতুর গলনাক্ষ ক্রম বৃদ্ধি পায়। প্রতিসমতাযুক্ত অধিক স্থায়িত্বের  $d^5$  ইলেকট্রন বিন্যাস কম সংপ্ররণশীল থাকে। তাই Cr(24) ও Mn(25) এর গলনাক্ষ হাস পায়। নিচের বক্সাত্তিক ইলেকট্রন বিন্যাসে তা সুম্পষ্ট হয়।

	$3d^{1-10}$	$4s^{1-2}$	
Sc(21) $\rightarrow 3d^1 4s^2$	1	1	সংপ্ররণশীল
Ti(22) $\rightarrow 3d^2 4s^2$	1 1	1	বিজোড় ইলেকট্রন সংখ্যার ক্রম বৃদ্ধি।
V(23) $\rightarrow 3d^3 4s^2$	1 1 1	1	
Cr(24) $\rightarrow 3d^5 4s^1$	1 1 1 1 1	1	$3d$ অরবিটালে ইলেকট্রন বিন্যাসে প্রতিসমতা।
Mn(25) $\rightarrow 3d^5 4s^2$	1 1 1 1 1	1	
Fe(26) $\rightarrow 3d^6 4s^2$	1 1 1 1 1	1	এরপর
Co(27) $\rightarrow 3d^7 4s^2$	1 1 1 1 1	1	বিজোড় ইলেকট্রন সংখ্যার ক্রম হাস।
Ni(28) $\rightarrow 3d^8 4s^2$	1 1 1 1 1	1	
Cu(29) $\rightarrow 3d^10 4s^1$	1 1 1 1 1	1	$3d$ অরবিটালে বিজোড় ইলেকট্রন নেই।
Zn(30) $\rightarrow 3d^{10} 4s^2$	1 1 1 1 1	1	

মৌল,	গলনাক্ষ $^{\circ}\text{C}$
Sc(21)	$\rightarrow 1541^{\circ}\text{C}$
Ti(22)	$\rightarrow 1668^{\circ}\text{C}$
V(23)	$\rightarrow 1910^{\circ}\text{C}$
Cr(24)	$\rightarrow 1875^{\circ}\text{C}$
Mn(25)	$\rightarrow 1245^{\circ}\text{C}$
Fe(26)	$\rightarrow 1536^{\circ}\text{C}$
Co(27)	$\rightarrow 1495^{\circ}\text{C}$
Ni(28)	$\rightarrow 1453^{\circ}\text{C}$
Cu(29)	$\rightarrow 1083^{\circ}\text{C}$
Zn(30)	$\rightarrow 420^{\circ}\text{C}$



চিত্র-৩.২(গ) : 3d মৌলসমূহের গলনাক্ষ বনাম পাঃ সংখ্যা সম্পর্ক

আবার Fe(26) এর বেলায় সংপ্ররণশীল 4টি বিজোড় ইলেকট্রন থাকায় Fe এর গলনাক্ষ হঠাতে বৃদ্ধি পেয়ে  $1536^{\circ}\text{C}$  হয়। পরবর্তীতে সংপ্ররণশীল বিজোড় ইলেকট্রন সংখ্যাহাসের ফলে এদের ধাতব বন্ধন শক্তিহাস পায় তথা গলনাক্ষ হাস পায়। Cu(29) এর বেলায় কেবল  $4s^1$  বিজোড় ইলেকট্রন থাকে। তাই Cu এর গলনাক্ষ  $1083^{\circ}\text{C}$  এবং Zn(30) এর বেলায় কোনো সংপ্ররণশীল বিজোড় ইলেকট্রন না থাকায়  $3d$  ধাতুসমূহের সর্বনিম্ন গলনাক্ষ জিংকের ক্ষেত্রে  $420^{\circ}\text{C}$  হয়।

(২) চৌম্বক ধর্ম : পরমাণুর স্পিন কোয়ান্টাম সংখ্যা থেকে আমরা জানি প্রতিটি ইলেকট্রন নিজের স্পিন গতির কারণে একটি অতি ক্ষুদ্র চৌম্বকরূপে মৃদু চৌম্বকক্ষেত্র সৃষ্টি করে। একমুখী স্পিনের অযুগ্ম ইলেকট্রন ম্যাগনেটিক মোমেন্ট বা চৌম্বক ভারক ( $\mu = Q \times r$ ) সৃষ্টি করে এবং চৌম্বক ধর্ম প্রকাশ করে। অপরদিকে বিপরীত স্পিনের যুগলবৃক্ষ ইলেকট্রনের ম্যাগনেটিক মোমেন্ট পরস্পর বিপরীত হওয়ায় সার্বিক চৌম্বক মোমেন্ট শূন্য হয়; তখন ঐ পরমাণু বা আয়নের চৌম্বক ধর্ম থাকে না।

#### নির্দেশিকা :

পাঃ সংখ্যা, গলনাক্ষ
$21 \rightarrow 1541^{\circ}\text{C}$
$22 \rightarrow 1668^{\circ}\text{C}$
$23 \rightarrow 1910^{\circ}\text{C}$
$24 \rightarrow 1875^{\circ}\text{C}$
$25 \rightarrow 1245^{\circ}\text{C}$
$26 \rightarrow 1536^{\circ}\text{C}$
$27 \rightarrow 1495^{\circ}\text{C}$
$28 \rightarrow 1453^{\circ}\text{C}$
$29 \rightarrow 1083^{\circ}\text{C}$
$30 \rightarrow 420^{\circ}\text{C}$

বাহ্যিক চৌম্বকক্ষেত্রের প্রভাবে পদার্থের আচরণ অনুসারে পদার্থগুলোকে তিনি শ্রেণিতে বিভক্ত করা হয়। যেমন-  
(১) প্যারাম্যাগনেটিক, (২) ফেরোম্যাগনেটিক ও (৩) ডায়াম্যাগনেটিক।

(১) প্যারাম্যাগনেটিক : কোনো পদার্থ বাহ্যিক চৌম্বকক্ষেত্র দ্বারা আকৃষ্ট হলে ঐ সব পদার্থকে প্যারাম্যাগনেটিক বা প্যারাচৌম্বকীয় পদার্থ বলে। পদার্থের পরমাণু বা আয়নে বিজোড় ইলেকট্রন থাকার কারণে ঐ পদার্থে প্যারাম্যাগনেটিক ধর্ম প্রকাশ পায়। মৌলের পরমাণুর প্যারাচৌম্বকীয় আকর্ষণ ধর্ম দ্বারা এর ইলেকট্রন বিন্যাসের মধ্যে কয়টি বিজোড় ইলেকট্রন থাকে তা সঠিকভাবে নির্ণয় করা সম্ভব হয়। যেমন পরমাণুতে বিজোড় ইলেকট্রন সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে ঐ সব পদার্থের ঝুলন্ত টুকরাগুলো স্থায়ী চুম্বক দণ্ড দ্বারা ক্রমান্বয়ে অধিক আকৃষ্ট হয়ে থাকে। বিজোড় ইলেকট্রনযুক্ত সব অবস্থাতর ধাতুর আয়ন যেমন  $Ti^{3+}$ ,  $V^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  ইত্যাদি হলো প্যারাম্যাগনেটিক বা প্যারাচৌম্বকীয়।

(ii) ফেরোম্যাগনেটিক : যে সব পদার্থ বাহ্যিক চৌম্বকক্ষেত্র দ্বারা অধিক আকৃষ্ট হয়, তাদেরকে ফেরোম্যাগনেটিক পদার্থ বলে। যেমন  $Fe$ ,  $Co$ ,  $Ni$  হলো ফেরোম্যাগনেটিক। এ সব মৌলের পরমাণু বা আয়নে অধিক সংখ্যক বিজোড় ইলেকট্রন থাকে। ফেরোম্যাগনেটিক পদার্থকে চুম্বকে পরিণত করা যায়। মূলত প্যারাম্যাগনেটিক ধর্মের চূড়ান্ত অবস্থা হলো ফেরোম্যাগনেটিক ধর্ম।

(iii) ডায়াম্যাগনেটিক : যে সব পদার্থ বাহ্যিক চৌম্বকক্ষেত্র দ্বারা আকৃষ্ট হয় না; বরঞ্চ মৃদু বিকর্ষিত হয়, তাদেরকে ডায়াম্যাগনেটিক পদার্থ বলে। যে সব পরমাণু বা আয়নে সব ইলেকট্রন যুগলবন্দ থাকে, তাদের নিজস্ব কোনো চৌম্বক ধর্ম থাকে না। তাই এসব পদার্থ বাহ্যিক চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয় না। ফ্রপ-১ ও ফ্রপ-২ সব ধাতুর আয়ন ডায়াম্যাগনেটিক হয়; কারণ এসব আয়নে অক্টেট সেট পূর্ণ থাকে।

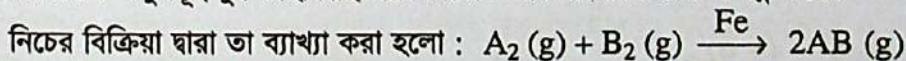
(৩) অবস্থান্তর ধাতুর প্রভাবন ধর্ম : অবস্থান্তর ধাতুসমূহের পরমাণুতে এক বা একাধিক খালি d-অরবিটাল থাকে; এ সব অবস্থান্তর ধাতু যোগ গঠনে একাধিক জারণ অবস্থা প্রদর্শন করতে পারে এবং অধিক ক্ষেত্রফলযুক্ত পৃষ্ঠাতল থাকায় এরা বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় প্রভাবকরূপে ক্রিয়া করে।

অবস্থান্তর ধাতুর প্রভাবন ক্রিয়া ব্যাখ্যার দুটি তত্ত্ব আছে। যেমন-

(১) অধিশোষণের মাধ্যমে প্রভাবন (catalysis through adsorption) ও

(২) অন্তর্বর্তী যোগ গঠন প্রক্রিয়ায় প্রভাবন (catalysis with intermediate compound formation)

(i) অধিশোষণের মাধ্যমে প্রভাবন ক্রিয়া : অধিশোষণ তত্ত্ব মতে, অবস্থান্তর ধাতুর পৃষ্ঠাতলের ওপর একস্তরবিশিষ্ট বিক্রিয়ক অণু অধিশোষিত হয়। অবস্থান্তর ধাতুর ফাঁকা d-অরবিটাল থাকায় ঐ স্থানে বিক্রিয়ক অণু অধিশোষিত হতে পারে। তখন বিক্রিয়ক অণুসমূহ খুব কাছাকাছি এসে নিম্নোক্ত চার ধাপে বিক্রিয়া সম্পন্ন করে।



১ম ধাপ : গ্যাসীয় বিক্রিয়ক অণুগুলো ( $A_2$  ও  $B_2$ ) স্থিক স্থানিক বিন্যাস মতে কঠিন প্রভাবক (Fe) এর পৃষ্ঠাতলে রাসায়নিকভাবে অধিশোষিত হয়। অর্থাৎ ধাতুর খালি d-অরবিটালের সাথে দুর্বল রাসায়নিক বন্ধনসহকারে এক-আণবিক স্তর সৃষ্টি করে।

২য় ধাপ : এ ধাপে অধিশোষিত অবস্থায় অণুর সময়োজী বন্ধন দুর্বল হয়ে পড়ে। স্থিক স্থানিক বিন্যাসের ফলে পাশাপাশি অণুর মধ্যে সার্থক সংঘর্ষ সংখ্যা বেড়ে যায় এবং নিম্নশক্তির সক্রিয়ণকৃত জটিল যোগ গঠন করে।

৩য় ধাপ : এ ধাপে অস্থায়ী সক্রিয়ণকৃত জটিল যোগ বিযোজিত হয়ে নতুন অণু সৃষ্টি হয় এবং পরে তা বিক্রিয়ক অণুকে যোগান দেয়।

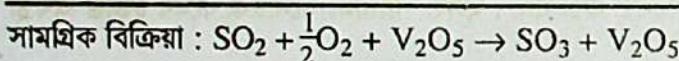
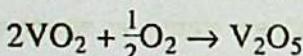
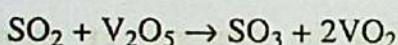
৪র্থ বা শেষ ধাপ : শেষ ধাপে উৎপাদ অণুসমূহ ( $2AB$ ) প্রভাবকের পৃষ্ঠাতল থেকে বিমুক্ত হয়।

উদাহরণ-(১) : হেবার পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন হতে আয়ামেনিয়া সংশ্লেষণে আয়রন Fe(26) প্রভাবক ব্যবহৃত হয়। এ সময় প্রথমে আয়রন চূর্ণের পৃষ্ঠাতলে  $N_2$  ও  $H_2$  রাসায়নিকভাবে অধিশোষিত হয়। এর ফলে  $N_2$  এবং  $H_2$  অণুর মধ্যেকার  $N≡N$  ও  $H-H$  বন্ধনের দৃঢ়তা হাস পায়। ফলে অধিকতর সহজভাবে তারা প্রথমে  $NH$  এবং পরে দ্রুত  $NH_2$  ও সরশেষে  $NH_3$  অণু উৎপন্ন করে এবং প্রভাবকের পৃষ্ঠাতল থেকে মুক্ত হয়।

[অনুচ্ছেদ-৪.৪.১ : অসমস্ত প্রভাবনের ক্রিয়া কৌশল দেখো।]

উদাহরণ-(২) : অসম্ভৃত হাইড্রোকার্বনসমূহের ও ডিজিট্যাবল অয়েলের (যেমন soya bean oil এর) হাইড্রোজেনেশন অর্থাৎ  $H_2$  সংযোজন বিক্রিয়ায়  $Ni(28)$  ধাতু প্রভাবকরূপে ত্রিয়া করে।

(ii) অন্তর্বর্তী যৌগ গঠন প্রক্রিয়ায় প্রভাবন ক্রিয়া : অন্তর্বর্তী যৌগ গঠন তত্ত্ব মতে, অবস্থান্তর ধাতুর যৌগ যেমন ভ্যানাডিয়াম পেন্টাওক্সাইড ( $V_2O_5$ ) বিক্রিয়ার বিক্রিয়কের সাথে যুক্ত হয়ে একটি অস্থায়ী অন্তর্বর্তী যৌগ গঠন করে যা পরে বিযোজিত হয়ে থাকে। এক্ষেত্রে প্রভাবক ভিন্ন ভিন্ন জারণ অবস্থায় রূপান্তরিত হয় এবং পরে পূর্বের জারণ অবস্থায় ফিরে যায়। অন্তর্বর্তী যৌগ গঠনের মাধ্যমে প্রভাবক বিক্রিয়ায় প্রয়োজনীয় 'সক্রিয়ণ শক্তি' বা activation energy এর মান হ্রাস করে বিক্রিয়ার গতিকে বৃদ্ধি করে থাকে। যেমন, শৰ্প পদ্ধতিতে  $H_2SO_4$  উৎপাদনকালে  $SO_2$  গ্যাসের জারণ ক্রিয়ায়  $V_2O_5$  প্রভাবক ব্যবহৃত হয়। প্রথমে  $V_2O_5$  একটি অন্তর্বর্তী যৌগ গঠন করে  $V^{5+}$  জারণ আবশ্য থেকে  $V^{4+}$  জারণ অবস্থায় রূপান্তরিত হয়; শেষে  $O_2$  এর সাথে বিক্রিয়ায়  $V^{5+}$  জারণ অবস্থায় ফিরে আসে। যেমন,



- MCQ-3.9 :** কোন নিম্নিয় গ্যাসটি p-ব্লকের নয়? [ব. বো. ২০১৭]
- (ক) He      (খ) Ne  
 (গ) Ar      (ঘ) Kr

### (খ) 3d-ব্লক মৌলসমূহের রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties of 3d-block elements)

(১) পরিবর্তনশীল জারণ অবস্থা : অবস্থান্তর মৌলসমূহের মধ্যে  $(n-1)d$  ও  $ns$  অরবিটালদ্বয়ের শক্তির পার্থক্য  $ns$  ও  $np$  অরবিটালের শক্তির পার্থক্যের তুলনায় অনেক কম। তাই এ সব ধাতুর  $ns$  অরবিটালের ইলেকট্রন ত্যাগের পর  $(n-1)d$  অরবিটালের ইলেকট্রন বক্স সৃষ্টিতে সহজেই অংশ নিতে পারে। ফলে এরা ভিন্ন ভিন্ন জারণ অবস্থাসহকারে স্থায়ী যৌগ গঠন করে থাকে। নিচে 3d ব্লকের ৮টি অবস্থান্তর মৌলের যোজ্যতা ইলেকট্রন, জারণ অবস্থা ও যৌগ দেখানো হলো।

	$3d^2 4s^2$	$3d^3 4s^1$	$3d^4 4s^1$	$3d^5 4s^1$	$3d^6 4s^1$	$3d^7 4s^1$	$3d^8 4s^1$	$3d^9 4s^1$
Ti								
(+ 2)	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 1
+ 3	+ 3	+ 3	(+ 3)	+ 3	+ 3	+ 3	(+ 3)	
+ 4	+ 4	(+ 4)	+ 4	+ 4	(+ 4)			
+ 5	(+ 5)		+ 6	(+ 6)	(+ 6)			
			+ 7					

মোটা হরফে দেখানো জারণ অবস্থা সংশ্লিষ্ট মৌলের সাধারণ জারণ অবস্থা।

Cr এর বিভিন্ন যৌগ :  $CrCl_2$     $CrCl_3$     $K_2CrO_4$     $K_2Cr_2O_7$

Cr এর জারণ অবস্থা  $\longrightarrow$  + 2   + 3   + 6   + 6

Fe এর বিভিন্ন যৌগ :  $FeO$     $Fe_2O_3$

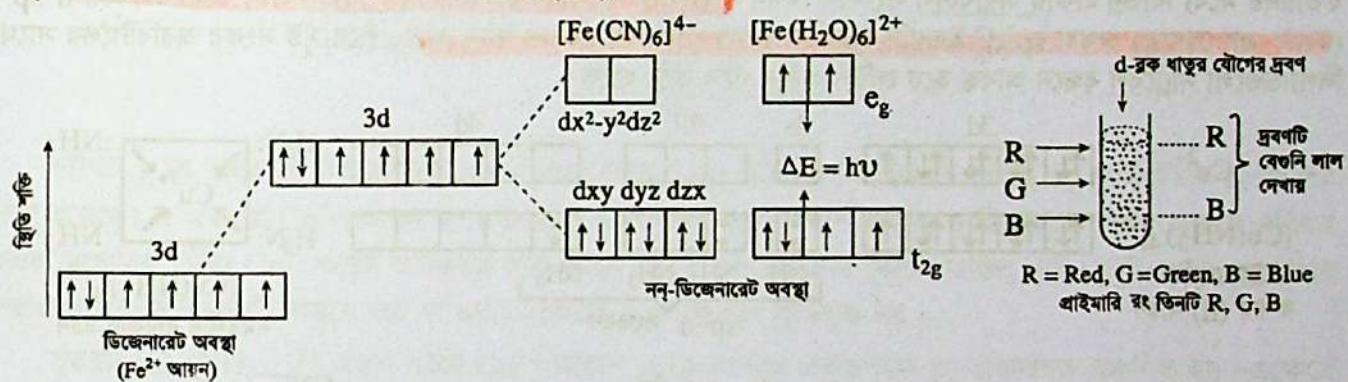
Fe এর জারণ অবস্থা  $\longrightarrow$  + 2   + 3

(২) অবস্থান্তর ধাতুর রঙিন আয়ন বা রঙিন যৌগ গঠন : অবস্থান্তর ধাতু ও তাদের ক্যাটায়নে অপূর্ণ d-অরবিটাল থাকে বলে তারা রঙিন হয়। এছাড়া জটিল আয়ন গঠনকালে পাঁচটি d-অরবিটালে সামান্য পরিমাণে শক্তির তারতম্য ঘটে বলে সৃষ্ট জটিল আয়ন রঙিন হয়। অবস্থান্তর ধাতুর মুক্ত একক পরমাণুতে পাঁচটি d-অরবিটাল সমশক্তিতে থাকে, একে ডিজেনেরেট (degenerate) অবস্থা বলা হয়।

- MCQ-3.10 :**  ${}_{39}Y$  মৌলটির পর্যায় সারণিতে পর্যায় ও গ্রুপ কত হবে?
- (ক) পর্যায়-5, গ্রুপ-1  
 (খ) পর্যায়-5, গ্রুপ-2  
 (গ) পর্যায়-5, গ্রুপ-3  
 (ঘ) পর্যায়-4, গ্রুপ-2

অবস্থান্তর ধাতুর আয়নের বর্ণ	
$Ti^{3+}$ (3d <sup>1</sup> )	বেগুনি
$V^{4+}$ (3d <sup>1</sup> )	নীল
$V^{3+}$ (3d <sup>2</sup> )	সবুজ
$Cr^{3+}$ (3d <sup>3</sup> )	বেগুনি
$Mn^{3+}$ (3d <sup>4</sup> )	বেগুনি
$Mn^{2+}$ (3d <sup>5</sup> )	গোলাপি
$Fe^{3+}$ (3d <sup>5</sup> )	হলুদ
$Fe^{2+}$ (3d <sup>6</sup> )	সবুজ
$Co^{2+}$ (3d <sup>7</sup> )	গোলাপি
$Ni^{2+}$ (3d <sup>8</sup> )	সবুজ
$Cu^{2+}$ (3d <sup>9</sup> )	নীল

ক্রিস্টাল ফিল্ড মতবাদ (Crystal Field Theory) মতে, জটিল আয়ন গঠনকালে লিগ্যান্ডের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল অরবিটালটি ধাতুর ধনাঘাতক আয়নের পাঁচটি d-অরবিটালের মূলত x, y ও z অক্ষ বরাবর নিকটবর্তী হলে ঐ তিনটি অক্ষ বরাবরে থাকা  $d_{x^2-y^2}$  ও  $d_{z^2}$  অরবিটালের ইলেকট্রন লিগ্যান্ডের ইলেকট্রন যুগল দ্বারা অধিকতর বিকর্ষিত হয়। এ বিকর্ষণের কারণে পাঁচটি d-অরবিটালের শক্তির মধ্যে সামান্য উর্ধ্বমুখী ও নিম্নমুখী পার্থক্য ঘটে। একে d-অরবিটালসমূহের নন-ডিজেনারেট (non-degenerate) অবস্থা বলা হয়। তখন নিম্নশক্তির  $d_{xy}$ ,  $d_{yz}$  ও  $d_{zx}$  অরবিটালএয়কে  $t_{2g}$  শক্তির অরবিটাল সেট [বা, non-axial set] এবং উচ্চ শক্তির  $d_{x^2-y^2}$  ও  $d_{z^2}$  অরবিটালএয়কে  $e_g$  শক্তির অরবিটাল সেট [বা, axial set] বলে। লিগ্যান্ডের প্রভাবে অবস্থাতর ধাতুর আয়নের পাঁচটি d-অরবিটালের মধ্যে শক্তির সামান্য উর্ধ্বমুখী ও নিম্নমুখী বিভক্তিকরণকে ক্রিস্টাল ফিল্ড ফলাফল (CFE) বলে এবং  $e_g$  সেট ও  $t_{2g}$  সেট অরবিটালের শক্তির পার্থক্য ( $\Delta E$ ) কে ক্রিস্টাল ফিল্ড বিভক্তিকরণ শক্তি বলে। জটিল আয়নের বর্ণ বিভিন্ন দুর্বল ও সবল লিগ্যান্ডের প্রভাবে সৃষ্টি  $\Delta E$  এর মাত্রার ওপর নির্ভর করে। যেমন  $H_2O$  হলো weak-field লিগ্যান্ড এবং  $CN^-$  আয়ন হলো strong field লিগ্যান্ড। উল্লেখ্য weak-field লিগ্যান্ড দ্বারা সৃষ্টি বর্ণ হালকা এবং strong-field লিগ্যান্ড দ্বারা সৃষ্টি বর্ণ গাঢ় হয়।  $Fe^{2+}$  আয়নে ডিজেনারেট ও নন-ডিজেনারেট অরবিটালের মধ্যে শক্তির পার্থক্য ( $\Delta E$ ) দেখানো হলো :



চিত্র-৩.৩ : লিগ্যাডের আগমনে d-অরবিটালসমূহের গড় স্থিতি শক্তি বৃদ্ধি ও দুটি পথক শিক্ষিতরে বিন্যস্তকরণ।

চিত্র-৩.৩ ক : দৃশ্যমান আলোর সবুজ বর্ণ d-ব্লক ধাতুর আয়ন  
ঘৰা শোষণের ফলে দ্রবণটি বেগুনি লাল দেখায়।

তখন দুটি শক্তিরের ( $e_g$  ও  $t_{2g}$  এর) মধ্যে শক্তির যে পার্থক্য ( $\Delta E$ ) হয়, তা যদি দৃশ্যমান আলোর বর্ণালির নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ হয়, তবে  $t_{2g}$  স্টেটের জোড় বা বিজোড় d-ইলেকট্রনসমূহ এ আলো শোষণ করে  $e_g$  স্টেটের অরবিটালে লাফিয়ে চলে এবং আলোর অবশিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের রং আমাদের চোখে প্রতিফলিত হয়; অর্থাৎ এ অবস্থাত্তর ধাতুর জটিল আয়ন বর্ণযুক্ত হয়। আয়নের দৃশ্যমান বর্ণ আয়ন দ্বারা শোষিত বর্ণের সম্পূরক হয়। যেমন, যদি সবুজ বর্ণ (green) শোষিত হয়, তবে দ্রবণের বর্ণ বেগুনি-লাল (purple) হয়। যদি নীল বর্ণ (blue) শোষিত হয়, তবে দ্রবণের বর্ণ হবে কমলা (orange)।  $[Fe(CN)_6]^{4-}$  আয়ন হলুদ বর্ণ দেখায় এবং  $[Fe(H_2O)_6]$  আয়ন হালকা সবুজ বর্ণ দেখায়।

**জেনে নাও :** (i) ক্রিস্টাল ফিল্ড বিভক্তিকরণ শক্তি  $AE$  বা, 'A' এর মাত্রা নির্ভর করে লিগ্যান্ডের প্রকতির ওপর।

যেমন  $\text{Ni}^{2+}$  আয়নটি দুর্বল লিগ্যান্ড  $\text{H}_2\text{O}$  এর সাথে যুক্ত হয়ে  $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  আয়ন গঠন করে। এটির বর্ণ সবুজ (green); এক্ষেত্রে  $\Delta E$  এর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 500 nm হয়। অপরদিকে সবল লিগ্যান্ড  $\text{NH}_3$  এর সাথে যুক্ত হয়ে  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$  আয়ন গঠন করে। এটির বর্ণ নীল (blue); এক্ষেত্রে  $\Delta E$  এর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 445 nm হয়।

(ii) ক্রিস্টাল ফিল্ড বিভক্তিরণ শক্তি (splitting of energy of d-orbitals) নিম্নোক্ত ক্রম অনুসারে weak field লিগ্যান্ড থেকে strong field লিগ্যান্ডের পরিবর্তনের ফলে  $\Delta E$  বা ‘ $\Delta$ ’ এর মান বৃদ্ধি পায়; তখন শোষিত শক্তির  $\lambda$  এর মান হ্রাস পায়। ফলে সঁজ জটিল আয়ন অধিক বর্ণযুক্ত হয়।

(Weak field ligand) :  $I^- < Br^- < Cl^- < F^- < H_2O$ ; (Strong field ligand)  $< NH_3 < CN^- < CO$

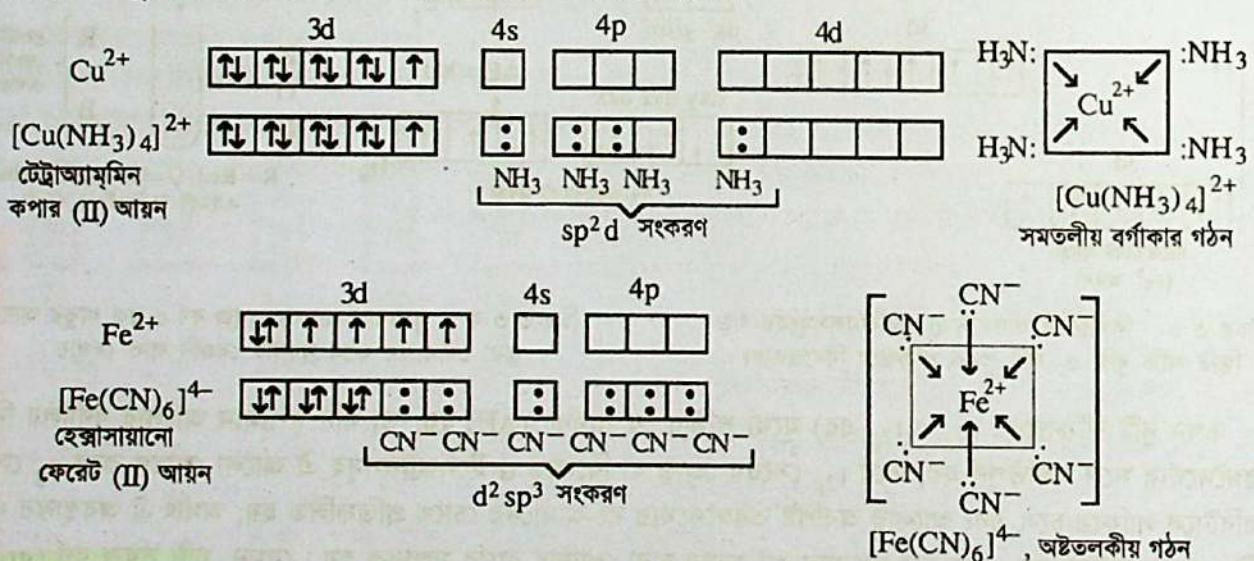
(iii) উল্লেখ  $\Delta E$  বা, ‘ $\Delta$ ’ এর মানের ওপর জটিল আয়নের বর্ণসহ এবং চৌম্বক ধর্ম নির্ভর করে।

(৩) অবস্থান্তর ধাতুর জটিল আয়ন বা যৌগ গঠন : অবস্থান্তর ধাতুর পরমাণু বা আয়ন এর খালি অরবিটালের সাথে অপর কোনো নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুক্ত আয়ন বা অণু সন্নিবেশ দ্বারা যুক্ত হয়ে জটিল কাঠামোর আয়ন গঠন করলে, তাকে জটিল আয়ন বলে। জটিল আয়ন যুক্ত যৌগকে জটিল যৌগ বলে।

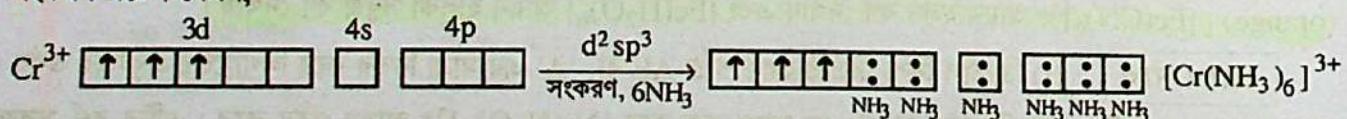
জটিল আয়ন বা জটিল যৌগ গঠনকালে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল প্রদানকারী ঝণাওক আয়ন বা যৌগ অণুকে দাতা বা লিগ্যান্ড (ligand) বলা হয়। সাধারণ লিগ্যান্ড হলো :NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O:, :Cl<sup>-</sup>, :CN<sup>-</sup> ইত্যাদি। যেমন, চারটি অ্যামোনিয়া (:NH<sub>3</sub>) এর সাথে Cu<sup>2+</sup> আয়ন সন্নিবেশ বদ্ধনে আবদ্ধ হয়ে ট্রোঅ্যাম্মিন কপার (II) আয়ন নামক ধনাওক জটিল আয়ন গঠন করে। যেমন, [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup>। আবার ছয়টি ঝণাওক চার্জযুক্ত CN<sup>-</sup> আয়ন এর সাথে Fe<sup>2+</sup> আয়ন সন্নিবেশ বদ্ধন দ্বারা ঝণাওক হেক্সাসায়ানোফেরেট(II) জটিল আয়ন [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>4-</sup> গঠন করে।

**সম্মিলন সংখ্যা :** জটিল ঘোগ গঠনকালে সম্মিলন বক্ষন গঠনে লিগ্যান্ড প্রদত্ত নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল সংখ্যাকে অবস্থান্তর ধাতুর সম্মিলন সংখ্যা বলে। যেমন, Cu ও Fe এর সম্মিলন সংখ্যা উপরোক্ত জটিল আয়নে যথাক্রমে 4 ও 6।

**জটিল আয়ন গঠনের ব্যাখ্যা :** অবস্থান্তর ধাতু ও এর আয়ন দ্বারা লিগ্যান্ডের সাথে জটিল আয়ন সৃষ্টির ব্যাখ্যা ‘যোজনী বক্ষন (VB) তত্ত্ব’ মতে দেয়া হলো। লিগ্যান্ডের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলের প্রভাবে অবস্থান্তর ধাতুর পরমাণু বা আয়নের ইলেকট্রনগুলো যথাসম্ভব যুগলবদ্ধ হয়ে অরবিটাল খালি করে দেয়। এ সব খালি অরবিটালগুলো যেমন 3d, 4s, 4p ও 4d ইত্যাদির মধ্যে বিভিন্ন প্রকার অরবিটাল সংকরণ যেমন **সমতলীয় বৰ্গাকার**  $sp^2d$  ( $Cu^{2+}$  এর বেলায়), **অষ্টতলকীয়**  $d^2sp^3$  ( $Fe^{2+}$  এর বেলায়) অথবা  $sp^3d^2$  ইত্যাদি দ্বারা সম্পর্কিত সংকর অরবিটাল গঠন করে। পরে সৃষ্টি সংকর অরবিটালের সাথে লিগ্যান্ডগুলো সন্নিবেশ বক্ষনে আবদ্ধ হয়ে জটিল আয়ন গঠন করে থাকে।



অনুরূপভাবে, হেক্সাঅ্যামিন ক্রোমিয়াম (III) আয়ন  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$  দ্বারা সৃষ্টি অট্টলকীয় জটিল যৌগে  $d^2sp^3$  সংকরণ ঘটে। যেমন,

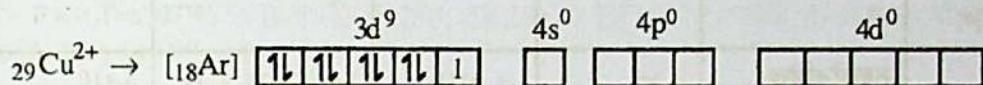


এক্ষেত্রে কেন্দ্রীয়  $\text{Cr}^{3+}$  আয়নে ( $[\text{Ar}] 3d^3$ ) তিনটি বিজোড় ইলেক্ট্রন থাকায়, জটিল যৌগটি প্যারাচর্বকীয় হয়।

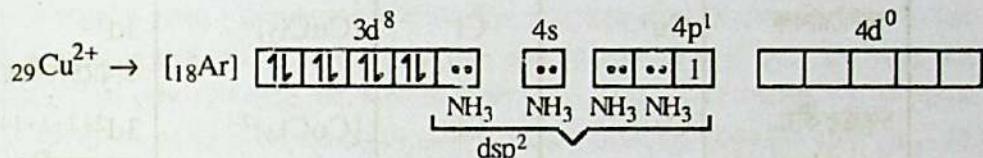
**দ্রষ্টব্য :** Systematic পদ্ধতিতে অবস্থানের ধাতুর জটিল যৌগের নামকরণ ও সংকেত লিখন এ অধ্যায়ের শেষে অনচেদ-৩.২১.১ এ দেয়া হয়েছে।

**অধিক জেনে নাও :**  $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$  আয়ন গঠনে  $Cu^{2+}$  আয়নের  $sp^2d$  সংকৰীকরণের পক্ষে যুক্তি ও তথ্য প্রমাণ : X-ray diffraction analysis পরীক্ষা থেকে জানা যায়  $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$  জটিল আয়নের জ্যামিতিক গঠন হলো সমতলীয় বর্গকার (square planar)। এছাড়া এটি হলো দুর্বল চুম্বকধর্মী অর্থাৎ  $Cu^{2+}$  আয়নে কম সংখ্যক বিজোড় ইলেক্ট্রন রয়েছে। এক্ষেত্রে  $Cu^{2+}$  আয়নের চার্জ সংখ্যা হলো +2 এবং সন্নিবেশ-সংখ্যা হলো 4। তাই যোজনী বৰ্কন তত্ত্ব

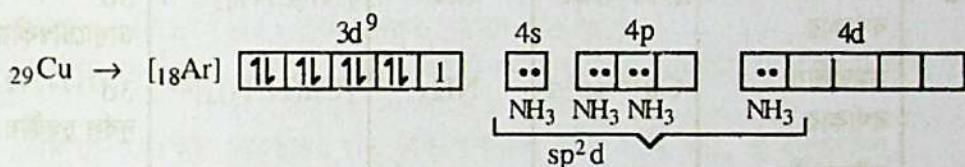
মতে  $\text{Cu}^{2+}$  আয়নে  $\text{dsp}^2$  অথবা,  $\text{sp}^2\text{d}$  সংকরণ দ্বারা 4টি সংকর অরবিটাল সৃষ্টি হতে পারে; যাতে 4টি  $\text{NH}_3$  লিগ্যান্ড অণু 4টি ইলেক্ট্রন যুগলসহকারে সন্নিবেশ বক্ষন গঠন করে থাকে। এক্ষেত্রে অরবিটাল সংকরণের দুটি সম্ভাবনার মধ্যে কোনটি বাস্তবে ঘটে তা নিচের ইলেক্ট্রন বিন্যাস থেকে প্রমাণিত হবে।



সংকরণের ১ম সম্ভাবনা (1st Possibility) :  $\text{dsp}^2$  সংকরণ মতে ইলেক্ট্রন বিন্যাস হলো নিম্নরূপ :



সংকরণের ২য় সম্ভাবনা (2nd Possibility) :  $\text{sp}^2\text{d}$  সংকরণ মতে ইলেক্ট্রন বিন্যাস হলো নিম্নরূপ :



**ব্যাখ্যা :** ১ম সম্ভাবনার ক্ষেত্রে অর্থাৎ  $\text{dsp}^2$  এর বেলায়  $3d_{2,2}$  ইলেক্ট্রনটি উচ্চতর শক্তির  $4p$  অরবিটালে স্থানান্তরিত করা হয়েছে। এ অবস্থায়  $\text{Cu}^{2+}$  আয়ন অপর কোনো সবল জারকের সংস্পর্শে সহজে জারিত হয়ে  $\text{Cu}^{3+}$  আয়নে পরিণত হওয়া স্বাভাবিক। কিন্তু  $\text{Cu}^{2+}$  আয়ন অধিকতর স্থায়ী আয়ন এবং  $\text{Cu}^{3+}$  আয়নের কোনো অস্তিত্ব নেই। তাই  $\text{dsp}^2$  এর বেলায় সম্ভাব্য ইলেক্ট্রন বিন্যাসটি বাস্তবে ঘটে না অর্থাৎ এক্ষেত্রে  $\text{dsp}^2$  সংকরণ যুক্তিযুক্ত নয়।

সুতরাং  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  আয়ন গঠনে  $\text{Cu}^{2+}$  আয়নে  $\text{sp}^2\text{d}$  সংকরণ প্রকৃতপক্ষে তা যুক্তিসম্মত প্রমাণিত হয়। এক্ষেত্রে দুর্বল চুম্বক ধর্ম প্রকাশের জন্য  $3d^1$  ইলেক্ট্রন রয়েছে।

**অধিক জেনে নাও :** যোজনী বক্ষন তত্ত্ব (Valence Bond Theory) ভিত্তিক :

\* (i) জটিল আয়ন গঠনকালে অবস্থান্তর ধাতুর আয়নসমূহ নির্দিষ্ট সন্নিবেশ-সংখ্যা (co-ordination number, C.N.) সহযোগে নির্দিষ্ট প্রকৃতির (দুর্বল ও সবল) লিগ্যান্ডের সাথে সন্নিবেশ বক্ষন দ্বারা নির্দিষ্ট জ্যামিতিক-গঠনের জটিল আয়ন সৃষ্টি করে। তখন ধাতব আয়নসমূহ সাধারণত 2, 4, 6 সন্নিবেশ-সংখ্যা (C.N.) প্রদর্শন করে। তবে ধাতব আয়নের প্রকৃতি ও লিগ্যান্ডের প্রকৃতি অনুসারে একই ধাতব আয়ন একাধিক C.N. সহযোগে জটিল আয়ন গঠন করে থাকে।

\* (ii) যোজনী বক্ষন তত্ত্ব (VB theory) অনুসারে অবস্থান্তর ধাতুর আয়নসমূহ সুবিধা মতে তাদের s, p, d অরবিটাল ব্যবহার করে বিভিন্ন প্রকার অরবিটাল সংকরণ যেমন  $\text{sp}$ ,  $\text{sp}^3$ ,  $\text{dsp}^2$  or  $\text{sp}^2\text{d}$ ,  $\text{d}^2\text{sp}^3$  or  $\text{sp}^3\text{d}^2$  ইত্যাদি প্রক্রিয়ায় সৃষ্টি সংকর অরবিটালসমূহে লিগ্যান্ড প্রদত্ত 'ইলেক্ট্রন যুগল'সমূহকে গ্রহণ করে নির্দিষ্ট জ্যামিতিক গঠনের জটিল আয়ন সৃষ্টি করে; যা X-ray diffraction analysis পরীক্ষা দ্বারা জানা যায়। এ সব ক্ষেত্রে inner ( $n-1$ )d orbitals যেমন  $3d$  অথবা outer nd orbitals যেমন  $4d$  অরবিটাল সুবিধামতে সংশ্লিষ্ট 'অরবিটাল সংকরণ' ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

সাধারণত এসব জটিল আয়নে ধাতব আয়নের সন্নিবেশ সংখ্যা 2, 4, 6 হয়ে থাকে; যা সংশ্লিষ্ট ধাতব আয়নের চার্জ সংখ্যা বা যোজনী সংখ্যার দ্বিগুণ হয়ে থাকে; তবে এর ব্যতিক্রম নিচের উদাহরণসমূহ থেকে জানা যাবে। এসব ক্ষেত্রে ধাতব আয়নের ইলেক্ট্রন বিন্যাসের ধরন এবং দুর্বল লিগ্যান্ড [যেমন  $\text{I}^- < \text{Br}^- < \text{Cl}^- < \text{F}^- < \text{H}_2\text{O}$ ] এবং সবল লিগ্যান্ড [যেমন  $< \text{NH}_3 < \text{en} < \text{CN}^- < \text{CO}$ ] এর প্রভাব থাকে। এক্ষেত্রে 'en' হলো ethylene diamine ( $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ ) নামক দ্বিতীয় (bidentate) লিগ্যান্ড বা কিলেটিং এজেন্ট [অনুচ্ছেদ-৫.২.২(গ) দ্রষ্টব্য]। উল্লেখ্য সবল লিগ্যান্ডের

ইলেকট্রন যুগলের বিকর্ষণে 3d-অরবিটালের বিজোড় ইলেকট্রনসমূহ যথাসম্ভব যুগলবদ্ধ হয়ে লিগ্যান্ডের জন্য 3d-অরবিটাল খালি করে দেয়।

সন্নিবেশ সংখ্যা	অরবিটাল সংকরণে d-অরবিটাল	জ্যামিতিক গঠন	ধাতব আয়ন	লিগ্যান্ড	সৃষ্টি জটিল আয়ন	চৌম্বক ধর্ম
2	sp	সরলরৈখিক	$\text{Ag}^+$	$\text{NH}_3$	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$	$4\text{d}^{10}$ ডায়াচৌম্বকীয়
2	sp	সরলরৈখিক	$\text{Cu}^+$	$\text{Cl}^-$	$[\text{CuCl}_2]^-$	$3\text{d}^{10}$ ডায়াচৌম্বকীয়
4	$\text{sp}^3$	চতুরঙ্গলকীয় (tetrahedral)	$\text{Co}^{2+}$	$\text{Cl}^-$	$[\text{CoCl}_4]^{2-}$	$3\text{d}^{2+2+1+1+1}$ প্যারাচুম্বকীয়
4	$\text{dsp}^2$ or, $\text{sp}^2\text{d}$ ( $\text{d}_{x^2-y^2}$ )	সমতলীয় বর্গাকার	$\text{Ni}^{2+}$ $\text{dsp}^2$	$\text{CN}^-$	$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$	$3\text{d}^{2+2+2+2+0}$ ডায়াচৌম্বকীয়
4	$\text{sp}^2\text{d}$	সমতলীয় বর্গাকার	$\text{Cu}^{2+}$ $\text{sp}^2\text{d}$	$\text{NH}_3$	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$3\text{d}^{2+2+2+2+1}$ দুর্বল চুম্বকীয়
6	$\text{d}^2\text{sp}^3$	অষ্টতলকীয়	$\text{Cr}^{3+}$	$\text{NH}_3$	$[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$	$3\text{d}^{1+1+1}$ প্যারাচুম্বকীয়
6	$\text{d}^2\text{sp}^3$	অষ্টতলকীয়	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{CN}^-$	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	$3\text{d}^{2+2+2+0+0}$ ডায়াচৌম্বকীয়
6	$\text{d}^2\text{sp}^3$	অষ্টতলকীয়	$\text{Fe}^{3+}$	$\text{CN}^-$	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$	$3\text{d}^{2+2+1+0+0}$ দুর্বল চুম্বকীয়
6	$\text{sp}^3\text{d}^2$	অষ্টতলকীয়	$\text{Fe}^{3+}$	$\text{F}^-$	$[\text{FeF}_6]^{3-}$	$3\text{d}^{1+1+1+1+1}$ প্যারাচুম্বকীয়

\* (iii) জটিল আয়নের চৌম্বক ধর্মের মাত্রা (যেমন high spin complex and low spin complex গঠন অর্থাৎ কীভাবে জটিল আয়নে বেশি বা কম সংখ্যক বিজোড় ইলেকট্রন অবস্থান নেয়) এবং জটিল আয়নের বর্ণ সৃষ্টির প্রকৃত ব্যাখ্যা 'ক্রিস্টাল ফিল্ড মতবাদ' থেকে জানা যায়; VB মতবাদ তা সুষ্ঠুভাবে ব্যাখ্যা দেয় না।

(4) অবস্থান্তর ধাতুর আয়নের সাথে ক্ষার দ্রবণের বিক্রিয়া : অবস্থান্তর ধাতুর যৌগের দ্রবণে  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$  অথবা অ্যামোনিয়া দ্রবণ ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) যোগ করলে অবস্থান্তর ধাতুর আয়ন ক্ষারের  $\text{OH}^-$  আয়নের সাথে বিক্রিয়া করে অন্দৰণীয় ধাতব হাইড্রোক্সাইডে অধংকিত হয়। যেমন,

ক্যাটায়ন	অধংকিত ধাতব হাইড্রোক্সাইড	অধংকেপের বর্ণ	অতিরিক্ত $\text{NaOH}$ দ্রবণের সাথে বিক্রিয়ার ফলে সৃষ্টি আয়ন	অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া দ্রবণে সৃষ্টি জটিল আয়ন
$\text{Cr}^{3+}(\text{aq})$	$\text{Cr}(\text{OH})_3$	সবুজ	ক্রোমেট (III) আয়ন, $\text{CrO}_3^{3-}(\text{aq})$	- -
$\text{Mn}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Mn}(\text{OH})_2$	ধূসর	- -	- -
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	সবুজ	- -	- -
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	বাদামি	- -	- -
$\text{Co}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Co}(\text{OH})_2$	গোলাপী	কোবাল্টেট (II) আয়ন, $\text{Co}(\text{OH})_4^{2-}(\text{aq})$	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}(\text{aq})$
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Ni}(\text{OH})_2$	সবুজ	- -	$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}(\text{aq})$
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	হাল্কা নীল	- -	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}(\text{aq})$
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Zn}(\text{OH})_2$	সাদা	জিংকেট (II) আয়ন, $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}(\text{aq})$	

শিক্ষার্থীর কাজ-৩.৪ : অবস্থান্তর মৌলের ভৌতধর্ম ও রাসায়নিক ধর্মভিত্তিক :

সমস্যা-৩.৪(ক) : 3d মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যার ক্রম বৃদ্ধি অনুসারে এদের উক্ত গলনাক্ষের পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর। [ক. বো. ২০১৬]

সমস্যা-৩.৪(খ) : B(23), C(25), D(28) ও E(30)-এ চারটি d-ক্ষেত্রের মৌলের গলনাক্ষ হলো যথাক্রমে 1910°C, 1245°C, 1453°C, 420°C।

এসব মৌলের একপ গলনাক্ষ হওয়ার কারণ বিশ্লেষণ কর। [ক. বো. ২০১৫]

সমস্যা-৩.৪(গ) : Z(28) মৌলটি প্রভাবন ধর্ম প্রকাশ করে কি? তোমার উত্তরের পক্ষে বিশ্লেষণ কর। [ক. বো. ২০১৫]

সমস্যা-৩.৫(ক) : অবস্থান্তর ধাতু রঙিন ঘোগ গঠন করে; তা ব্যাখ্যা কর। [রা. বো. ২০১৫; ব. বো. ২০১৫]

সমস্যা-৩.৫(খ) :  $A = (n - 1)d^5 ns^1$  এবং  $B = (n - 1)d^1 ns^2$ ; এখানে  $n = 4$ । A ও B মৌলসমূহের মধ্যে কোনটি রঙিন ঘোগ গঠন করে, তা কারণসহ ব্যাখ্যা কর। [সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৪ দেখো।] [চ. বো. ২০১৬]

সমস্যা-৩.৫(গ) : ৮র্থ পর্যায়ভুক্ত মৌল 'A' এর যোজ্যতা ইলেক্ট্রন হলো  $(n - 1)d^6 ns^2$ । এর  $[A(CN)_6]^{4-}$ -আয়নটি রঙিন হবে কি? তা বিশ্লেষণ কর। [সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৫ দেখো।] [চ. বো. ২০১৬]

সমস্যা-৩.৫(ঘ) :  $A(3d^6 4s^2)$ ,  $B(3d^{10} 4s^2)$ ,  $C(3s^2 3p^5)$ -এ তিনটি মৌলের মধ্যে কোন মৌলটি রঙিন আয়ন গঠন করে; তা বিশ্লেষণ কর। [সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৫ দেখো।] [ক. বো. ২০১৭]

সমস্যা-৩.৫(ঙ) : A(24), B(30)-এ দুটি মৌলের মধ্যে কোনটির ঘোগ রঙিন হবে; তা বিশ্লেষণ কর।

[সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৪ দেখো।] [মাদ্রাসা বো. ২০১৭]

সমস্যা-৩.৬(ক) : অবস্থান্তর ধাতু কীরণে জটিল আয়ন গঠন করে, তা ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.৬(খ) :  $[_{29}M(NH_3)_4]^{2+}$  আয়নের দ্রবণের প্রকৃতি বিশ্লেষণ কর। [সি. বো. ২০১৫]

সমস্যা-৩.৭(ক) :  $CuSO_4$  এর জলীয় দ্রবণে  $NH_4OH$  দ্রবণ ঘোগ করলে কী ঘটে, তা বিশ্লেষণ কর।

সমস্যা-৩.৭(খ) :  $[_{29}M(NH_3)_4]^{2+}$  আয়নের মধ্যস্থ  $M^{2+}$  আয়ন শনাক্তকরণ পরীক্ষা সমীকরণসহ লেখ। [সি. বো. ২০১৫]

সমস্যা-৩.৮ :  $FeSO_4$  ও  $FeCl_3$  এর জলীয় দ্রবণে  $NH_4OH$  দ্রবণ ঘোগ করলে কীরণ বর্ণ পরিবর্তন ঘটে তা সমীকরণসহ লেখ।

সমস্যা-৩.৯ :  $ZnSO_4$  এর জলীয় দ্রবণে ধীরে ধীরে  $NaOH$  দ্রবণ ঘোগ করলে কী ঘটে, তা সমীকরণসহ লেখ।

সমস্যা-৩.১০ : একটি ধাতব মৌল 'A' এর অক্সাইড ও ক্রোরাইডের সংকেত হলো  $AO$ ,  $A_2O_3$  এবং  $ACl_2$ ,  $ACl_3$ । মৌলটি পর্যায় সারণির কোন শ্রেণিভুক্ত হবে, তা ব্যাখ্যা কর।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৮ :  $A = (n - 1)d^5 ns^1$

[মাদ্রাসা বোর্ড ২০১৭; চ. বো. ২০১৬]

$B = (n - 1)d^1 ns^2$ , এখানে  $n = 4$

(ক) A মৌলের সর্বশেষ ইলেক্ট্রনটির চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মান নির্ণয় কর।

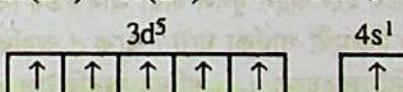
(খ) A ও B মৌলের মধ্যে কোনটি রঙিন ঘোগ গঠন করে তা কারণসহ বিশ্লেষণ কর।

সমাধান-(ক) : A মৌলের সর্বশেষ ইলেক্ট্রনটির চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মান নির্ণয় :

উদ্দীপক যতে,  $A = (n - 1)d^5 ns^1$  এখানে  $n = 4$

$\therefore A$  এর যোজ্যতাত্ত্বের ইলেক্ট্রন বিন্যাস হলো,  $A = 3d^5 4s^1$

$\therefore A$  মৌলটি হলো ক্রোমিয়াম,  $Cr(24)$ ।  $Cr(24)$  এর যোজ্যতা স্তরের ইলেক্ট্রন বিন্যাস বর্ত্ত পদ্ধতিতে হলো,



এক্ষেত্রে সর্বশেষ ইলেক্ট্রন বলতে  $4s^1$  ইলেক্ট্রনটিকে বোঝানো হয়েছে।  $4s^1$  ইলেক্ট্রনের বেলায়,

প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা,  $n = 4$

সহকারী কোয়ান্টাম সংখ্যা,  $l = 0$  (S অরবিটালের জন্য)

চূম্বকীয় কোয়ান্টাম সংখ্যা,  $m = 0$

স্পিন কোয়ান্টাম সংখ্যা,  $s = +\frac{1}{2}$

MCQ-3.11 : বিজোড় ইলেক্ট্রন সংখ্যার কোন ক্রমটি সঠিক? [দি. বো. ২০১৭]

(ক)  $Mn^{2+} > Fe^{2+} > Cr^{3+}$

(খ)  $Mn^{2+} > Cr^{3+} > Fe^{2+}$

(গ)  $Fe^{2+} > Cr^{3+} > Mn^{2+}$

(ঘ)  $Cr^{3+} > Mn^{2+} > Fe^{2+}$

সমাধান : (খ) A ও B মৌলের মধ্যে কোনটি রঙিন ঘোগ গঠন করে এবং ব্যাখ্যা :

$$\text{উদ্বীপক মতে, } A = (n - 1)d^5 \ ns^1 = (4 - 1)d^5 \ 4s^1 = 3d^5 \ 4s^1$$

$\therefore$  A মৌলটি হলো Cr (24)।

$$\text{আবার, } B = (n - 1)d^1 \ ns^2 = (4 - 1)d^1 \ 4s^1 = 3d^1 \ 4s^2$$

$\therefore$  B মৌলটি হলো Sc (21)।

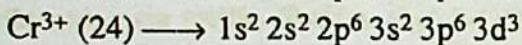
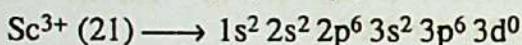
MCQ-3.12 : নিচের কোন দুটি মৌলই অষ্টক সম্প্রসারণ করে?

[কু. বো. ২০১৫]

(ক) Al, S      (খ) Al, Si

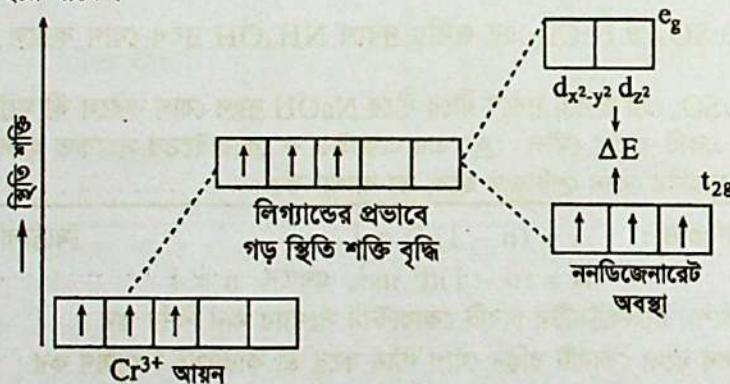
(গ) Al, Sb     (ঘ) Si, P

Cr (24) ও Sc (21) এ মৌল দুটির মধ্যে Cr (24) হলো অবস্থান্তর মৌল এবং Sc (21) হলো d-ব্লক মৌল বটে, কিন্তু অবস্থান্তর মৌল নয়। কারণ অবস্থান্তর মৌলের সংজ্ঞা মতে, যে সব d-ব্লক মৌলের সুস্থিত ধনাত্মক আয়নে d-অরবিটাল আংশিকভাবে পূর্ণ থাকে অর্থাৎ  $d^1-d^9$  ইলেকট্রন বিন্যাস থাকে, তাদেরকে অবস্থান্তর মৌল বলা হয়। Sc (21) এর সুস্থিত আয়ন হলো  $Sc^{3+}$  আয়ন এবং Cr (24) এর সুস্থিত আয়ন হলো  $Cr^{3+}$  আয়ন। উভয় আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস হলো :



উপরোক্ত ইলেকট্রন বিন্যাস মতে,  $Sc^{3+}$  আয়নে d অরবিটালে কোনো ইলেকট্রন নেই, তাই Sc অবস্থান্তর মৌল নয়। অপরদিকে  $Cr^{3+}$  আয়নে  $d^3$  ইলেকট্রন আছে, যা  $d^1-d^9$  এর মধ্যে রয়েছে। তাই Cr (24) মৌলটি হলো অবস্থান্তর মৌল। অবস্থান্তর মৌলের অন্যতম প্রধান বৈশিষ্ট্য হলো রঙিন ঘোগ গঠন করা। এজন্য Cr (24) মৌলটি রঙিন ঘোগ গঠন করে থাকে। কিন্তু Sc (21) অবস্থান্তর মৌল না হওয়ায় কোনো রঙিন ঘোগ গঠন করতে পারে না।

অবস্থান্তর ধাতু Cr ও এর ক্যাটায়ন  $Cr^{3+}$  আয়নে অপূর্ণ d-অরবিটাল থাকে বলে তারা রঙিন হয়। এছাড়া জটিল আয়ন গঠনকালে লিগ্যান্ডের প্রভাবে পাঁচটি d-অরবিটালে সামান্য পরিমাণে শক্তির তারতম্য ঘটে, যা দৃশ্যমান আলো থেকে শোষিত হয়। তাই জটিল আয়ন রঙিন হয়ে থাকে।



চি-৩.৪ (ক) : লিগ্যান্ডের প্রভাবে d-অরবিটালসমূহের গড় স্থিতিশক্তি বৃদ্ধি ও দুটি পৃথক শক্তিস্তরে বিভক্তিকরণ

ক্রিস্টাল ফিল্ড মতবাদ অনুসারে, জটিল আয়ন গঠনকালে লিগ্যান্ডের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল অরবিটালটি Cr ধাতুর ধনাত্মক আয়ন  $Cr^{3+}$  আয়নের পাঁচটি d-অরবিটালের মূলত x, y, z অক্ষ বরাবর নিকটবর্তী হলে ঐ তিনটি অক্ষ বরাবরে থাকা  $d_{x^2-y^2}$  ও  $d_{z^2}$  অরবিটালের ইলেকট্রন লিগ্যান্ডের ইলেকট্রন যুগল দ্বারা অধিকতর বিকর্ষিত হয়। এ বিকর্ষণের কারণে পাঁচটি d-অরবিটালের শক্তির মধ্যে সামান্য উর্ধমুখী ও নিম্নমুখী পার্থক্য ঘটে। একে d-অরবিটালসমূহের নন-ডিজেনারেট অবস্থা বলা হয়। তখন নিম্নশক্তির  $d_{xy}$ ,  $d_{yz}$  ও  $d_{zx}$  অরবিটালকে  $t_{2g}$  শক্তির অরবিটাল সেট এবং উচ্চশক্তির  $d_{x^2-y^2}$  ও  $d_{z^2}$  অরবিটালসমূহকে  $e_g$  শক্তির অরবিটাল সেট বলে। লিগ্যান্ডের প্রভাবে অবস্থান্তর ধাতুর আয়নের পাঁচটি d-অরবিটালের মধ্যে শক্তির সামান্য উর্ধমুখী ও নিম্নমুখী বিভক্তিকরণকে ক্রিস্টাল ফিল্ড বলে এবং  $e_g$  সেট ও  $t_{2g}$  সেট অরবিটালের শক্তির পার্থক্য ( $ΔE$ ) কে ক্রিস্টাল ফিল্ড বিভক্তিকরণ শক্তি বলে। তখন দুটি শক্তিস্তরের মধ্যে যে পার্থক্য ( $ΔE$ ) হয়, তা যদি দৃশ্যমান আলোর বর্ণালির নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সঙ্গে মিল হয়, তবে  $t_{2g}$  সেটের জোড় বা বিজোড় d-ইলেকট্রন এ আলো শোষণ করে  $e_g$  সেটের অরবিটালে লাফিয়ে চলে এবং আলোর অবশিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের রং আমাদের চোখে প্রতিফলিত হয়; অর্থাৎ অবস্থান্তর ধাতু  $Cr^{3+}$  এর জটিল ঘোগ যেমন  $[Cr(H_2O)_3Cl_3]$  বেগুনি বর্ণের রঙিন হয়।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৫ : পর্যায় সারণির চতুর্থ পর্যায়ভুক্ত মৌল 'A' এর যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস হলো  $(n - 1)d^6 ns^2$ । [ক. বো. ২০১৭; চ. বো. ২০১৬]

(ক) A মৌলের d-উপস্তরের ইলেকট্রনগুলোর জন্য চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মানের সেট নির্ণয় কর।

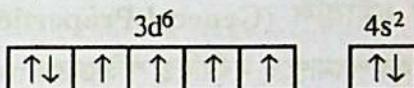
(খ)  $[A(CN)_6]^{4-}$  আয়নটি রঙিন হবে কীনা উদ্বীপকের আলোকে তা বিশ্লেষণ কর।

সমাধান : (ক) A মৌলের d-উপস্তরের ইলেকট্রনগুলোর জন্য চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মানের সেট নিম্নরূপ :

উদ্বীপক মতে,  $A = (n - 1)d^6 ns^2$ , এখানে  $n = 4$

$\therefore A$  এর যোজ্যতা স্তরে ইলেকট্রন বিন্যাস হলো,  $A = 3d^6 4s^2$

$\therefore A$  মৌলটি হলো আয়রন, Fe(26)। Fe(26) এর যোজ্যতাস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাস বর্ত্ত পদ্ধতিতে হলো,



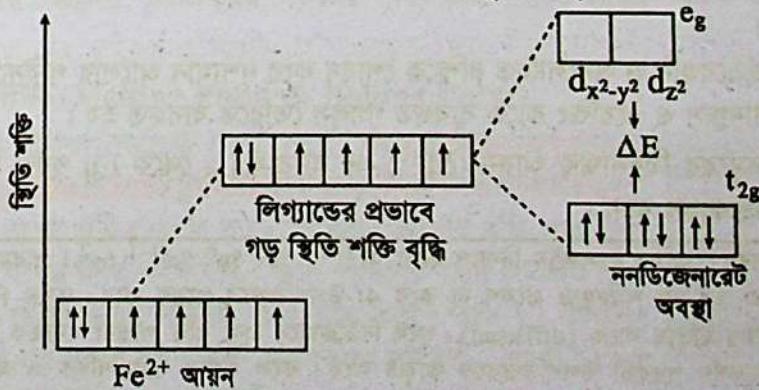
A মৌল বা Fe(26) এর d উপস্তরের  $3d^6$  ইলেকট্রনসমূহের চারটি কোয়ান্টাম সংখ্যার মানের সেট হলো নিম্নরূপ :

ইলেকট্রন	n	l	m	s	অরবিটাল
e <sub>1</sub>	3	2	+2	$+\frac{1}{2}$	d <sub>xy</sub>
e <sub>2</sub>	3	2	+1	$+\frac{1}{2}$	d <sub>yz</sub>
e <sub>3</sub>	3	2	0	$+\frac{1}{2}$	d <sub>zx</sub>
e <sub>4</sub>	3	2	-1	$+\frac{1}{2}$	d <sub>x<sup>2</sup>-y<sup>2</sup></sub>
e <sub>5</sub>	3	2	-2	$+\frac{1}{2}$	d <sub>z<sup>2</sup></sub>
e <sub>6</sub>	3	2	+2	$-\frac{1}{2}$	d <sub>xy</sub>

সমাধান : (খ)  $[A(CN)_6]^{4-}$  আয়নটি রঙিন হবে কীনা তার ব্যাখ্যা :

উদ্বীপক মতে  $[A(CN)_6]^{4-}$  আয়নটি হলো  $[Fe(CN)_6]^{4-}$ । এটি একটি জটিল আয়ন। এ জটিল আয়নটিতে অবস্থান্তর ধাতু। মৌল Fe এর সুস্থিত আয়নটি হলো  $Fe^{2+}$  আয়ন এবং লিগ্যান্ড হলো সায়ানাইড আয়ন ( $CN^-$ )। Fe হলো অবস্থান্তর ধাতু। অবস্থান্তর ধাতুর অন্যতম বৈশিষ্ট্য হলো  $Fe^{2+}$  আয়ন রঙিন হবে এবং জটিল আয়ন গঠনের বেলায়ও রঙিন আয়ন সৃষ্টি করবে। এর কারণ ক্রিস্টাল ফিল্ড মতবাদ দ্বারা ব্যাখ্যা করা হয়।

ক্রিস্টাল ফিল্ড মতবাদ মতে, জটিল আয়ন গঠনকালে লিগ্যান্ডের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল অরবিটালটি ধাতুর যেমন Fe এর ধনাত্মক আয়ন  $Fe^{2+}$  এর নিকটবর্তী হলে তখন পাঁচটি d-অরবিটালের মূলত x, y ও z অক্ষ বরাবরে থাকা  $d_{x^2-y^2}$  ও  $d_{z^2}$



চিত্র-৩.৪ (খ) : লিগ্যান্ডের প্রভাবে d-অরবিটালসমূহের গড় স্থিতি শক্তি বৃদ্ধি ও দুটি পৃথক শক্তিস্তরে বিভক্তির পরিণাম

অরবিটালের ইলেকট্রন লিগ্যান্ডের ইলেকট্রন দ্বারা অধিকতর বিকর্ষিত হয়। এ বিকর্ষণের কারণে পাঁচটি d-অরবিটালের শক্তির মধ্যে সামান্য উর্ধমুখী ও নিম্নমুখী পার্থক্য ঘটে। একে d-অরবিটালসমূহের নন্ডিজেনারেট অবস্থা বলা হয়। তখন নিম্ন শক্তির  $d_{xy}$ ,  $d_{yz}$  ও  $d_{zx}$  অরবিটাল অবস্থা  $t_{2g}$  শক্তির অরবিটাল সেট এবং উচ্চ শক্তির  $d_{x^2-y^2}$  ও  $d_{z^2}$  অরবিটালসমূহকে  $e_g$  শক্তির অরবিটাল সেট বলে। এক্ষেত্রে  $e_g$  সেট ও  $t_{2g}$  সেট অরবিটালের শক্তির পার্থক্য ( $\Delta E$ ) কে ক্রিস্টাল ফিল্ড বিভক্তিকরণ শক্তি বলে। এ ক্রিস্টাল ফিল্ড বিভক্তিকরণ শক্তি ( $\Delta E$ ) যদি দৃশ্যমান আলোর বর্ণালির নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ হয়, তবে  $t_{2g}$  সেটের ঐ জোড় বা বিজোড় d-ইলেক্ট্রনসমূহ ঐ আলো শোষণ করে  $e_g$  সেটের অরবিটালে লাফিয়ে চলে এবং আলোর অবশিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের রং আমাদের চোখে প্রতিফলিত হয়। এরপে জটিল আয়ন বর্ণ্যুক্ত হয়। এক্ষেত্রে  $[Fe(CN)_6]^{4-}$  আয়ন হলুদ বর্ণ্যুক্ত হয়ে থাকে।

### ৩.২.৪ f-ব্লকের মৌলসমূহের সাধারণ ধর্মাবলি (General Properties of f-block elements)

পর্যায় সারণিতে f-ব্লকে অন্তর্ভুক্ত মৌলসমূহের পরমাণুতে সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের ns-অরবিটাল বা উপশক্তিস্তরের পূর্ণ থাকে; কিন্তু  $(n-1)d$  অরবিটাল অপূর্ণ রেখে শেষ ইলেকট্রন ক্রমাবয়ে  $(n-2)f$  অরবিটালে প্রবেশ করতে থাকে। এর মূলে রয়েছে উচ্চ শক্তিস্তরে d-অরবিটাল ও f-অরবিটালের মধ্যে ন্যূনতম পার্থক্য। এখানে  $n = 6$  ও 7 হয়।

পর্যায়	ইলেকট্রন বিন্যাস : $(n-2)f^{1-14}, (n-1)d^{0-1} ns^2; n = 6, 7$													
6(4f)	58Ce	59Pr	60Nd	61Pm	62Sm	63Eu	64Gd	65Tb	66Dy	67Ho	68Er	69Tm	70Yb	71Lu
7(5f)		91Pa	92U	93Np	94Pu	95Am	96Cm	97Bk	98Cf	99Es	100Fm	101Md	102No	103Lw

f-ব্লক মৌলসমূহ (১) ল্যাঞ্চানাইড ও (২) অ্যাস্ট্রিনাইড—এই দুটি সিরিজে বিভক্ত :

(১) ল্যাঞ্চানাইড সিরিজ (Lanthanide Series) : পর্যায় সারণির থষ্ঠ পর্যায়ের ও গ্রুপ-3 (3B) এর অন্তর্ভুক্ত ল্যাঞ্চানাম ( $_{57}La$ ) ও এর পরবর্তী সেরিয়াম ( $_{58}Ce$ ) থেকে লুটেসিয়াম ( $_{71}Lu$ ) পর্যন্ত 14টি মৌলসহ মোট 15টি মৌলকে একত্রে ল্যাঞ্চানাইড সিরিজ বা ল্যাঞ্চানয়ডস (Lanthanoids) বলে। এদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে খুবই মিল থাকায় এদেরকে পর্যায় সারণিতে একই স্থানে রাখা হয়েছে। প্রকৃতিতে ল্যাঞ্চানয়ড মৌলসমূহ খুব কম পরিমাণে যৌগরূপে পাওয়া যায় বলে এদেরকে বিরল মৃত্তিকা মৌল বা Rare earth elements ও বলা হয়।

ল্যাঞ্চানাইড সিরিজের সাধারণ ইলেকট্রন বিন্যাস হলো :  $(n-2)f^{1-14} (n-1)d^{0-1} ns^2$ ; এক্ষেত্রে  $n = 6$  হয়।

ল্যাঞ্চানাইডসমূহের ধর্মাবলি : (১) ল্যাঞ্চানাইডসমূহ হলো ভারী ধাতু। এরা তাপ ও বিদ্যুৎ সুপরিবাহী।

(২) এদের ঘনত্ব, গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ বেশি হয়।

(৩) এদের আয়নীকরণ শক্তি d-ব্লক মৌল অপেক্ষা কম। তাই এ সব ধাতুর তড়িৎ ধনাত্মকতা ধর্ম বেশি থাকে।

(৪) f-ব্লক মৌলসমূহের মধ্যে রয়েছে অন্তঃঘৰস্থান্তর মৌল (Inner transition elements)। যেসব f-ব্লক মৌলের কোনো সুস্থিত আয়নে  $f^1$  থেকে  $f^{13}$  ইলেকট্রন বিন্যাস থাকে, তাদেরকে অন্তঃঘৰস্থান্তর মৌল বলে। যেমন- Ce(58) এর  $4f^1$  যুক্ত  $Ce^{3+}$  আয়ন আছে। এদের আয়ন বর্ণ্যুক্ত হয় এবং জটিল আয়ন গঠন করে।

(৫) এদের প্রধান ও অধিকতর স্থায়ী জারণ অবস্থা হলো +3। তবে +2 ও +4 জারণ অবস্থাও দেখা যায়। যেমন  $Eu^{2+}$  ( $4f^7$ ),  $Tb^{4+}$  ( $4f^7$ )।

(৬) ল্যাঞ্চানাইডসমূহ অতিবেগুনি ও অবলোহিত রশ্মিকে শোষণ করে দৃশ্যমান আলোর পরিসরে বিকিরণ করতে পারে। তাই এদের বিভিন্ন অক্সাইড সান্ধান্স ও ওয়েল্ডিং কাজে ব্যবহৃত গগলস তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(৭) ল্যাঞ্চানাইড মৌলসমূহের ত্রিধনাত্মক আয়ন ( $M^{3+}$ ) এর ব্যাসার্ধ La থেকে Lu পর্যন্ত নিয়মিতভাবে হ্রাস পেতে থাকে। একে ল্যাঞ্চানাইড সংকোচন বলে।

ল্যাঞ্চানাইড সংকোচনের কারণ : এদের ইলেকট্রন বিন্যাস হলো  $4f^{2-14} 5s^2 5p^6 5d^{0-1} 6s^2$ । পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে নতুন ইলেকট্রনটি এদের ঘোজ্যতা স্তর স্থল শক্তিস্তরে প্রবেশ না করে 4f-উপশক্তিস্তরে প্রবেশ করে। তখন f-অরবিটালের গঠন প্রকৃতি করতে না পারায় নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ পরবর্তী উপশক্তিস্তরকে আকৃষ্ট করে। ফলে এদের পারমাণবিক ও আয়নিক ব্যাসার্ধে ক্রম হ্রাস ঘটে; যা ল্যাঞ্চানাইড সংকোচন নামে পরিচিত।

MAT: 16-17

(২) অ্যাক্টিনাইড সিরিজ (Actinide Series) : পর্যায় সারণির ৭ম পর্যায়ের ও গ্রুপ-৩ (3B) এর অন্তর্ভুক্ত অ্যাক্টিনিয়াম ( $^{89}\text{Ac}$ ) ও এর পরবর্তী  $^{90}\text{Th}$  থেকে  $^{103}\text{Lr}$  পর্যন্ত 14টি মৌলসহ মোট 15টি মৌলকে একত্রে অ্যাক্টিনাইড সিরিজ বা অ্যাক্টিনয়াল্ডস বলে। এদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে খুবই মিল থাকায় এদেরকে পর্যায় সারণিতে একই স্থানে রাখা হয়েছে। অ্যাক্টিনাইড সিরিজকে বর্তমানে IUPAC নিয়ম মতে অ্যাক্টিনয়াল্ডস (actinoids) ও বলা হয়।

কারণ ঝগাঞ্চক আয়নের বেলায়, মৌলের পরমাণুর নামের শেষে 'ide' বিভক্তি বা suffix বসে যেমন ক্লোরাইড (chloride) আয়ন ( $\text{Cl}^-$ )। তাই ল্যাঞ্চাইড-এর পরিবর্তে 'ল্যাঞ্চানয়ড' এবং অ্যাক্টিনাইড-এর পরিবর্তে 'অ্যাক্টিনয়ড' নতুন নামকরণ অনুমোদন দেয়া হয়েছে।

অ্যাক্টিনাইডসমূহের ধর্মাবলি :

- (১) অ্যাক্টিনাইড মৌলসমূহ তেজক্ষিয় মৌল।
- (২) এদের ঘনত্ব খুব বেশি। (ব্যতিক্রম থোরিয়াম sp.gr. 10.11)
- (৩) এদের উচ্চ গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ আছে।
- (৪) অ্যাক্টিনাইডসমূহ অধিক তড়িৎ ধনাঞ্চক ধাতু। এরা +3, +4, +5, +6 জারণ অবস্থা প্রদর্শন করে। এদের আয়নীকরণ শক্তি কম।
- (৫) এরা বাতাসের সংশ্পর্শে মলিন ও কম সক্রিয় হয়ে যায়।
- (৬) সূক্ষ্ম চূর্ণ অবস্থায় অ্যাক্টিনাইড মৌলসমূহ অত্যন্ত সক্রিয় থাকে। উত্পন্ন পানি এবং লঘু এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে  $\text{H}_2$  গ্যাস উৎপন্ন করে।
- (৭) এদের ওপর ক্ষার দ্রবণে প্রভাব নেই। এদের যোগসমূহ সাধারণত বেশি ক্ষারীয় হয়।
- (৮) থোরিয়া ( $\text{ThO}_2$ ) ও সেরিয়া ( $\text{CeO}_2$ ) মিশ্রণ সূক্ষ্ম কণারূপে গাড়ির হেড লাইট, জাহাজ ও রেলগাড়ির সার্চ লাইটে থাকে।

**MCQ-3.13 :** নিচের কোন আয়নটি রাইড  
যোগ গঠন করে? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]  
(ক)  $\text{Sc}^{3+}$       (খ)  $\text{Mg}^{2+}$   
(গ)  $\text{Zn}^{3+}$       (ঘ)  $\text{Ni}^{2+}$

জেনে রাখ : পর্যায় সারণির ১১৮টি মৌলের মধ্যে (২০১৬ সাল পর্যন্ত) ধাতু = ৯৪টি; অপধাতু (সের্বসমূহ) = ৬টি (B, Si, Ge, As, Sb, Te); অধাতু = ১৮টি [১১টি গ্যাস, ১টি তরল ( $\text{Br}_2$ ), ৬টি কঠিন কক্ষ তাপমাত্রায় (C, P, S, Se, I, At)]।

### ৩.৩ মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্মসমূহ

#### Periodic Properties of Elements

পর্যায়বৃত্ত ধর্ম : মৌলসমূহের ইলেক্ট্রন বিন্যাস এদের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে পরিবর্তিত হয়ে থাকে এবং নির্দিষ্ট সংখ্যা যেমন ২, ৮, ৮, ১৮, ১৮, ৩২ এর ব্যবধানের পর পর্যায়ক্রমিকভাবে অনুরূপ ধরনের হয়। মৌলসমূহের অনেক ধর্মেও একইভাবে পুনরাবৃত্তি ঘটে। এ কারণে মৌলসমূহের ইলেক্ট্রন বিন্যাসভিত্তিক পরিবর্তনশীল ধর্মসমূহকে পর্যায়বৃত্ত ধর্ম বলে। এখানে মৌলসমূহের কিছু পর্যায়বৃত্ত ধর্ম যেমন- (ক) গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ, (খ) পরমাণুর আকার, (গ) যোজ্যতা, (ঘ) আয়নীকরণ শক্তি, (ঙ) ইলেক্ট্রন আসক্তি, (চ) তড়িৎ ঝগাঞ্চকতা ও (ছ) ধাতব ধর্ম বিশেষভাবে আলোচনা করা হলো।

অবস্থান্তর ও অন্তঃঅবস্থান্তর মৌলসমূহে ধর্ম প্রধানত তাদের আংশিক পূর্ণ d ও f অরবিটালে অবস্থিত ইলেক্ট্রন দ্বারাই বিশেষভাবে প্রভাবাবিত হয়। এজন্য পারমাণবিক সংখ্যার পরিবর্তনের সাথে এদের অনেক ধর্মের পরিবর্তন বিশেষভাবে পরিলক্ষিত হয় না।

#### (ক) গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ (Melting Point & Boiling Point)

গ্রুপ-১ (বা IA) এর ক্ষারধাতুসমূহের একটি করে যোজ্যতা ইলেক্ট্রন থাকায় এদের ধাতব বন্ধন দুর্বল হয়। তাই এ ধাতুগুলো নরম ধাতু, নিম্নগলনাক্ষবিশিষ্ট হয়। একই গ্রুপে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে পরমাণুর আকার বৃদ্ধি পায় এবং যোজ্যতা স্তরে ইলেক্ট্রন মেঘের ঘনত্ব কমে যায়। ফলে পরমাণুর বন্ধন আকর্ষণ কমে যায় বলে গ্রুপ-১ (বা IA) মৌলসমূহের গলনাক্ষ ধীরে ধীরে কমে। তবে Li পরমাণুর আকার খুবই ছোট হওয়ায় এর ধাতব বন্ধন তুলনামূলকভাবে দৃঢ় হয়। এজন্য Li এর গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ এ গ্রুপের অন্যদের তুলনায় বেশি হয়।

যে তাপমাত্রায় কঠিন পদার্থ গলে যায়, একে ঐ পদার্থের গলনাক্ষ এবং 1 atm চাপে যে তাপমাত্রায় পদার্থটি বুদ্ধুদসহ ফুটতে থাকে, একে ঐ পদার্থের স্ফুটনাক্ষ বলে।

সারণি-৩.১ : গ্রহণ-১ এর মৌলসমূহের গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ :

মৌল :	Li	Na	K	Rb	Cs
গলনাক্ষ, °C	180.5	97.7	63.3	39.3	28.4
স্ফুটনাক্ষ, °C	1342	883	759	688	678.4

একই পর্যায়ে মৌলসমূহের গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষের ক্ষেত্রে কোনো সরল ধারাবাহিকতা দেখা যায় না। যেমন তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের ক্ষেত্রে গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ নিম্নরূপ :

সারণি-৩.২ : তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ

মৌল →	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
গলনাক্ষ, (°C)	97.8	649	660	1410	44	112.8	- 101	- 189.3
স্ফুটনাক্ষ, (°C)	883	1090	2519	2355	280	444.67	- 34.6	- 185.7

সোডিয়াম থেকে অ্যালুমিনিয়াম পর্যন্ত ধাতব বন্ধন বিদ্যমান। সোডিয়ামের কেলাসে  $\text{Na}^+$  আয়ন বিদ্যমান; এ আয়নের আকার বড় এবং মুক্ত একটি মাত্র ইলেক্ট্রনের ওপর আকর্ষণ কর। এ কারণে এ কেলাসের গলনের জন্য খুব বেশি শক্তির প্রয়োজন হয় না; অর্থাৎ Na এর গলনাক্ষ কম। ম্যাগনেসিয়াম কেলাসে দ্বি-আধানবিশিষ্ট  $\text{Mg}^{2+}$  আয়নে দুটি মুক্ত ইলেক্ট্রন থাকে এবং অ্যালুমিনিয়ামের কেলাসে ত্রিআধানবিশিষ্ট  $\text{Al}^{3+}$  আয়ন ও তিনটি মুক্ত ইলেক্ট্রন বিদ্যমান। মুক্ত ইলেক্ট্রনের ওপর এদের আকর্ষণ বেশি। এ কারণে এদের ধাতব বন্ধনের দৃঢ়তা বৃদ্ধির সাথে গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ অধিক হয়।

সিলিকনের কেলাস অতি বৃহৎ অণু বিদ্যমান, যা Si-Si বন্ধনের মাধ্যমে ত্রিমাত্রিক জাল হিসেবে গঠিত। এ কেলাসকে গলনের জন্য অনেক Si-Si বন্ধন ভাঙা প্রয়োজন, তাতে অনেক শক্তির প্রয়োজন। অতএব সিলিকনের গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ অনেক বেশি।

পরবর্তী মৌল ফসফরাস এর রূপান্তরে ঘেত P<sub>4</sub> অণু হিসেবে থাকে। এ অণু বিশুদ্ধ সমযোজী প্রকৃতির। বিভিন্ন অণুর মধ্যে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস শক্তি আন্তঃআণবিক বন্ধন হিসেবে বিদ্যমান। সেহেতু এর গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ অনেক কম।

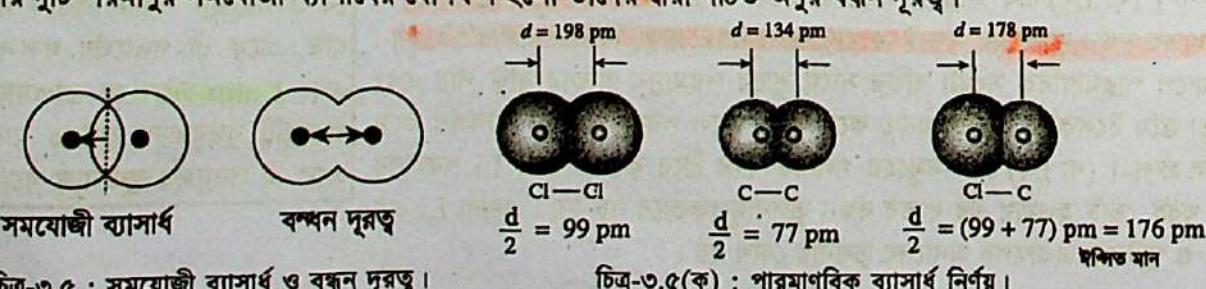
সালফারের অণু S<sub>8</sub> হিসেবে বিদ্যমান। একই মৌলের পরমাণু দ্বারা সৃষ্টি হওয়ায় সালফারের অণু সমযোজী। ফলে বিভিন্ন অণুর মধ্যে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস শক্তি আন্তঃআণবিক শক্তি হিসেবে বিদ্যমান। তাই এর গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ কম।

ক্লোরিন অণু দুটি পরমাণু দ্বারা সৃষ্টি। একই মৌলের পরমাণু দ্বারা সৃষ্টি হওয়ায় Cl<sub>2</sub> অণু পুরোপুরি অপোলার সমযোজী। ফলে বিভিন্ন Cl<sub>2</sub> অণুর মধ্যে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস শক্তি আন্তঃআণবিক শক্তি হিসেবে বিদ্যমান। এ কারণে Cl<sub>2</sub> এর গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ অনেক কম।

#### (খ) পরমাণুর আকার (Atomic Size)

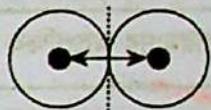
পরমাণুর আকার তুলনা করার ক্ষেত্রে সাধারণভাবে কোনো পরমাণুর নিউক্লিয়াসের কেন্দ্র ও এর সর্ববহিস্থ ইলেক্ট্রন স্তরের মধ্যবর্তী দূরত্বকে পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ধরা হয়। বাস্তবে পরমাণুর কেন্দ্র বহির্ভূত ইলেক্ট্রন মেঘের সঠিক অবস্থান জানা অনিচ্ছিত বলে এ দূরত্ব নির্ণয় করা বেশ কঠিন। মৌলের প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে পরমাণুর আকার নিম্নোক্ত দু ভাবে প্রকাশ করা হয় : (১) সমযোজী ব্যাসার্ধ ও (২) ধাতব ব্যাসার্ধ।

(১) সমযোজী ব্যাসার্ধ : কোনো মৌলের দুটি পরমাণুর একক সমযোজী বন্ধনে উভয় পরমাণুর নিউক্লিয়াসের মধ্যকার দূরত্বের অর্ধেককে ঐ পরমাণুর সমযোজী ব্যাসার্ধ বলে। সমযোজী ব্যাসার্ধকে পারমাণবিক ব্যাসার্ধ হিসেবে ধরা হয়। মৌলের দুটি পরমাণুর সমযোজী ব্যাসার্ধের যোগফল হলো তাদের দ্বারা গঠিত অণুর বন্ধন দূরত্ব।



ইৰকে দুটি কাৰ্বন পৱমাণুৰ মধ্যকাৰ আন্তঃনিউক্লিয়াৰ দূৰত্ব বা (C–C বন্ধন দূৰত্ব), রঞ্জন রশ্মি বিবৰণ পরীক্ষা বা X-ray diffraction analysis হতে  $0.154 \text{ nm}$  বা,  $154 \text{ pm}$  গণনা কৰা হয়। তাই কাৰ্বন পৱমাণুৰ সমযোজী ব্যাসাৰ্ধ হবে এৰ অৰ্ধেক  $= 0.154/2 \text{ nm} = 0.077 \text{ nm}$ , বা,  $77 \text{ pm}$  (pico metre)।  $\text{Cl}_2$  অণুতে দুটি Cl-পৱমাণুৰ নিউক্লিয়াসেৰ দূৰত্ব বা Cl–Cl বন্ধন দূৰত্ব হলো  $198 \text{ pm}$ . সুতৰাং Cl-পৱমাণুৰ ব্যাসাৰ্ধ হবে এৰ অৰ্ধেক  $198 \div 2 = 99 \text{ pm}$ ।

(২) ধাতব ব্যাসার্ধ : ধাতুর কেলাসে পরম্পর সংলগ্ন দুটি পরমাণুর আন্তঃনিউক্লিয়ার দূরত্বের অর্ধেককে ঐ ধাতুর ধাতব ব্যাসার্ধ বলা হয়। ধাতব ব্যাসার্ধ সাধারণত সময়োজী ব্যাসার্ধ অপেক্ষা প্রায়  $10 - 20\%$  বেশি হয়। সোডিয়াম ধাতুর কেলাসে পরম্পর সংলগ্ন দুটি Na পরমাণুর কেন্দ্র মধ্যবর্তী দূরত্ব হলো 372 pm. সুতরাং Na-এর ধাতব ব্যাসার্ধ =  $372/2$  pm = 186 pm. সময়োজী ব্যাসার্ধের সাথে ধাতব ব্যাসার্ধের তুলনা করার জন্য নিচে এইপ IA-এর মৌলসমূহের সময়োজী ব্যাসার্ধ (pm) ও ধাতব ব্যাসার্ধ (pm) দেখানো হলো।



ଚିତ୍ର-୩.୬ : ଧାତବ ବ୍ୟାସ ଓ  
ବ୍ୟାସାର୍ଧ ।

সমযোজী ব্যাসার্ধ (pm): Li 123 Na 157 K 203 Rb 216 Cs 235

धातव व्यासार्ध (pm): Li 152 Na 186 K 227 Rb 248 Cs 265

বিভিন্ন মৌলের আপেক্ষিক পারমাণবিক ব্যাসার্ধ  $pm$  এককে চির-৩.৭-এ দেখানো হয়েছে। [  $1 pm = 10^{-12}m$  ]

H o 37																				He 31
(Li)	(Be)																			
152	112																			
(Na)	(Mg)																			
186	160																			
(K)	(Ca)	(Sc)	(Ti)	(V)	(Cr)	(Mn)	(Fe)	(Co)	(Ni)	(Cu)	(Zn)	(Ga)	(Ge)	(As)	(Se)	(Br)		(Kr)		
227	197	162	147	134	128	127	126	125	124	128	134	135	122	120	116	114		112		
(Rb)	(Sr)	(Y)	(Zr)	(Nb)	(Mo)	(Tc)	(Ru)	(Rh)	(Pd)	(Ag)	(Cd)	(In)	(Sn)	(Sb)	(Te)	(I)		(Xe)		
248	215	180	160	146	139	136	134	134	137	144	151	167	140	140	143	133		131		
(Cs)	(Ba)	(Lu)	(Ht)	(Ta)	(W)	(Re)	(Os)	(Ir)	(Pt)	(Au)	(Hg)	(Tl)	(Pb)	(Bi)	(Po)		(At)	(Rn)		
265	222	173	159	146	139	137	135	136	138	144	151	170	175	150	167		(140)	(140)		

চি-৩.৭ : মৌলসমূহের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ - pm (পিকোমিটার,  $10^{-12}$  m এককে।

**পর্যায়ভিত্তিক বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর আকারের সম্পর্ক :** মৌলের পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম মতে s-ব্লক ও p-ব্লকভুক্ত আদর্শ মৌলসমূহের পারমাণবিক আকার এদের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে একই পর্যায়ে ক্রমশ হ্রাস পায়। কারণ একই পর্যায়ে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে একটি করে ইলেক্ট্রন যুক্ত হয়, কিন্তু ইলেক্ট্রনের স্তর সংখ্যা বাড়ে না। **কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ ( $Z_{eff}$ )** বৃদ্ধির ফলে ইলেক্ট্রনসমূহ নিউক্লিয়াস কর্তৃক আরো জোরে আকৃষ্ট হয়। ফলে পরমাণুর আকার হ্রাস পায়। যোজ্যতাস্তরের একটি ইলেক্ট্রন ঘারা বাস্তবে অনুভূত নিউক্লিয়ার চার্জকে কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ (effective nuclear charge) বলে। অভ্যন্তরস্থ ইলেক্ট্রনের মেঘের আবরণ (electron shielding)-এর কারণে প্রকৃত মান থেকে কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জের মান কম হয়। কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ,  $Z_{eff} = Z_{actual} - \text{Electron Shielding}$ .

উল্লেখ গোলক আকৃতির s-অরবিটালের ইলেকট্রন মেঘ এবং ডাষ্টেল আকৃতির p-অরবিটালের ইলেকট্রন মেঘ দ্বারা ইলেকট্রন Shielding বেশি ঘটে। ফলে s-ব্লক ও p-ব্লকের মৌলসমূহের পরমাণুর কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ (Zeff) কম হয়। ফলে এদের পারমাণবিক আকার d-ব্লক ও f-ব্লকের মৌলের পরমাণুর চেয়ে বড় হয়। বিভিন্ন অরবিটালে থাকা ইলেকট্রন মেঘের ‘আবরণ-প্রভাব’ (shielding effect) এর ক্রম হলো :  $s > p > d > f$  অরবিটাল ইলেকট্রন।

MAT: 10-11

তৃতীয় পর্যায়ভুক্ত বিভিন্ন মৌলের আপেক্ষিক পারমাণবিক ব্যাসার্ধ pm এককে দেখানো হলো (চিত্র-৩.৮)।

তৃতীয় পর্যায়ের মৌল	Na(11)	Mg(12)	Al(13)	Si(14)	P(15)	S(16)	Cl(17)
ইলেকট্রন বিন্যাস	2.8.1	2.8.2	2.8.3	2.8.4	2.8.5	2.8.6	2.8.7
পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (pm)	186	160	143	117	110	104	99
পরমাণুর আকার	●	●	●	●	●	●	●

চিত্র-৩.৮ : তৃতীয় পর্যায়ের মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস ও তাদের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ।

অপরদিকে ৪র্থ থেকে ৭ম পর্যায়ভুক্ত মৌলসমূহে d ও f অরবিটালের মেঘ দ্বারা ইলেকট্রন Shielding কর ঘটে; তাই d-ব্লক ও f-ব্লক মৌলের পরমাণুর ক্ষেত্রে কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ ( $Z_{eff}$ ) এর আকর্ষণ বেশি থাকে। ফলে d-ব্লক ও f-ব্লকের পরমাণুর আকার s-ব্লক ও p-ব্লকের মৌলের পরমাণুর আকারের চেয়ে ছোট হয়।

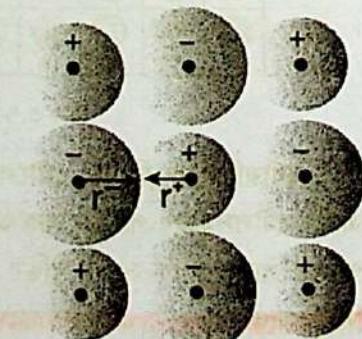
গ্রুপভিত্তিক বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর আকারের সম্পর্ক : একই গ্রুপের মৌলসমূহের বেলায় নিচের দিকের পরমাণুর ইলেকট্রনের জন্য নতুন কঙ্কপথ বা শক্তিস্তর যুক্ত হয়, ফলে পারমাণবিক ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পায়। যেমন, গ্রুপ-1 এর ক্ষেত্রে মৌলসমূহের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ক্রম বৃদ্ধি পায়। চিত্র-৩.৯ দেখ।

গ্রুপ-1 মৌল	ইলেকট্রন বিন্যাস স্তর	পারমাণবিক ব্যাসার্ধ (pm)	আপেক্ষিক পাঃ আকার
Li (3)	2,1	152	●
Na (11)	2,8,1	186	●
K (19)	2,8,8,1	227	●
Rb (37)	2,8,18,8,1	248	●
Cs (55)	2,8,18,18,8, 1	265	●

চিত্র-৩.৯ : গ্রুপ-1 এর মৌলসমূহের ইলেকট্রন বিন্যাস ও তাদের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ।

(৩) আয়নিক ব্যাসার্ধ : কোনো ধনাত্মক আয়ন বা, ঋণাত্মক আয়নের ক্ষেত্রে নিউক্লিয়াস ও এর সর্ব বহিঃস্থ শেলে (shell-এ) থাকা ইলেকট্রন মেঘের দূরত্বকে ঐ আয়নের আয়নিক ব্যাসার্ধ বলে। X-ray diffraction পরীক্ষা দ্বারা আয়নিক যৌগের কেলাস ল্যাটিসে থাকা গোলক আকৃতির ধনাত্মক আয়নের ব্যাসার্ধ ( $r^+$ ) ও ঋণাত্মক আয়নের ব্যাসার্ধ ( $r^-$ ) কে উভয় আয়নের নিউক্লিয়াস দুয়ের দূরত্বের অংশ হিসেবে গণনা করা হয় [চিত্র-৩.৯(ক) দেখো]। আয়নিক ব্যাসার্ধকে pm ( $= 1 \times 10^{-12} \text{ m}$ ), বা, Å ( $= 1 \times 10^{-10} \text{ m}$ ) বা, nm ( $= 1 \times 10^{-9} \text{ m}$ ) এককে প্রকাশ করা হয়।

\* ধনাত্মক আয়ন বা, ক্যাটায়ন-এর ব্যাসার্ধ ( $r^+$ ) এর পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ( $r$ ) অপেক্ষা সব সময় ছোট হয়। এর কারণ ক্যাটায়ন গঠন কালে বহিঃস্থ শক্তিস্তর থেকে যোজ্যতা ইলেকট্রন অপসারিত হয়। তখন সৃষ্টি ক্যাটায়নে অবশিষ্ট 'ইলেকট্রনসমূহে'



চিত্র ৩.৯(ক) : কেলাসের আয়নসময়ের ব্যাসার্ধ ( $r^+, r^-$ )

প্রথমত পারম্পরিক বিকর্ষণ মাত্রার হ্রাস এবং দ্বিতীয়ত কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জের আকর্ষণ ( $Z_{eff}$ ) মাত্রার বৃদ্ধি ঘটে। ফলে ক্যাটায়নের আকার ছোট হয়। যেমন Na পরমাণুর ব্যাসার্ধ,  $r = 186 \text{ pm}$ , কিন্তু  $\text{Na}^+$  আয়নের ব্যাসার্ধ,  $r^+ = 102 \text{ pm}$  (হাস সহ) হয়। Mg পরমাণুর ব্যাসার্ধ,  $r = 160 \text{ pm}$ , কিন্তু  $\text{Mg}^{2+}$  আয়নের ব্যাসার্ধ,  $r^+ = 72 \text{ pm}$  (হাস সহ) হয়।

\* ঋণাত্মক আয়ন বা, আনায়নের ব্যাসার্ধ ( $r^-$ ) এর পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ( $r$ ) অপেক্ষা সব ক্ষেত্রে বড় হয়। এর কারণ অ্যানায়ন গঠন কালে বহিঃস্থ শক্তিস্তরে এক বা একাধিক ইলেকট্রন যুক্ত হয়। তখন সৃষ্টি অ্যানায়নে একই শক্তিস্তরে বৃদ্ধিপ্রাপ্ত ইলেকট্রনসমূহে পারম্পরিক বিকর্ষণ মাত্রার বৃদ্ধি ঘটে এবং প্রতিটি ইলেকট্রনের ওপর নিউক্লিয়ার চার্জের আকর্ষণ মাত্রার হ্রাস

ঘটে। ফলে অ্যানায়নের আকার বড় হয়। যেমন F পরমাণুর ব্যাসার্ধ,  $r = 72 \text{ pm}$ , কিন্তু ফ্লোরাইড ( $F^-$ ) আয়নের ব্যাসার্ধ,  $r = 133 \text{ pm}$  (বৃদ্ধি সহ) হয়। O পরমাণুর ব্যাসার্ধ,  $r = 73 \text{ pm}$ , কিন্তু অক্সাইড ( $O^{2-}$ ) আয়নের ব্যাসার্ধ,  $r = 140 \text{ pm}$  (বৃদ্ধি সহ) হয়।

**গ্রুপভিত্তিক সম্পর্ক :** পর্যায় সারণির একই গ্রুপের মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে পরমাণুতে নতুন শক্তিসম্পর্ক যুক্ত হওয়ার কারণে পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ( $r$ ) যেমন বৃদ্ধি পায়; তেমনি একইভাবে সংশ্লিষ্ট আয়নের ব্যাসার্ধ ( $r^+$  ও  $r^-$ ) বৃদ্ধি পায়। নিচে গ্রুপ-1 ও গ্রুপ-17 (বা, 7A) এর মৌলসমূহের পারমাণবিক ব্যাসার্ধ ও আয়নিক ব্যাসার্ধ pm এককে দেখানো হলো :

গ্রুপ	পরমাণু, আয়ন	পারমাণবিক ব্যাসার্ধ, $r$	আয়নিক ব্যাসার্ধ, $r^+$
গ্রুপ-1 বা, 1A	Li, $Li^+$	152 pm	76 pm
	Na, $Na^+$	186 pm	102 pm
	K, $K^+$	227 pm	138 pm
	Rb, $Rb^+$	248 pm	152 pm
	Cs, $Cs^+$	265 pm	167 pm

গ্রুপ	পরমাণু, আয়ন	পারমাণবিক ব্যাসার্ধ, $r$	আয়নিক ব্যাসার্ধ, $r^-$
গ্রুপ-17 বা, 1A	F, $F^-$	72 pm	133 pm
	Cl, $Cl^-$	99 pm	181 pm
	Br, $Br^-$	114 pm	198 pm
	I, $I^-$	133 pm	220 pm

\* দেখো, খণ্ডাত্মক আয়নের ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পেয়েছে।

**পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক :** একই পর্যায়ে বাম থেকে ডান দিকে মৌলসমূহের সম ইলেকট্রনযুক্ত (বা isoelectronic) ক্যাটায়নসমূহের চার্জ-সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে আয়নিক ব্যাসার্ধও ক্রমশ হ্রাস পায়। কিন্তু সম ইলেকট্রনযুক্ত অ্যানায়নসমূহের মধ্যে প্রথমে গ্রুপ-15 এর মৌলের ত্রি-খণ্ডাত্মক চার্জযুক্ত আয়ন (যেমন  $N^{3-}, P^{3-}$ ) এর ব্যাসার্ধ পাঃ ব্যাসার্ধের প্রায় দ্বিগুণ বৃদ্ধি পায় এবং ক্রমশ চার্জ-সংখ্যা হ্রাসের সাথে হ্রাস পায়। নিচে ২য় পর্যায় ও ৩য় পর্যায়ের মৌলসমূহের পাঃ ব্যাসার্ধ ও আয়নিক ব্যাসার্ধ pm এককে দেখানো হলো :

২য় পর্যায়ের মৌল ও আয়ন :	Li, $Li^+$	Be, $Be^{2+}$		N, $N^{3-}$	O, $O^{2-}$	F, $F^-$	Ne
আয়নে ইলেকট্রন সংখ্যা :	2	2		10	10	10	10
আয়নে প্রোটন সংখ্যা :	3	4		7	8	9	10
আয়নিক ব্যাসার্ধ, pm :	76	31		146	140	133	-
পারমাণবিক ব্যাসার্ধ, pm :	152	112		75	73	72	71
	গ্রুপ-1	গ্রুপ-2	গ্রুপ-3	গ্রুপ-15	গ্রুপ-16	গ্রুপ-17	গ্রুপ-18
৩য় পর্যায়ের মৌল ও আয়ন :	Na, $Na^+$	Mg, $Mg^{2+}$	Al, $Al^{3+}$	P, $P^{3-}$	S, $S^{2-}$	Cl, $Cl^-$	Ar
আয়নে ইলেকট্রন সংখ্যা :	10	10	10	18	18	18	18
আয়নে প্রোটন সংখ্যা :	11	12	13	15	16	17	18
আয়নিক ব্যাসার্ধ, pm :	102	72	54	212	184	181	-
পারমাণবিক ব্যাসার্ধ, pm :	186	160	143	110	104	99	98

\* ২য় পর্যায়ের অ্যানায়নসমূহ ও ৩য় পর্যায়ের ক্যাটায়নসমূহের মধ্যে isoelectronic সম্পর্ক : নিয়ন্ত্রের ইলেকট্রন বিন্যাস  $[Ne(10) = 1s^2 2s^2 2p^6]$  এর সাথে isoelectronic, অর্থাৎ সমসংখ্যক ইলেকট্রনযুক্ত ২য় পর্যায়ভুক্ত অ্যানায়ন যেমন  $N^{3-}, O^{2-}, F^-$  আয়নসমূহ এবং ৩য় পর্যায়ভুক্ত ক্যাটায়ন যেমন  $Na^+, Mg^{2+}, Al^{3+}$  আয়নসমূহের মধ্যে একটি 'আয়নিক ব্যাসার্ধের ক্রম হ্রাস সম্পর্ক' সৃষ্টি হয়েছে। এ সম্পর্ক মতে কাষকর নিউক্লিয়ার চার্জ প্রভাবজনিত উপরোক্ত অ্যানায়নসমূহের আকার ক্যাটায়নসমূহের আকারের চেয়ে বড় হয়। চার্জ-সংখ্যা অনুসারে আয়নিক আকারের হ্রাসের সম্পর্কটি হলো  $3- > 2- > 1- > 1+ > 2+ > 3+ > N^{3-} > O^{2-} > F^- > Na^+ > Mg^{2+} > Al^{3+}$  [হলুকা কালো shade করা অংশ দৃষ্টিতে দেয়া আয়নিক ব্যাসার্ধের মান তুলনা কর।]

→ MAT: 14-15

\* কোনো ধাতুর একাধিক ক্যাটায়নের বেলায় অধিক চার্জযুক্ত ক্যাটায়নটির আকার সবচেয়ে ছোট হয়। যেমন  $\text{Fe}^{2+}$  ও  $\text{Fe}^{3+}$  আয়নগুলোর মধ্যে  $\text{Fe}^{3+}$  এর আকার  $\text{Fe}^{2+}$  এর চেয়ে ছোট। কারণ উভয় ক্ষেত্রে নিউক্লিয়াসে প্রোটন সংখ্যা 26 বা সমান; কিন্তু ইলেক্ট্রন সংখ্যা  $\text{Fe}^{3+}$  আয়নে  $\text{Fe}^{2+}$  এর চেয়ে একটি কম আছে। তখন  $\text{Fe}^{3+}$  আয়নে ইলেক্ট্রন-ইলেক্ট্রন বিকর্ষণ কম ঘটে। ফলে এর কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ ( $Z_{\text{eff}}$ ) এর বৃদ্ধি ঘটে; ইলেক্ট্রনসমূহ অধিক আকৃষ্ট হয়ে আকার ছোট হয়। অর্থাৎ ( $\text{Fe}^{2+}$  এর আকার)  $>$  ( $\text{Fe}^{3+}$  এর আকার)। অনুরূপভাবে,  $\text{Cr}^{2+} > \text{Cr}^{3+} > \text{Cr}^{6+}$  এবং  $\text{Mn}^{2+} > \text{Mn}^{4+} > \text{Mn}^{7+}$  ইত্যাদি।

\* সংক্ষেপে জেনে নাও :

- (১) ক্যাটায়নের আকার মূল পরমাণুর আকারের চেয়ে ছোট হয়।
- (২) অ্যানায়নের আকার মূল পরমাণুর আকারের চেয়ে বড় হয়।
- (৩) একই গ্রুপে আয়নিক আকার (ধনাত্ত্বক বা, ঋণাত্ত্বক) ওপর থেকে নিচে ক্রমশ বৃদ্ধি পায়।
- (৪) একই পর্যায়ে isoelectronic-ক্যাটায়নের আকার এদের চার্জ-সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে হ্রাস পায়; কিন্তু isoelectronic ঋণাত্ত্বক আয়নের আকার এদের চার্জ-সংখ্যা হ্রাসের সাথে হ্রাস পায়।
- (৫) একই ধাতুর বিভিন্ন ক্যাটায়নের আকার এদের চার্জ-সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে হ্রাস পায়। যেমন ( $\text{Fe}^{2+}$  এর আকার)  $>$  ( $\text{Fe}^{3+}$  এর আকার);  $\text{Cr}^{2+} > \text{Cr}^{3+}$ .

সমাধানকৃত সমস্যা ৩.৬ : নিচের প্রত্যেক আয়নিক সেটকে ব্যাখ্যা সহ আকারের সঠিক ক্রমানুসারে সাজাও :

- (ক)  $\text{Ca}^{2+}, \text{Sr}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$  (খ)  $\text{K}^+, \text{S}^{2-}, \text{Cl}^-$  (গ)  $\text{Au}^+, \text{Au}^{3+}$

সমাধান : (ক) পারমাণবিক সংখ্যানুসারে  $\text{Mg}^{2+}, \text{Ca}^{2+}$  ও  $\text{Sr}^{2+}$  গ্রুপ-2 বা 2A এর মৌলের ধনাত্ত্বক আয়ন। গ্রুপভিত্তিক ওপর থেকে নিচে আয়নিক আকার বৃদ্ধি পায়। তাই এদের আয়নিক আকারের ক্রম হলো :  $\text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{Sr}^{2+}$

(খ)  $\text{K}^+, \text{S}^{2-}$  ও  $\text{Cl}^-$  আয়নসমূহ হলো isoelectronic। এক্ষেত্রে  $\text{Cl}^-$  আয়নের চেয়ে  $\text{S}^{2-}$  এর কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ ( $Z_{\text{eff}}$ ) প্রভাব কম; তাই  $\text{S}^{2-}$  আয়নের আকার বড়। আবার  $\text{K}^+$  হলো ক্যাটায়ন, এর সবচেয়ে বেশি  $Z_{\text{eff}}$  এর প্রভাব আছে; তাই  $\text{K}^+$  আয়নের আকার সবচেয়ে ছোট। তাই এদের আকারের ক্রম হলো :  $\text{S}^{2-} > \text{Cl}^- > \text{K}^+$ .

(গ)  $\text{Au}^+$  আয়নের চার্জ-সংখ্যা চেয়ে  $\text{Au}^{3+}$  আয়নের চার্জ-সংখ্যা বেশি; তাই  $\text{Au}^{3+}$  আয়নের আকার ছোট হবে। তাই এদের আকারের ক্রম হলো :  $\text{Au}^+ > \text{Au}^{3+}$ .

শিক্ষার্থী নিজে সমাধান কর-৩.৫ : পরমাণুর আকার ও আয়নের আকার ডিপ্তিক :

সমস্যা-৩.১১ : নিচের দুটি করে পরমাণুর মধ্যে কোনটির আকার ছোট হবে তা কারণসহ ব্যাখ্যা কর।

- (ক)  $\text{Mg}^+$  ও  $\text{Ba}^+$  (খ)  $\text{Si}^+$  ও  $\text{Sn}^+$  (গ)  $\text{Si}^+$  ও  $\text{Cl}^-$  (ঘ)  $\text{Cl}^-$  ও  $\text{I}^-$

সমস্যা-৩.১২(ক) :  $\text{Li}(3), \text{Be}(4), \text{B}(5), \text{C}(6), \text{N}(7), \text{O}(8), \text{F}(9)$  মৌলসমূহের পরমাণুর আকারে কীৱৰ্তন পরিবর্তন ঘটে, তা ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. ২০১৭]

সমস্যা-৩.১২(খ) : নিচের প্রত্যেক আয়নিক সেটকে ব্যাখ্যা সহ আয়নের আকারের বৃদ্ধি ক্রমে সাজাও।

- (ক)  $\text{Li}^+, \text{K}^+, \text{Na}^+$  (খ)  $\text{O}^{2-}, \text{F}^-, \text{N}^{3-}$  (গ)  $\text{Se}^{2-}, \text{Rb}^+, \text{Br}^-$

সমস্যা-৩.১২(গ) : নিচের প্রত্যেক আয়নিক সেটকে ব্যাখ্যা সহ আয়নের আকারের হ্রাস ক্রমে সাজাও।

- (ক)  $\text{Sr}^{2+}, \text{Ba}^{2+}, \text{Cs}^+$  (খ)  $\text{S}^{2-}, \text{O}^{2-}, \text{N}^{3-}$  (গ)  $\text{Se}^{2-}, \text{S}^{2-}, \text{O}^{2-}$

সমস্যা-৩.১২(ঘ) :  $\text{Na}^+$  ও  $\text{F}^-$  আয়নের মধ্যে কোনটির আকার বড়? তা ব্যাখ্যা কর।

[অভিন্ন প্রশ্ন-২০১৮]

সমস্যা-৩.১২(ঙ) :  $\text{Cl}^-, \text{F}^-, \text{O}^{2-}$  ও  $\text{N}^{3-}$  আয়নগুলোর মধ্যে কোনটির আকার সবচেয়ে ছোট? ব্যাখ্যা কর।

[ব. বো. ২০১৯]

N 3-	O 2-	F 1-
75/146	73/140	72/133
Na 1+	Mg 2+	Al 3+
186/102	160/72	143/54

চিত্র ৩.৯(খ) : isoelectronic অ্যানায়ন ও ক্যাটায়নের আকার সম্পর্ক।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৭ : Li (3), Be (4), B (5), C (6), N (7), O (8), F (9)-এ মৌলসমূহের পরমাণুর আকারে কীরণ পরিবর্তন ঘটে; তা ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. ২০১৭]

সমাধান : প্রশ্ন মতে উল্লেখিত মৌলসমূহ Li (3), Be (4), B (5), C (6), N (7), O (8), F (9) হলো পর্যায় সারণির ২য় পর্যায়ভুক্ত মৌল। এ সব মৌল একই পর্যায়ভুক্ত হওয়ায় পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম মতে এদের পারমাণবিক আকার ক্রমাগতে হ্রাস পায়। কারণ এ সব মৌল s-ব্লক ও p-ব্লকভুক্ত হওয়ায় এদের electron shielding এর তুলনায় প্রোটন সংখ্যা বৃদ্ধিজনিত কার্যকর নিউক্লিয়াস চার্জের আকর্ষণ বেশি থাকে। ফলে পর্যায়ের বাম দিক থেকে ডানদিকে পরমাণুর আকার অক্ষমাগতে ছোট হয়ে থাকে।

### (গ) পরমাণুর যোজ্যতা (Valency of an Atom)

একটি যৌগ গঠনে কোনো মৌলের পরমাণু অন্য মৌলের পরমাণুর সাথে যুক্ত হওয়ার ক্ষমতাকে মৌলটির যোজ্যতা বলে। কোনো মৌলের অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হওয়ার ক্ষমতাকে ঐ মৌলের 'অক্সিজেন-যোজ্যতা' বলে। অপরদিকে কোনো মৌলের H-পরমাণুর সাথে যুক্ত হওয়ার ক্ষমতাকে ঐ মৌলের 'হাইড্রোজেন-যোজ্যতা' বলে। গ্রুপ-1A থেকে গ্রুপ-4A এর মৌলসমূহের সর্ববহিস্থ ইলেক্ট্রন সংখ্যা এদের যোজ্যতা নির্দেশ করে। আবার গ্রুপ-5A থেকে গ্রুপ-7A পর্যন্ত মৌলসমূহের পরমাণুর বেলায় H-ক্লেল অনুসারে কমতে থাকে এবং অক্সিজেন ক্লেল অনুসারে বাঢ়তে থাকে। ৩য় পর্যায়ের মৌলসমূহের যৌগ গঠনে এদের যোজ্যতা নিম্নরূপ হয় :

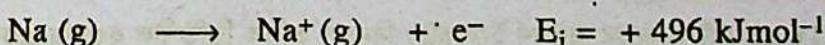
সারণি-৩.৩ : অক্সিজেন ক্লেল ও H-ক্লেল মতে ৩য় পর্যায়ের মৌলের যোজ্যতা

যৌগ গঠন :	গ্রুপ-1A	গ্রুপ-2A	গ্রুপ-3A	গ্রুপ-4A	গ্রুপ-5A	গ্রুপ-6A	গ্রুপ-7A
অক্সাইড গঠন :	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
মৌলের যোজ্যতা :	1	2	3	4	5	6	7
(অক্সিজেন ক্লেল)							
হাইড্রাইড গঠন :	NaH	MgH <sub>2</sub>	AlH <sub>3</sub>	SiH <sub>4</sub>	PH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S	HCl
মৌলের যোজ্যতা :	1	2	3	4	3	2	1
H-ক্লেল :	পরমাণুতে সর্বশেষ কক্ষপথে ইলেক্ট্রন সংখ্যা				(8 - সর্বশেষ কক্ষপথে ইলেক্ট্রন সংখ্যা)		
	= যোজ্যতা সংখ্যা				= যোজ্যতা সংখ্যা		

### (ঘ) আয়নীকরণ শক্তি (Ionisation Energy)

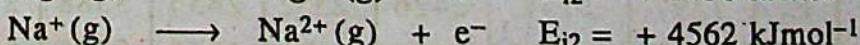
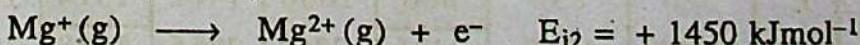
আমরা ২য় অধ্যায়ে জেনেছি যে, পরমাণু কর্তৃক তড়িৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গ শোষিত হলে যোজ্যতা ইলেক্ট্রন উচ্চতর শক্তি স্তরে (n এর মান অধিক) স্থানান্তরিত হয়। ফলে পরমাণুর ইলেক্ট্রন বিন্যাসে পরিবর্তন ঘটে। যদি এর চেয়েও প্রচুর শক্তি শোষিত হয়, তখন ইলেক্ট্রন নিউক্লিয়াসের প্রভাব যুক্ত হয়ে বের হয়ে পড়ে; ফলে ধনাত্মক আয়ন সৃষ্টি হয়।

সংজ্ঞা : গ্যাসীয় অবস্থায় কোনো মৌলের এক মৌল বিচ্ছিন্ন পরমাণু থেকে একটি করে ইলেক্ট্রন সরিয়ে একে গ্যাসীয় বিচ্ছিন্ন এক মৌল একক ধনাত্মক আয়নে পরিণত করতে যে পরিমাণ শক্তির প্রয়োজন হয়, তাকে সেই মৌলের আয়নীকরণ শক্তি বা বিভব বলা হয়। একে E<sub>i</sub> দ্বারা প্রকাশ করা হয়। E<sub>i</sub> এর মান সব সময় ধনাত্মক।



Cs এর E<sub>i</sub> হলো সর্বনিম্ন যেমন 375.7 kJ/mol এবং He এর E<sub>i</sub> হলো সর্বাধিক যেমন 2372 kJ/mol.

এক মৌল একক চার্জবিশিষ্ট ধনাত্মক আয়ন থেকে এক মৌল দ্বিচার্জবিশিষ্ট ধনাত্মক আয়ন সৃষ্টির জন্য প্রয়োজনীয় শক্তিকে দ্বিতীয় আয়নীকরণ শক্তি বলা হয়। যেমন,



\*  $\text{Na}^+$  ও  $\text{K}^+$  এর ২য় আয়নীকরণ শক্তির মান অষ্টক পূর্ণ  $\text{Ne}(10)$  এর আয়নীকরণ শক্তি ( $E_i = 2080 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) থেকে অনেক বেশি হয়; কারণ এক্ষেত্রে এদের স্থায়ী অষ্টক ইলেকট্রন বিন্যাস ভাঙতে হয়। তাই  $\text{Na}^{2+}$  আয়ন ও  $\text{K}^{2+}$  আয়ন অবাস্তব বা এসব দ্বিমাত্ত্বক আয়ন গঠিত হয় না।

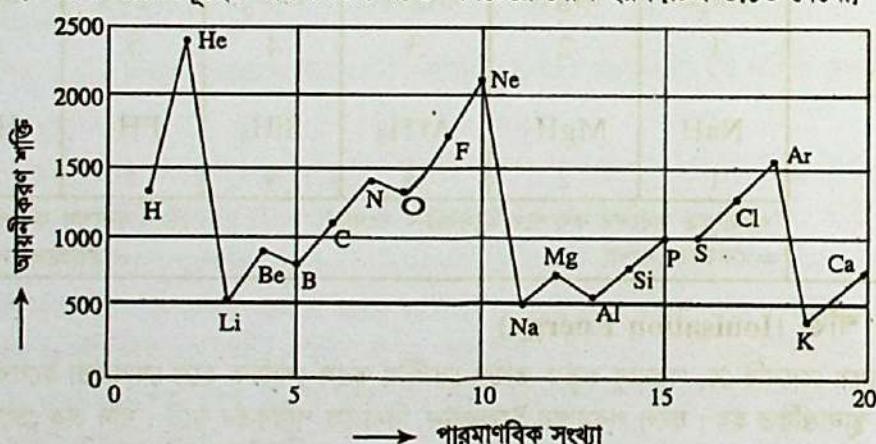
### মৌলের আয়নীকরণ শক্তির ওপর বিভিন্ন নিয়ামকের প্রভাব :

- পরমাণুর আকার বৃদ্ধিতে আয়নীকরণ শক্তি হ্রাস পায় - গ্রণ্পতিতিক সম্পর্ক।
- উপশক্তিতে আয়নীকরণ শক্তি বৃদ্ধি পায় - এটি পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক।
- পূর্ণ ও অর্ধপূর্ণ অরণবিটালযুক্ত পরমাণুর অধিক সুস্থিতির কারণে পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্কে ব্যতিক্রম ঘটে।

**গ্রণ্পতিতিক সম্পর্ক :** একই গ্রন্থে মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে ইলেকট্রনের শক্তিতের বাড়ে সর্ববহিস্থ ইলেকট্রন নিউক্লিয়াস থেকে ক্রমশ দূরবর্তী হয় এবং এর ওপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ কমে। তাই আয়নীকরণ শক্তি কম হয়; যেমন,

$$\text{Li} = 520 \text{ kJ}, \text{Na} = 496 \text{ kJ}, \text{K} = 419 \text{ kJ}, \text{Rb} = 403 \text{ kJ}, \text{Cs} = 376 \text{ kJ}.$$

**পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক :** একই পর্যায়ে পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে মৌলের আয়নীকরণ শক্তি ক্রমশ বাড়ে (কয়েকটি ব্যতিক্রমসহ)। কোনো একটি পর্যায়ে মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির ফলে ইলেকট্রন এর শক্তিতের বাড়ে না, উপশক্তিতের বাড়ে; ফলে নিউক্লিয়াস থেকে সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনের দূরত্ব বাড়ে না, বরঞ্চ কিছু কমে যায়। উপরন্তু নিউক্লিয়াসের চার্জ বৃদ্ধির ফলে সর্ববহিস্থ ইলেকট্রনটি অধিকতর দৃঢ়ভাবে আকৃষ্ট হয় অর্থাৎ তা অপসারণের জন্য অধিকতর শক্তির প্রয়োজন হয়। এতে বোঝা যায় যে, যে কোনো পর্যায়ে গ্রন্থ-1 মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তি সবচেয়ে কম এবং তা ক্রমাগতে বৃদ্ধি পেয়ে কিছু ব্যতিক্রমসহ নিক্রিয় গ্যাসসমূহের আয়নীকরণ শক্তি সবচেয়ে বেশি হয়। [চিত্র-৩.১০ দেখো]



চিত্র-৩.১০ : ২০টি মৌলের আয়নীকরণ শক্তি বনাম পারমাণবিক সংখ্যার লেখ (পারমাণবিক সংখ্যা ১—২০)।

\* অধিক স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাসের মৌলের আয়নীকরণ শক্তির চেয়ে কম স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাসের মৌলের আয়নীকরণ শক্তি কম হয়। এজন্য ২য় পর্যায়ের গ্রন্থ-13 এর  $\text{B}(5)$  এবং ৩য় পর্যায়ের গ্রন্থ-13 এর  $\text{Al}(13)$  এর আয়নীকরণ শক্তি ক্রম বৃদ্ধি না পেয়ে হঠাৎ হ্রাস পায়।

\* অনুরূপভাবে গ্রন্থ-15 এর মৌলসমূহের অর্ধপূর্ণ ইলেকট্রন বিন্যাস অধিক স্থিতিশীল হওয়ায় এদের আয়নীকরণ শক্তির চেয়ে পরবর্তী ২য় পর্যায়ের গ্রন্থ-16 এর  $\text{O}(8)$  এবং ৩য় পর্যায়ের  $\text{S}(16)$  এর আয়নীকরণ শক্তির মান ক্রমবৃদ্ধির পরিবর্তে হঠাৎ হ্রাস পায়।

**সারণি-৩.৪ : ২য় পর্যায়ের মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তি :**

২য় পর্যায়ের মৌল	Li(3)	Be(4)	B(5)	C(6)	N(7)	O(8)	F(9)	Ne (10)
আয়নীকরণ শক্তি ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )	$E_1$	520	899	800	1086	1402	1314	2080
	$E_2$	7297	1757	2426	2352	2855	3388	3963
	$E_3$	11,810	14,845	3659	4714	4576	5296	6130

সারণি-৩.৪(ক) : ৩য় পর্যায় ও ৪ৰ্থ পর্যায়ের (s ও p ব্লক) মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তি :

৩য় পর্যায়ের মৌল		Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
আয়নীকরণ শক্তি (kJmol <sup>-1</sup> )	E <sub>1</sub>	496	738	578	786	1062	1007	1260	
	E <sub>2</sub>	4562	1450	1882	-	-	-	-	
৪ৰ্থ পর্যায়ের মৌল		K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
আয়নীকরণ শক্তি (kJmol <sup>-1</sup> )	E <sub>1</sub>	419	590	579	760	945	948	1140	
	E <sub>2</sub>	3051	1145	2083	-	-	-	-	

আয়নীকরণ শক্তি মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসের ওপরও নির্ভরশীল। তাই একই পর্যায়ে আয়নীকরণ শক্তির ক্রমশ বৃদ্ধির ফলে কিছু ব্যতিক্রম পরিলক্ষিত হয়। যেমন—

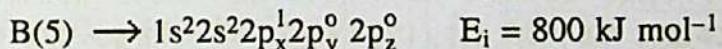
\* বোরনের আয়নীকরণ শক্তি বেরিলিয়াম অপেক্ষা কম। [চিত্র-৩.১০ মতে]

\* অক্সিজেনের আয়নীকরণ শক্তি নাইট্রোজেন অপেক্ষা কম। [চিত্র-৩.১০ মতে]

সমাধানকৃত সমস্যা- ৩.৮ : সমস্যা ও সমাধান দক্ষতা : আয়নীকরণ শক্তিভিত্তিক :

\* B(5) এর আয়নীকরণ শক্তি ৮০০ kJmol<sup>-1</sup>; কিন্তু Be (4) এর আয়নীকরণ শক্তি ৮৯৯ kJmol<sup>-1</sup> কেন; ব্যাখ্যা কর।

সমাধান : সাধারণত একই পর্যায়ে পাঃ সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে আয়নীকরণ শক্তি বৃদ্ধি পায়। তবে পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসের ওপর আয়নীকরণ শক্তি নির্ভর করে। অধিক স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাসের কারণে কিছু ব্যতিক্রম হয়। বোরন ও বেরিলিয়ামের ইলেকট্রন বিন্যাস ও আয়নীকরণ শক্তি নিম্নরূপ :

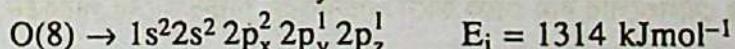
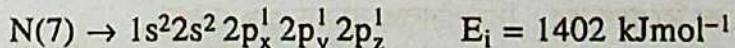


পরমাণুর পূর্ণ ও অর্ধপূর্ণ অরবিটালসমূহ অধিক স্থিতিশীল হয়। বোরনের ইলেকট্রন বিন্যাস  $\text{B}(5) = 1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^0 2p_z^0$ । এক্ষেত্রে  $2p_x^1$  ইলেকট্রনটি সরাতে কিছুটা কম শক্তির প্রয়োজন হয়। তখন 2s অরবিটাল যুগলবন্ধ হয়ে স্থিতিশীল বিন্যাস অর্জিত হয়। অপরদিকে  $\text{Be}(4) = 1s^2 2s^2$  হওয়ায় তা অধিকতর স্থিতিশীল এবং এটি থেকে ইলেকট্রন অপসারণ করলে যুগলবন্ধ  $2s^2$  ইলেকট্রন বিন্যাস ভাঙতে হয়। তাই Be এর প্রথম আয়নীকরণ শক্তি স্বাভাবিক অপেক্ষা বেশি।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৯ : সমস্যা ও সমাধান দক্ষতা : আয়নীকরণ শক্তিভিত্তিক :

\* অক্সিজেনের আয়নীকরণ শক্তি (1314 kJmol<sup>-1</sup>) নাইট্রোজেনের আয়নীকরণ শক্তি (1402 kJmol<sup>-1</sup>) অপেক্ষা কম কেন, ব্যাখ্যা কর।

সমাধান : পর্যায়ভিত্তিক আয়নীকরণ শক্তি বাম থেকে ডান দিকে বাড়ে; কিন্তু অধিক স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাসের কারণে ব্যতিক্রম হয়। অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস ও আয়নীকরণ শক্তি নিম্নরূপ :

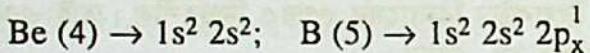


অক্সিজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস  $\text{O}(8) = 1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$  হওয়ায় তা থেকে একটি ইলেকট্রন অপসারণ করলে ইলেকট্রন বিন্যাস দাঁড়ায়  $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ । একক ধনাত্মক চার্জযুক্ত অক্সিজেন O<sup>+</sup> আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাসে অর্ধপূর্ণ 2p অরবিটালসমূহ থাকায় তা তুলনামূলকভাবে অধিকতর স্থিতিশীল। ফলে অক্সিজেন-এর প্রথম আয়নীকরণ শক্তি তুলনামূলকভাবে কম। অপরদিকে নাইট্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হচ্ছে  $\text{N}(7) = 1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$  যা অর্ধপূর্ণ তিনটি 2p অরবিটালের কারণে তুলনামূলকভাবে অধিক স্থিতিশীল। এটি থেকে একটি ইলেকট্রন অপসারণ করলে এ স্থিতিশীলতা ভঙ্গ হয়। ফলে নাইট্রোজেনের আয়নীকরণ শক্তি স্বাভাবিক অপেক্ষা কিছু বেশি হয়। এ কারণে নাইট্রোজেন অপেক্ষা অক্সিজেনের পারমাণবিক সংখ্যা বেশি হলেও নাইট্রোজেনের প্রথম আয়নীকরণ শক্তি অক্সিজেনের প্রথম আয়নীকরণ শক্তি অপেক্ষা বেশি এবং অক্সিজেনের আয়নীকরণ শক্তি কম হয়।

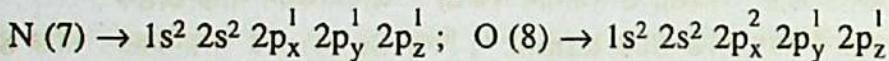
**সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১০ :** Li (3), Be (4), B (5), C (6), N (7), O (8), F (9)-এ মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তির ক্রম পরিবর্তনে ব্যতিক্রম পরিলক্ষিত হয়; তা বিশ্লেষণ কর। [ব. বো. ২০১৭]

**সমাধান :** প্রশ্ন মতে, উল্লেখিত মৌলসমূহ যেমন Li (3), Be (4), B (5), C (6), N (7), O (8), F (9) ইত্যাদি হলো পর্যায় সারণির ২য় পর্যায়ভুক্ত আদর্শ মৌল। পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম অনুসারে একই পর্যায়ে মৌলসমূহের পাঁচ সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে মৌলের আয়নীকরণ শক্তি ক্রমশ বৃদ্ধি পায়। তাই গ্রুপ-১ এর মৌল Li (3) এর আয়নীকরণ শক্তি সবচেয়ে কম  $520 \text{ kJ mol}^{-1}$  এবং এ পর্যায়ের ডানদিকের মৌল F (9) এর বেলায় আয়নীকরণ শক্তি বৃদ্ধি পেয়ে  $1681 \text{ kJ mol}^{-1}$  হয়।

তবে কম স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাসের কারণে B (5) এর আয়নীকরণ শক্তি Be (4) থেকে কম হয়। তখন B (5) এর  $2p_x^1$  ইলেকট্রন কম শক্তি প্রয়োগে অপসারণে অধিক স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাস Be(4) এর মতো  $\text{B}^+$  অর্জন করে।



অনুরূপভাবে N (7) এর চেয়ে O (8) এর ১ম আয়নীকরণ শক্তি কম হয়। এক্ষেত্রে N (7) এর বেলায় অধিক স্থিতিশীল অর্ধপূর্ণ  $2p$  অরবিটাল আছে। কিন্তু O (8) এর বেলায় কম স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে একটি ইলেকট্রন কম শক্তি প্রয়োগে অপসারণের পর অধিক স্থিতিশীল অর্ধপূর্ণ  $2p$  অরবিটাল N(7) এর মতো  $\text{O}^+$  আয়ন অর্জন করে।



উপরোক্ত কারণে B (5) ও O (8) এর আয়নীকরণ শক্তির মান পর্যায়ভিত্তিক আয়নীকরণ শক্তির ক্রম পরিবর্তনে ব্যতিক্রম সৃষ্টি করেছে।

**সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১১ :** সমস্যা ও সমাধান দক্ষতা : আয়নীকরণ শক্তিভিত্তিক :

যুক্তিসহ আয়নীকরণ শক্তির বৃদ্ধিক্রম অনুসারে Se, Cl ও S মৌল তিনটিকে সাজাও।

**দক্ষতা :** (i) পর্যায়গতভাবে মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তি সাধারণত বাম দিক থেকে ডানদিকে বৃদ্ধি পায়; কিন্তু তা গ্রাফিতিক ওপর থেকে নিচের দিকে হাস পায়। তাই C1 (17) এর E<sub>i</sub> একই পর্যায়ভুক্ত বামে অবস্থিত S (16) এর E<sub>i</sub> থেকে বেশি হবে। আবার Se (34) এর E<sub>i</sub> একই গ্রাফভুক্ত S (16) এর নিচে হওয়ায় S (16) অপেক্ষা কম হবে।

**সমাধান :** সংশ্লিষ্ট মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তি ক্রম হলো  $\text{Se} < \text{S} < \text{Cl}$ .

**শিক্ষার্থী নিজে সমাধান কর-৩.৬ :** আয়নীকরণ শক্তিভিত্তিক :

**সমস্যা-৩.১৩ :** পর্যায় সারণির সাহায্য নিয়ে নিচের মৌল যুগলের মধ্যে কোনটির আয়নীকরণ শক্তি বেশি হবে তা ব্যাখ্যা কর। (ক) K ও Br (খ) Ne ও Sr (গ) S ও Te (ঘ) Be ও C

**সমস্যা-৩.১৪ :** A(7), C(15); B(8), D(16)-এ মৌল চারটির গ্রাফিতিক ও পর্যায়ভিত্তিক আয়নীকরণ শক্তির পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর। [ব. বো. ২০১৭]

**সমস্যা-৩.১৫ :** Li(3), Be(4); B(5), C(6), N(7), O(8), F(9)-এ মৌলসমূহের আয়নীকরণ শক্তির ক্রম পরিবর্তনে ব্যতিক্রম পরিলক্ষিত হয়; তা বিশ্লেষণ কর। [সমাধানকৃত সমস্যা-৩.৯ দেখো] [ব. বো. ২০১৭]

**সমস্যা-৩.১৬ :** তৃতীয় পর্যায়ের মৌলগুলোর বাম থেকে ডানে আয়নীকরণ শক্তির মানের পরিবর্তন ব্যাখ্যা কর। [জ. বো. ২০১৫]

**সমস্যা-৩.১৭ (ক) :**  $\text{Na}^+$  আয়ন গঠিত হলেও  $\text{Na}^{2+}$  আয়ন গঠিত হয় না কেন? ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০১৫]

(খ)  $\text{Na}^+$  এর ২য় আয়নীকরণ শক্তি ও Ne এর আয়নীকরণ শক্তির মধ্যে কোনটির মান বেশি হবে ব্যাখ্যা কর। [দি. বো. ২০১৫]

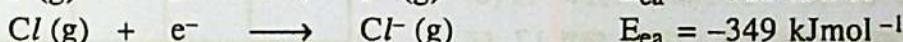
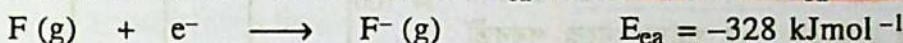
(গ) N এর ১ম আয়নীকরণ শক্তি O এর ১ম আয়নীকরণ শক্তির চেয়ে বেশি কেন? [মা. বো. ২০১৯; দি. বো. ২০১৭; চ. বো. ২০১৬; সি. বো. ২০১৫]

(ঘ)  $D(ns^2)$ ,  $G(n + 2)s^2$  এ মৌলগুলোর মধ্যে D অপেক্ষা G এর আয়নীকরণ শক্তি বা বিভব কম কেন?—ব্যাখ্যা কর। [এখানে n = 2] [জ. বো. ২০১৬]

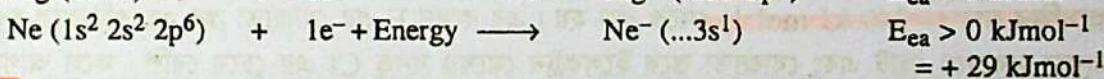
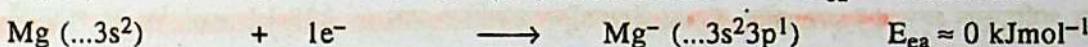
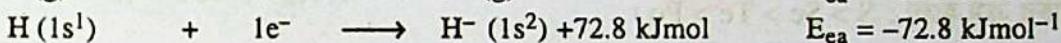
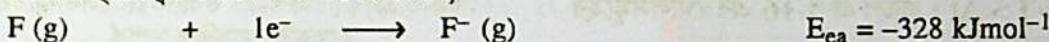
## (ঙ) ইলেকট্রন আসক্তি (Electron Affinity)

আমরা এর আগের অনুচ্ছেদে জেনেছি যে, পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের একটি ইলেকট্রনকে অপসারণ করে ধনাত্মক আয়নে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় শক্তি মাপা যায়। একে আয়নীকরণ শক্তি বলা হয়। অনুরূপভাবে পরমাণুতে একটি ইলেকট্রন যুক্ত করে ঋণাত্মক আয়নে পরিণত করতে যে শক্তির পরিবর্তন ঘটে তাও মাপা যায়। এরূপ শক্তির পরিবর্তনকে মৌলিক ইলেকট্রন আসক্তি বলে। যেমন—

সংজ্ঞা : গ্যাসীয় অবস্থায় কোনো মৌলের এক মৌল বিচ্ছিন্ন পরমাণু প্রত্যেকে একটি করে এক মৌল ইলেকট্রনের সাথে যুক্ত হয়ে গ্যাসীয় বিচ্ছিন্ন এক মৌল একক ঋণাত্মক চার্জযুক্ত আয়ন সৃষ্টি করতে যে পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়, তাকে সেই মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি বলে। একে  $E_{ea}$  দ্বারা প্রকাশ করা হয়।  $E_{ea}$  এর মান ঋণাত্মক হয়।



ইলেকট্রন আসক্তির মান ঋণাত্মক হবে নাকি ধনাত্মক হবে তা পরমাণুটির ইলেকট্রন বিন্যাস ও ইলেকট্রন গ্রহণ করে সৃষ্টি ঋণাত্মক আয়নের স্থায়িত্বের ওপর নির্ভর করে। যেমন,



(i) অপূর্ণ p-অরবিটালযুক্ত পরমাণুসমূহ ইলেকট্রন গ্রহণ করে সৃষ্টি ঋণাত্মক আয়ন অধিকতর স্থায়িত্ব লাভ করে। তাই এদের ইলেকট্রন গ্রহণের আসক্তি বেশি থাকে; এদের  $E_{ea}$  এর মান বেশি ঋণাত্মক হয়।

(ii) s-ব্লকের ধাতুসমূহের পরমাণুতে কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ ( $Z_{eff}$ ) কম থাকে। তাই এরা ইলেকট্রন গ্রহণ করতে আসক্তি দেখায় না। তাই s-ব্লকের ধাতুর পরমাণুর ইলেকট্রন আসক্তির মান কম হয় (1A গ্রুপের মৌলে) অথবা প্রায় শূন্য হয় (2A গ্রুপের মৌলে)।

(iii) পূর্ণ p-অরবিটালের ( $ns^2 np^6$ ) পরমাণু যেমন নোডেল গ্যাসের বেলায় কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ  $ns^2 np^6$  ইলেকট্রন মেঘ দ্বারা রূপ্ত হয়ে যায়। তাই  $Ne, Ar, Kr, Xe$  ইত্যাদির ইলেকট্রন আসক্তির মান ধনাত্মক হতে বাধ্য।

1A (1)							8A (18)
H -72.8	2A (2)	3A (13)	4A (14)	5A (15)	6A (16)	7A (17)	He (0.0)
Li -59.6	Be ≤0	B -26.7	C -122	N +7	O -141	F -328	Ne (+29)
Na -52.4	Mg ≤0	Al -42.5	Si -134	P -72.0	S -200	Cl -349	Ar (+35)
K 48.4	Ca -2.37	Ga -28.9	Ge -119	As -78.2	Se -195	Br -325	Kr (+39)
Rb -46.9	Sr -5.03	In -28.9	Sn -107	Sb -103	Te -190	I -295	Xe (+41)
Cs -45.5	Ba -13.95	Tl -19.3	Pb -35.1	Bi -91.3	Po -183	At -270	Rn (+41)

চিত্ৰ-৩.১১ : প্রধান ফণসমূহের মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান।

## মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির ওপর বিভিন্ন নিয়ামকের প্রভাব :

মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি নিম্নোক্ত বিষয়ের ওপর নির্ভরশীল :

(i) পরমাণুর আকার বৃদ্ধিতে ইলেকট্রন আসক্তি হ্রাস পায় - এটি হলো এক্ষেত্রিক সম্পর্ক।

(ii) যোজ্যতা স্তরে ইলেকট্রনের ঘনত্ব বৃদ্ধিতে ইলেকট্রন আসক্তি হ্রাস পায় - এটি 7A বা 17 গ্রুপে F এর বেলায় দেখা যায়। তাই হ্যালোজেনের ইলেকট্রন আসক্তির ক্রম  $C_1 > F > Br > I > At$ । অনুরূপভাবে ফণ-16 বা, 6A এর মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির ক্রম  $S > Se > Te > Po > O$ ।

(iii) নিউক্লিয়াসে চার্জ বৃদ্ধিতে ইলেকট্রন আসক্তি বৃদ্ধি পায়; এটি পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক।

\* গ্রুপ-১৭ বা, 7A ও গ্রুপ-১৬ বা, 6A মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির সম্পর্কের ব্যাখ্যা :

গ্রুপ-১৭ ও গ্রুপ-১৬ মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তি এদের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে একই গ্রুপের ওপর থেকে নিচের দিকে কমতে থাকে। এর কারণ পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে একই গ্রুপে মৌলসমূহের পরমাণুতে ইলেকট্রনের শক্তিতের সংখ্যা বৃদ্ধি পায়; অর্থাৎ পরমাণুসমূহের আকার ক্রমশ বৃদ্ধি পায়। ফলে আগমনকারী ইলেকট্রনের ওপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ হ্রাস পায়। এরপ গ্রুপভিত্তিক মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির ক্রম-হ্রাস ওয় পর্যায় থেকে পরবর্তী পর্যায়সমূহের মৌলসমূহে দেখা যায়। যেমন গ্রুপ-১৭ এর মৌলসমূহের বেলায় ইলেকট্রন আসক্তির ক্রম হলো :

$\text{Cl} > \text{Br} > \text{I} > \text{At}$ । এরপ গ্রুপ-১৬ এর মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির ক্রম হলো :  $\text{S} > \text{Se} > \text{Te} > \text{Po}$ ।

কিন্তু ২য় পর্যায়ভূক্ত গ্রুপ-১৭ এর মৌল  $\text{F}$  এর ইলেকট্রন আসক্তির মান ( $-328 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) এর পরবর্তী  $\text{Cl}$  এর ইলেকট্রন আসক্তির মান ( $-349 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) থেকে কম হয়। এর কারণ  $\text{F}$  এর যোজ্যতা স্তর ২য় শক্তিস্তরে হওয়ায়  $\text{F}$  পরমাণুর আকার সবচেয়ে ছোট এবং যোজ্যতা স্তরে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব  $\text{Cl}$  এর চেয়ে বেশি। ফলে আগমনকারী ইলেকট্রনের ওপর যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রনের বিকর্ষণ বেশি হওয়ায়  $\text{F}$  এর ইলেকট্রন আসক্তি  $\text{Cl}$  এর চেয়ে কম হয়। সুতরাং গ্রুপ-১৭ এর মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির ক্রম হলো :  $\text{Cl} > \text{F} > \text{Br} > \text{I} > \text{At}$ .

অনুরূপভাবে গ্রুপ-১৬ এর  $\text{O}$  পরমাণুর ছোট আকার ও এর যোজ্যতা স্তরে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব বেশি থাকায় এর ইলেকট্রন আসক্তি একই গ্রুপে সব মৌলের চেয়ে কম হয়ে থাকে। সুতরাং গ্রুপ-১৬ এর মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির ক্রম হলো :  $\text{S} > \text{Se} > \text{Te} > \text{Po} > \text{O}$ ।

জেনে নাও : ইলেকট্রন আসক্তিভিত্তিক বৈশিষ্ট্য :

- কোনো মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান যতো বেশি সে মৌলটির জারণ ক্ষমতা ততো বেশি হবে। হ্যালোজেন মৌলগুলোর ইলেকট্রন আসক্তির মান বেশি, সেজন্য এরা জারক পদার্থরূপে বিক্রিয়া করে।
- কোনো মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান যতো বেশি হয়, মৌলটির আয়নিক বন্ধন গঠন করার ক্ষমতা ততো বেড়ে যায়।
- কোনো মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান বেশি হলে, মৌলটির তড়িৎ ঝণাঝকতা ধর্ম বৃদ্ধি পায়।

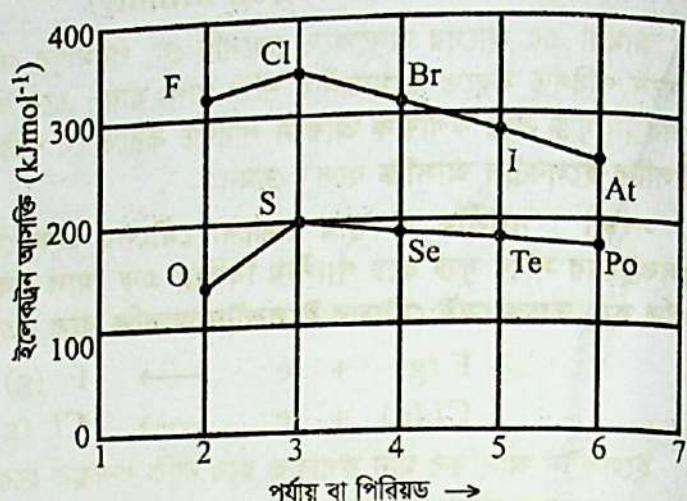
সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১২ : সমস্যা ও সমাধান দক্ষতা : ইলেকট্রন আসক্তিভিত্তিক :

\* ক্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তি ক্লোরিনের চেয়ে কম কেন?

দক্ষতা : (i)  $\text{F}$  হলো ২য় শক্তিস্তরের মৌল, এতে  $2s^2 2p^5$  যোজ্যতা ইলেকট্রন আছে,

(ii)  $\text{Cl}$  হলো ৩য় শক্তিস্তরের মৌল, এতে  $3s^2 3p^5$  যোজ্যতা ইলেকট্রন আছে।

সমাধান : ক্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তি ক্লোরিন অপেক্ষা কম। এর কারণ ক্লোরিন পরমাণুর ক্ষুদ্র আকার। ক্লোরিনের ইলেকট্রন বিন্যাসের সর্বশেষ শক্তিতের হলো দ্বিতীয় শক্তিতে। তৃতীয় শক্তি স্তরের তুলনায় দ্বিতীয় শক্তি স্তরের আকার ছোট হওয়ায় এবং ক্ষুদ্র পরিসরে সাতটি ইলেকট্রন থাকায় তাতে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব তুলনামূলকভাবে অনেক বেশি। ফলে আগমনকারী ইলেকট্রনের প্রতি দ্বিতীয় শক্তি স্তরের ইলেকট্রনসমূহের পারম্পরিক বিকর্ষণ বেশি হওয়ায় সামগ্রিকভাবে ক্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তির মান কম হয়।



চিত্র-৩.১১(ক) : গ্রুপ-১৭ ও গ্রুপ-১৬ মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির সম্পর্ক

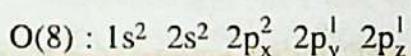
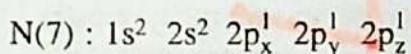
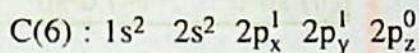
অপরদিকে ক্লোরিনের তৃতীয় শক্তির বড় হওয়ায় এতে যোজ্যতা স্তরের সাতটি ইলেকট্রন সহজে স্থান করে নেয়। ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব হাস পাওয়ায় ইলেকট্রন-ইলেকট্রন বিকর্ষণ কর হয়। এতে আগমনকারী ইলেকট্রন সহজে যোজ্যতা স্তরে প্রবেশ করতে পারে। ফলে ক্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তির মান ক্লোরিনের চেয়ে বেশি হয়।

**সমাধানকৃত সমস্যা- ৩.১৩ :** সমস্যা ও সমাধান দক্ষতা : ইলেকট্রন আসক্তিভিত্তিক :

\* **নাইট্রোজেনের ইলেকট্রন আসক্তি এর বাম ও ডান উভয়দিকের সদস্যদ্বয় C ও O এর চেয়ে কম কেন?**

দক্ষতা : মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন আসক্তির পরিমাণ এর যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাসের ওপর নির্ভরশীল।

সমাধান : C, N, O এর ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ :



**MCQ-3.14 :** নিচের কোন আয়নটির

আকার সবচেয়ে ছোট? [মাদ্রাসা বোর্ড, ২০১৭]

(ক)  $\text{Na}^+$  (খ)  $\text{Mg}^{2+}$

(গ)  $\text{Be}^{3+}$  (ঘ)  $\text{Ca}^{2+}$

(i) C পরমাণুতে 2p উপশক্তিস্তরে দুটি ইলেকট্রন আছে এবং সহজেই বাইর থেকে একটি ইলেকট্রন এর খালি 2p<sub>z</sub> অরবিটালে স্থান করে নিতে পারে।

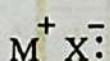
(ii) N পরমাণুতে অর্ধপূর্ণ 2p উপশক্তিস্তর আছে; নতুন একটি ইলেকট্রন প্রবেশ করতে একটি 2p অরবিটালে যুগলবন্ধ হতে হয়। তখন উপস্থিত ইলেকট্রন দ্বারা কিছুটা বিকর্ষিত হয়। তাই C পরমাণুর চেয়ে N পরমাণুর ইলেকট্রন আসক্তির মান কম হয়। আবার O-পরমাণুর বেলায় একইভাবে একটি ইলেকট্রন 2p অরবিটালে যুগলবন্ধ হতে হয়। কিন্তু পর্যায়গতভাবে O-এর কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ বেশি হওয়ায় উপস্থিত ইলেকট্রন-ইলেকট্রন বিকর্ষণকে নষ্ট করে দেয়। ফলে কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ N-পরমাণুর চেয়ে বেশি হওয়ায় O এর ইলেকট্রন আসক্তি O এর চেয়ে বেশি হয়।

**শিক্ষার্থীর কাজ-৩.৭ :** ইলেকট্রন আসক্তিভিত্তিক :

**সমস্যা-৩.১৮ :** মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি ঝণাঝক, ধনাঝক ও এমনকি শূন্যও হতে পারে; তা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

### (চ) তড়িৎ ঝণাঝকতা (Electronegativity)

আমরা জানি, ধাতু ও অধাতু পরমাণুবয়ের মধ্যে ইলেকট্রন স্থানান্তরের মাধ্যমে আয়নিক বন্ধন ঘটে। অপরদিকে দুটি অধাতব পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রন যুগল শেয়ার করার মাধ্যমে বিশুদ্ধ সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি হয়। আবার অসম্পূর্ণ স্থানান্তরিত ইলেকট্রন মেঘ অথবা অসম শেয়ারভুক্ত ইলেকট্রন উভয় পরমাণুর নিউক্লিয়াসের অধীনে অসমভাবে থাকে। একপ বন্ধনকে পোলার সমযোজী বন্ধন বলা হয়। তখন বন্ধনে আবদ্ধ দুই পরমাণুর যেটিতে কম ইলেকট্রন মেঘ শেয়ার করে এতে আংশিক ধনাঝক চার্জ বা ডেল্টা প্লাস (+) এবং অপরটিতে আংশিক ঝণাঝক চার্জ বা ডেল্টা মাইনাস (-) চিহ্ন দেয়া হয়। যেমন,



আয়নিক বন্ধন  
(পূর্ণ চার্জ দুই পাঞ্চ)



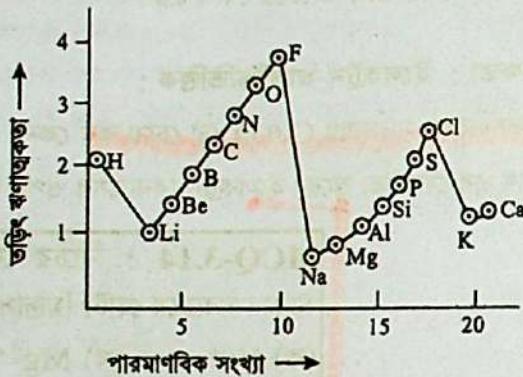
পোলার সমযোজী বন্ধন  
(দুই পাঞ্চ আংশিক চার্জ)



অপোলার সমযোজী বন্ধন  
(ইলেকট্রনযুগল সমভাবে আছে)

**সংজ্ঞা :** কোনো সমযোজী যৌগের অণুতে দুটি ডিম মৌলের পরমাণুর মধ্যে শেয়ারকৃত বন্ধন ইলেকট্রন যুগলকে একটি পরমাণু নিজের দিকে বেশি আকর্ষণ করার ক্ষমতাকে সেই মৌলের তড়িৎ ঝণাঝকতা বলে।

যেমন, সমযোজী H-Cl অণুতে একাপ ঘটেছে। ফলে HCl অণুটির H-পান্তে আংশিক ধনাত্মক চার্জ ( $+1$ ) এবং Cl-পান্তে আংশিক ঝণাত্মক চার্জ ( $-1$ ) সৃষ্টি হয়। তাই Cl-পরমাণুকে অধিক তড়িৎ ঝণাত্মক পরমাণু বলে। সমযোজী অণুর উভয়



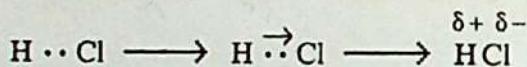
চিত্র-৩.১২ : পারমাণবিক সংখ্যার সাথে তড়িৎ ঝণাত্মকতার পরিবর্তন।

**MCQ-3.15 :**  $[Fe(CN)_6]^{4-}$  আয়নের কেন্দ্রীয় পরমাণুর কী ধরনের সংকরণ ঘটে?

[জ. বো. ২০১৭]

- (ক)  $sp^2d^2$       (খ)  $sp^3d$   
 (গ)  $sp^3d^3$       (ঘ)  $d^2sp^3$

পরমাণুর তড়িৎ ঝণাত্মকতার পার্থক্য ০.৫ থেকে ১.৯ এর মধ্যে হলে ঐ সমযোজী অণুটি আংশিক ধনাত্মক চার্জ ও আংশিক ঝণাত্মক চার্জ যুক্ত হয়ে পোলার অণু হয়।



### মৌলের তড়িৎ ঝণাত্মকতার ওপর বিভিন্ন নিয়ামকের প্রভাব

মৌলের তড়িৎ ঝণাত্মকতা নিম্নোক্ত বিষয়ের ওপর নির্ভরশীল :

- (i) পরমাণুর আকার বৃদ্ধিতে তড়িৎ ঝণাত্মকতা হ্রাস পায় - এটি হলো গ্রহণভিত্তিক সম্পর্ক।  
 (ii) নিউক্লিয়াসে চার্জ বৃদ্ধিতে তড়িৎ ঝণাত্মকতা বৃদ্ধি পায় - এটি হলো পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক।

পর্যায় সারণির ২য় পর্যায়ের সর্বশেষ ডানে ও গ্রাম - 17 (7A) এর সবচেয়ে ওপরে স্থান প্রাপ্ত হওয়ায় ক্ষুদ্রাকার ও অতীব সক্রিয় মৌল হলো F। তাই সমযোজী যোগ অণুতে শেয়ারকৃত ইলেক্ট্রনের ওপর ফ্রেয়ারিনের নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ সবচেয়ে বেশি হয়। অর্থাৎ F এর তড়িৎ ঝণাত্মকতা সর্বাধিক হয়। পাউলিং ক্ষেত্রে F এর তড়িৎ ঝণাত্মকতার মান হলো 4.0।

\* যে কোনো পর্যায়ে বামদিক থেকে যতোই ডানদিকে যাওয়া যায়, মৌলের তড়িৎ ঝণাত্মকতা ততোই বৃদ্ধি পায়। এর কারণ হচ্ছে একই পর্যায়ে কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ বৃদ্ধি পায়। ফলে শেয়ারকৃত ইলেক্ট্রন যুগলকে ঐ পরমাণুর নিউক্লিয়াস অধিক আকৃষ্ট করে এবং তড়িৎ ঝণাত্মকতা বৃদ্ধি পায়। পাউলিং ক্ষেত্রে মতে, ২য় পর্যায়ের মৌলসমূহের তড়িৎ ঝণাত্মকতা হলো :

$$Li = 1.0, Be = 1.5, B = 2.0, C = 2.5, N = 3.0, O = 3.5, F = 4.0$$

তড়িৎ ঝণাত্মকতা বাম থেকে তাল দিকে  
বৃদ্ধি পায়

H 2.1													He
Li 1.0	Be 1.5												B 2.0
Na 0.9	Mg 1.2												C 2.5
K 0.8	Ca 1.0	Sc 1.3	Ti 1.5	V 1.6	Cr 1.6	Mn 1.5	Fe 1.8	Co 1.9	Ni 1.9	Cu 1.9	Zn 1.6	Ga 1.6	N 3.0
Rb 0.8	Sr 1.0	Y 1.2	Zr 1.4	Nb 1.6	Mo 1.8	Tc 1.9	Ru 2.2	Rh 2.2	Pd 2.2	Ag 1.9	Cd 1.7	In 1.7	O 3.5
Cs 0.7	Ba 0.9	Lu 1.1	Hf 1.3	Ta 1.5	W 1.7	Re 1.9	Os 2.2	Ir 2.2	Pt 2.4	Au 2.4	Hg 1.9	Tl 1.8	F 4.0
													Ne
													Ar
													Kr
													Xe
													Rn

উপর থেকে  
নিচের দিকে  
হ্রাস পায়

চিত্র-৩.১৩ : মৌলসমূহের তড়িৎ ঝণাত্মকতার মান।

মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ ঋণাত্মকতা ধর্মের মধ্যে নিম্নরূপ সম্পর্ক দেখা যায় :

ইলেকট্রন আসক্তি	তড়িৎ ঋণাত্মকতা
১। সংজ্ঞা : গ্যাসীয় অবস্থায় কোনো মৌলের এক মোল বিচ্ছিন্ন পরমাণুর প্রত্যেকে একটি করে ইলেকট্রন যুক্ত করে এক মোল ঋণাত্মক আয়নে পরিণত হতে যে পরিমাণ শক্তি নির্গত হয়, তাকে ঐ মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি বলে। এটির একক হলো— $\text{kJ mol}^{-1}$	১। সংজ্ঞা : কোনো সময়োজী যৌগের অণুতে দুটি ভিন্ন পরমাণুর মধ্যে শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগলকে একটি পরমাণু নিজের দিকে বেশি আকর্ষণ করার ক্ষমতাকে ঐ মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা বলা হয়। এটির মান একক শূন্য।
২। পর্যায়গত সম্পর্ক : মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি একই পর্যায়ের মৌলসমূহের মধ্যে বাম থেকে ডানদিকে বৃদ্ধি পায়। যেমন, P (-72), S (-200) Cl (-349)।	২। পর্যায়গত সম্পর্ক : মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা একই পর্যায়ের মৌলসমূহের মধ্যে বাম থেকে ডানদিকে বৃদ্ধি পায়। যেমন, N (3.0), O (3.5), F (4)।
৩। গ্রুপ বা শ্রেণিগত সম্পর্ক : পর্যায় সারণির একই গ্রুপে মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তি সাধারণত ওপর থেকে নিচের দিকে হাস পায়। তবে এ ক্রমের ব্যতিক্রমও আছে। যেমন, গ্রুপ-16 এর O (-141), S (-200), Se (-195), Te (-190), Pb (-183)।	৩। গ্রুপ বা শ্রেণিগত সম্পর্ক : একই গ্রুপে অধাতুসমূহের তড়িৎ ঋণাত্মকতা ওপর দিক থেকে নিচের দিকে হাস পায়। তবে p ব্লক ও d ব্লকের ধাতুসমূহের মধ্যে এর ব্যতিক্রমও দেখা যায়। যেমন, B (2.0), Al (1.5), Ga (1.6), In (1.7), Ti (1.8)।
৪। ইলেকট্রন আসক্তির মান : মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান বিভিন্ন মৌলভেদে ঋণাত্মক, ধনাত্মক ও শূন্য হতে পারে। যেমন, F (-328), N (+7), He (0.0), Be ( $\leq 0$ )।	৪। তড়িৎ ঋণাত্মকতার মান : মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা সব মৌলের বেলায় ধনাত্মক মান হয়। তড়িৎ ঋণাত্মকতা শূন্য বা ঋণাত্মক মানের হয় না। যেমন, F (4.0), N (3.0), Be (1.5)।
৫। জারণ-বিজারণ ধর্ম : কোনো মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান যতো বেশি, সে মৌলটির জারণ ক্ষমতাও ততো বেশি হয়। তবে F ও Cl এর মধ্যে ব্যতিক্রম।	৫। জারণ-বিজারণ ধর্ম : কোনো মৌলের তড়িৎ ঋণাত্মকতা যতো বেশি, সে মৌলটি ততো বেশি শক্তিশালী জারক হয়। যেমন, F > Cl > Br > I।
৬। ইলেকট্রন স্থানান্তর : আয়নিক বদ্ধন গঠনকালে ও রিডক্স বিক্রিয়াকালে ইলেকট্রন আসক্তি কার্যকর থাকে। তখন কম ইলেকট্রন আসক্তির পরমাণু থেকে বেশি ইলেকট্রন আসক্তির পরমাণুতে ইলেকট্রন স্থানান্তর ঘটে। ফলে পূর্ণ চার্জ সৃষ্টি হয়। যেমন,	৬। ইলেকট্রন চার্জ শিফট : সময়োজী যৌগ গঠনের পর কম ইলেকট্রন চার্জ শিফটের মাধ্যমে তড়িৎ ঋণাত্মকতা কার্যকর হয়। এক্ষেত্রেও কম ইলেকট্রন আসক্তির পরমাণু থেকে বদ্ধন ইলেকট্রন যুগলের আংশিক চার্জ বেশি ইলেকট্রন আসক্তির পরমাণু দ্বারা অধিক আকৃষ্ট হয়ে থাকে। ফলে আংশিক ধনাত্মক (+δ) ও আংশিক ঋণাত্মক (-δ) চার্জ সৃষ্টি হয়। যেমন- $\text{H}^{\delta+} \text{Cl}^{\delta-}$
৭। শেষ ফল : অধাতব মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মাত্রা ঐ পরমাণুর অ্যানায়ন গঠনের প্রবণতা সম্পর্কে ধারণা দেয়। ফলে আয়নিক যৌগ গঠনে ঐ মোল অধিক সক্রিয় হয়।	৭। শেষ ফল : সময়োজী যৌগ অণুতে দুটি পরমাণুর তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য থেকে ঐ অণুতে সৃষ্টি পোলারিটির মাত্রা সম্পর্কে ধারণা দেয়।

শিক্ষার্থীর কাজ-৩.৮ : ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ ঋণাত্মকতা ভিত্তিক :

সমস্যা-৩.১৯ : তড়িৎ ঋণাত্মকতার চিত্র-৩.১৩ এর সাহায্য নিয়ে ব্যাখ্যা কর। নিচের কোন যৌগ সময়োজী বা আয়নিক অথবা সময়োজী পোলার যৌগ হবে? (১)  $\text{SiCl}_4$       (২)  $\text{CsBr}$       (৩)  $\text{CH}_4$       (৪)  $\text{FeBr}_3$

সমস্যা-৩.১৯(ক) : নিচে লিখিত যৌগের সংকেত থেকে এসব যৌগে এদের বন্ধনের আয়নিক বৈশিষ্ট্যের ক্রম বৃদ্ধি অনুসরে যুক্তিসহ সাজাও। (১)  $\text{CCl}_4$       (২)  $\text{BaCl}_2$       (৩)  $\text{TiCl}_3$       (৪)  $\text{Cl}_2\text{O}$

সমস্যা-৩.২০ (ক) : ক্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তি ক্লোরিনের চেয়ে কম কেন; ব্যাখ্যা কর। [ক্ৰ. বো. ২০১৯]

সমস্যা-৩.২০ (খ) : ক্লোরিন সরচেয়ে তড়িৎ ঋণাত্মক মোল; ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. ২০১৬; রা. বো. ২০১৯]

সমস্যা-৩.২০ (গ) : E(3), Z(12), A(6), R(8) — এ মৌলগুলোর তড়িৎ ঝণাঞ্চকতার ক্রম বিশ্লেষণ কর।

[চ. বো. ২০১৭]

সমস্যা-৩.২১ (ক) : মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ ঝণাঞ্চকতার মধ্যে গ্রহণ ও পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক এবং বন্ধন গঠনের ক্ষেত্রে এদের প্রভাব সারণিতে দেখাও।

\* নিচের উদ্বীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও :

মৌল →	F	Cl	Br	I
ইলেকট্রন আসক্তি $\text{kJ mol}^{-1}$	-328	-349	-325	-295
তড়িৎ ঝণাঞ্চকতা	4.0	3.0	2.8	2.5

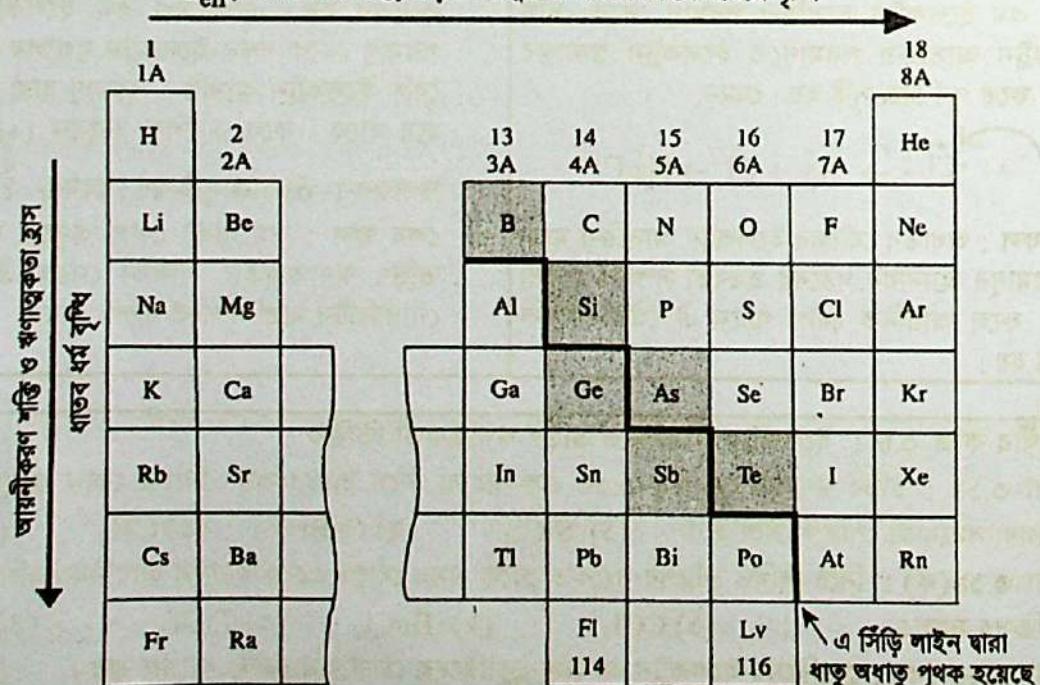
সমস্যা-৩.২১ (খ) : উদ্বীপকের মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির একুপ পরিবর্তনের ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২১ (গ) উদ্বীপকের মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ ঝণাঞ্চকতার পরিবর্তনের ওপর নিয়ামকের প্রভাব ব্যাখ্যা কর।

### (ছ) ধাতব ধর্ম (Metallic Properties)

পর্যায়ভিত্তিক সম্পর্ক : এর মধ্যে আমরা জেনেছি, (১) একই পর্যায়ে মৌলসমূহের পরমাণুতে বহিঃস্তরে কার্যকর নিউক্লিয়ার চার্জ ( $Z_{\text{eff}}$ ) বামদিকে থেকে ডানদিকে ক্রমাগত বাঢ়তে থাকে। ফলে মৌলের পরমাণুর যোজ্যতা ইলেকট্রন অধিকতরভাবে নিউক্লিয়াস দ্বারা আকৃষ্ট হয়, পারমাণবিক ব্যাসার্ধ হ্রাস পায়, আয়নীকরণ শক্তি, ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ ঝণাঞ্চকতা সাধারণত বৃদ্ধি পায়। (২) তখন পর্যায় সারণির বামদিকের মৌলসমূহ ইলেকট্রন ত্যাগ করে ধনাঞ্চক আয়ন এবং অপরদিকে ডানদিকের মৌলসমূহ ইলেকট্রন গ্রহণ করে ঝণাঞ্চক আয়ন সৃষ্টি করে। (৩) একুপে পর্যায় সারণির বাম দিক থেকে ডানদিকের মৌলসমূহে ধাতব ধর্ম হ্রাস পায় এবং অধাতব ধর্ম ক্রমাগত বৃদ্ধি পায়। যেমন ৩য় পর্যায়ের বেলায় Na, Mg Al হলো ধাতু; Si হলো অপধাতু এবং P, S ও Cl হলো অধাতু।

$Z_{\text{eff}}$ , আয়নীকরণ শক্তি, তড়িৎ ঝণাঞ্চকতা ও অধাতব বৈশিষ্ট্যের বৃদ্ধি



চিত্র-৩.১৪ : পর্যায়ভিত্তিক মৌলের অধাতব বৈশিষ্ট্য বৃদ্ধি ও গ্রুপভিত্তিক ধাতব বৈশিষ্ট্যের বৃদ্ধি।

**গ্রুপভিত্তিক সম্পর্ক :** (১) পর্যায় সারণির একই গ্রুপে ওপর থেকে নিচের দিকে মৌলের পরমাণুতে ইলেকট্রনের নতুন শক্তিস্তর যুক্ত হয় ও পারমাণবিক ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পায়। ফলে যোজ্যতা ইলেকট্রন নিউক্লিয়াস থেকে ক্রমাগত দূরে থাকে, আয়নীকরণ শক্তি ও ঝণাঅকতা হ্রাস পায়। (২) তখন মৌলের ধাতব ধর্ম ওপর দিক থেকে নিচের দিকে বৃদ্ধি পায় ও অধাতব ধর্ম হ্রাস পায়। পর্যায় সারণির বাম দিকের সর্বনিম্ন মৌল ফ্রান্সিয়াম (Fr) হলো সর্বাধিক সক্রিয় ধাতব মৌল। তবে Fr তেজক্রিয় অস্থায়ী ধাতব মৌল হওয়ায়, স্থায়ী সর্বাধিক সক্রিয় ধাতু হলো Cs। (৩) পর্যায় সারণির মাঝখানের বোরন থেকে ডানদিকে যাওয়ার সিন্ডির আকারে চিহ্নিত রেখার নিকটস্থ B, Si, Ge, As, Sb, Te ইত্যাদি ছয়টি মৌল হলো (সর্বসম্ভতভাবে) অপধাতু বা মেটালয়েড বা সেমিমেটেল (semimetals)।

**শিক্ষার্থীর কাজ-৩.৯ :** ধাতু, অধাতু ও অপধাতুভিত্তিক :

সমস্যা-৩.২২: (ক) নিচের প্রতিটি মুগলের মধ্যে কোনটিতে ধাতব ধর্ম বেশি হবে, তা ব্যাখ্যা কর :  
 (১) B ও Al (২) Ge ও Br (৩) Cl ও Te (৪) In ও Se

সমস্যা-৩.২২: (খ) অপধাতু বা মেটালয়েড কী? এদের সংখ্যা ও নাম লেখ। কোনু কোনু পর্যায়ে অপধাতুর সংখ্যা বেশি রয়েছে?

**জেনে রাখ :** মৌলের রাসায়নিক ধর্মের ওপর আয়নীকরণ শক্তি ও ইলেকট্রন আসক্তির প্রভাব :

(ক) মৌলের আয়নীকরণ শক্তির মান যতো কম হবে—

\* মৌলটির ধাতব ধর্ম ততো প্রবল হবে, বিজারণ ক্ষমতা ততো বেশি হবে অর্থাৎ ঐ মৌলটি প্রবল বিজারক হবে।

যেমন-  $\text{Cs} > \text{Rb} > \text{K} > \text{Na} > \text{Li}$  | DAT: 17-18

\* ধাতব মৌলটি ততো সহজে ইলেকট্রন ত্যাগ করে ধনাঅক আয়নে পরিণত হয়ে আয়নিক বক্ষন গঠন করবে।

(খ) মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান যতো সংখ্যাগত বেশি হবে—

\* মৌলটির অধাতব ধর্ম ততো প্রবল হবে, জারণ ক্ষমতা ততো বেশি হবে অর্থাৎ ঐ মৌলটি প্রবল জারক হবে।

যেমন- হ্যালোজেনসমূহ।

\* অধাতব মৌলটি ততো সহজে ইলেকট্রন গ্রহণ করে ঝণাঅক আয়নে পরিণত হয়ে আয়নিক বক্ষন গঠন করবে।

### ৩.৪ আয়নীকরণ শক্তি, ইলেকট্রন আসক্তি, তড়িৎ ঝণাঅকতার ওপর বিভিন্ন নিয়ামকের প্রভাব

**Effect of different factors on Ionisation Energy, Electron affinity & Electronegativity**

মৌলসমূহের তিনটি প্রধান পর্যায়বৃত্ত ধর্ম আয়নীকরণ শক্তি, ইলেকট্রন আসক্তি ও তড়িৎ ঝণাঅকতার ওপর বিভিন্ন নিয়ামক যেমন পরমাণুর আকার, বিভিন্ন উপশক্তিস্তর ও ইলেকট্রন বিন্যাসের প্রভাব রয়েছে। নিচে তা ব্যাখ্যা করা হলো :

#### ৩.৪.১ আয়নীকরণ শক্তির ওপর পরমাণুর আকারের প্রভাব

পরমাণুর আকার মূলত প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা ( $n$ ) এর মান দ্বারা বোঝানো হয়।  $n$  এর মান যতো বেশি হবে পরমাণুটির আকার ততো বড় হবে। তখন যোজ্যতা স্তরের ওপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ করবে। ফলে মৌলের আয়নীকরণ শক্তি কম হবে। তাই একই গ্রুপে ওপর থেকে নিচের দিকে আয়নীকরণ শক্তি কমতে থাকে। যেমন, গ্রুপ-I এর ধাতুসমূহের পরমাণুর আকার বৃদ্ধির সাথে আয়নীকরণ শক্তি কমতে থাকে।

$$\text{Li} = 530 \text{ kJ}, \text{Na} = 496 \text{ kJ}, \text{K} = 418 \text{ kJ}, \text{Rb} = 403 \text{ kJ}, \text{Cs} = 376 \text{ kJ}$$

আয়নীকরণ শক্তির ওপর উপশক্তিস্তরের প্রভাব :

উপশক্তিস্তর বলতে s, p, d, f অরবিটালসমূহকে বোঝানো হয়। পর্যায়ভিত্তিক মৌলসমূহে  $n$  এর মান একই থাকে; কিন্তু একই পর্যায়ের মৌলসমূহের যোজ্যতা ইলেকট্রন বিভিন্ন উপশক্তিস্তরে বা s, p, d, f অরবিটালে থাকে। একই পর্যায়ে মৌলসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে নিউক্লিয়াসে ধনাঅক চার্জের সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। তখন একই অরবিট বা শক্তিস্তরে

s-অরবিটালের ইলেকট্রনের চেয়ে p-অরবিটালে ইলেকট্রনের প্রতি নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ বেশি থাকে। অনুরূপভাবে d-অরবিটালের ইলেকট্রনের প্রতি নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ বেশি থাকে। এক্ষেত্রে আয়নীকরণ শক্তি পর্যায়ভিত্তিক বৃদ্ধি পায়।  
যেমন- d-উপশক্তি > p-উপশক্তি > s-উপশক্তি।

আয়নীকরণ শক্তির ওপর ইলেকট্রন বিন্যাসের প্রভাব :

পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসে সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের উপশক্তি & বা অরবিটালসমূহ ইলেকট্রন দ্বারা অর্ধপূর্ণ (যেমন p<sup>3</sup>, d<sup>5</sup>) অথবা পরিপূর্ণ (যেমন p<sup>6</sup>, d<sup>10</sup>) থাকলে, সে পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস অধিক স্থায়িত্ব লাভ করে। তখন ঐ সব অর্ধপূর্ণ বা পরিপূর্ণ অরবিটালের ইলেকট্রন অপসারণ করতে অধিক পরিমাণ শক্তির প্রয়োজন হয়। সুতরাং উপশক্তিরভিত্তিক আয়নীকরণ শক্তির ক্রম হলো : পূর্ণ উপশক্তি > অর্ধপূর্ণ উপশক্তি > আংশিক পূর্ণ উপশক্তি।

### ৩.৪.২ ইলেকট্রন আসক্তির ওপর পরমাণুর আকারের প্রভাব

পরমাণুর নিউক্লিয়াস থেকে বহিস্থ শক্তিস্তরের দূরত্ব যতো কম হয়, ইলেকট্রনের প্রতি ঐ নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ ততো বেশি হয়। তখন অধিক আকর্ষণ শক্তিসহকারে বাইর থেকে আগত ইলেকট্রনটি পরমাণুর যোজ্যতাস্তরে আক্ষেত্রে প্রবেশ করে। ফলে নির্গত শক্তির পরিমাণ অধিক হয়। তাই যে পরমাণুর আকার যত ছোট সে পরমাণুর ইলেকট্রন আসক্তি তত বেশি হয়। একই পর্যায়ে মৌলসমূহের পরমাণুর আকার বাম দিক থেকে ডানদিকে ছোট হতে থাকে বলে মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান বৃদ্ধি পায়। যেমন ২য় পর্যায়ের O পরমাণুর ইলেকট্রন আসক্তি,  $E_{ea} = -141 \text{ kJmol}^{-1}$  এবং এর ডানদিকে অবস্থিত ছোট আকারের F পরমাণুর বেলায় ইলেকট্রন আসক্তি বৃদ্ধি পেয়ে,  $E_{ea} = -328 \text{ kJmol}^{-1}$  হয়েছে।

কিন্তু ফ্লোরিন পরমাণু সবচেয়ে ছোট হওয়া সত্ত্বেও ফ্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তি ( $E_{ea} = -328 \text{ kJmol}^{-1}$ ) ফ্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তি ( $E_{ea} = -349 \text{ kJmol}^{-1}$ ) অপেক্ষা কম। এর কারণ ফ্লোরিন পরমাণুর সবচেয়ে ক্ষুদ্র আকার। ফ্লোরিনের ইলেকট্রন বিন্যাসের সর্বশেষ শক্তিস্তর হলো দ্বিতীয় শক্তিস্তর। ফ্লোরিন পরমাণুর তৃতীয় শক্তিস্তরের তুলনায় ফ্লোরিনের দ্বিতীয় শক্তিস্তরের আকার ছোট হওয়ায় এবং ২য় শক্তিস্তরের ক্ষুদ্র পরিসরে সাতটি ইলেকট্রন থাকায় তাতে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব তুলনামূলকভাবে অনেক বেশি। ফলে আগমনকারী ইলেকট্রনের প্রতি দ্বিতীয় শক্তি স্তরের ইলেকট্রনসমূহের পারস্পরিক বিকর্ষণ বেশি হওয়ায় সামগ্রিকভাবে ফ্লোরিনের ইলেকট্রন আসক্তির মান ফ্লোরিনের চেয়ে কম হয়।

### ইলেকট্রন আসক্তির ওপর উপশক্তির প্রভাব :

কোনো মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি মৌলটির পরমাণুর উপশক্তি-স্তরের ওপর অনেকটা নির্ভর করে। মৌলের সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের ইলেকট্রনের ওপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ মধ্যবর্তী উপশক্তি-স্তরের ইলেকট্রন মেঘ দ্বারা আচ্ছাদন ঘটে বা প্রতিহত (shielding) হয়। তাই পরমাণুতে উপশক্তির যতো বেশি হবে, পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রনের ওপর নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ ততো কম হবে। ফলে মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি কম হবে। এজন্য ২য় ও ৩য় পর্যায়ের মৌলসমূহের ইলেকট্রন আসক্তির মানের চেয়ে ৪র্থ ও ৫ম পর্যায়ের মৌলের ইলেকট্রন আসক্তির মান কম হয়। ইলেকট্রন আসক্তির ওপর উপশক্তির একটি প্রভাবকে উপশক্তি-স্তরের আচ্ছাদন বা শিফ্টিং (shielding) প্রভাব বলা হয়।

### ইলেকট্রন আসক্তির ওপর ইলেকট্রন বিন্যাসের প্রভাব :

মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি মৌলটির পরমাণুর সর্বশেষ শক্তিস্তরের ইলেকট্রন বিন্যাসের অষ্টক পূর্ণ করার প্রবণতাকে বোঝায়। তাই মৌলের ইলেকট্রন বিন্যাসের সর্ববহিস্থ স্তরে অষ্টক পূর্ণ হওয়া থেকে ইলেকট্রনের ঘাটতি যতো কম থাকে, মৌলটির ইলেকট্রন আসক্তি ততো বেশি হয়। একই পর্যায়ে বাম দিক থেকে ডান দিকে যতোই অগ্রসর হওয়া যায়, মৌলসমূহের পরমাণুর অষ্টক পূর্ণতা থেকে ইলেকট্রন ঘাটতির সংখ্যা ততো কম হতে থাকে। ফলে মৌলের ইলেকট্রন আসক্তি ততো বৃদ্ধি পায়। তবে F পরমাণুর আকার খুব ছোট হওয়ায় এবং ২য় শক্তিস্তরে ইলেকট্রন ঘনত্বের আধিক্য থাকায় ইলেকট্রনসমূহের মধ্যে বিকর্ষণ প্রভাব অধিক কার্যকরী থাকে। তাই F এর ইলেকট্রন আসক্তি ৩য় শক্তিস্তরের Cl পরমাণুর তুলনায় কম হয়।

৩.৪.৩ তড়িৎ ঝণাউকতার ওপর পরমাণুর আকার, উপশক্তিস্তর ও ইলেক্ট্রন বিন্যাসের প্রভাব

পরমাণুর আকার বৃদ্ধির সাথে মৌলের তড়িৎ ঝণাঞ্চকতা হ্রাস পায়। এটি হলো মৌলের গ্রাফিডিক সম্পর্ক। একই গ্রাফে ওপর থেকে নিচের দিকে মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে প্রধান শক্তিস্তরে উপশক্তিস্তরও বাড়তে থাকে। ফলে নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ যোজ্যতা স্তরের ওপর কমতে থাকে। তাই গ্রাফ-17 এর হ্যালোজেন মৌলসমূহের তড়িৎ ঝণাঞ্চকতার মান নিম্নরূপে হ্রাস পায় :  $F = 4.0$ ,  $Cl = 3.0$ ,  $Br = 2.8$ ,  $I = 2.5$

ইলেকট্রন বিন্যাস ও উপশক্তিস্তরের প্রভাবও একই রূক্ষম থাকে।

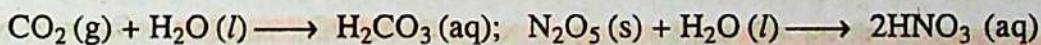
### ৩.৫ ২য় ও ৩য় পর্যায়ের মৌলের অক্সাইডের অন্ধ-ক্ষারক ধর্ম

## Acid-Base Properties of Oxides of 2nd & 3rd Periods' Elements

ପର୍ଯ୍ୟାୟ ସାରଣିର ୨ୟ ଓ ୩ୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟେର ମୌଳସମୂହେର ଅଙ୍ଗ-କ୍ଷାରକ ଧର୍ମ ମୌଳସମୂହେର ଆୟନୀକରଣ ଶକ୍ତି, ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଆସନ୍ତି ଓ ତଡ଼ିଏ ଝାଗାଘକତା ପ୍ରଭୃତି ଧର୍ମେର ପାର୍ଥକ୍ୟେର ଓପର ନିର୍ଭରଶୀଳ । ପର୍ଯ୍ୟାୟଭିତ୍ତିକ ଏସବ ଧର୍ମେର ଆଲୋଚନା ଥେକେ ଆମରା ଜେନେଛି ଯେ,

(১) ২য় পর্যায়ভুক্ত Li, Be এবং ৩য় পর্যায়ভুক্ত Na, Mg, Al হলো ধাতু। অঞ্জিজনের সাথে এসব মৌল ইলেকট্রন স্থানান্তরের মাধ্যমে আয়নিক ধাতব অক্সাইড গঠন করে। ধাতব অক্সাইডসমূহ ক্ষারধর্মী হয়। আবার একই পর্যায়ে বাম দিক থেকে ডানদিকে ক্রমাবর্যে ধাতব ধর্মজ্ঞাস পেতে থাকে এবং ডানদিকের শেষ ধাতুটির মধ্যে ধাতব-অধাতব মিশ্র ধর্ম প্রকাশ পায়। Al ধাতুর অক্সাইডের বেলায় তা আমরা দেখতে পাব।

(২) আবার ২য় পর্যায়ভুক্ত B, C, N মৌলের তড়িৎ ঝণাঝকতা 2 এর অধিক হওয়ায় এসব অধাতব মৌল এবং ৩য় পর্যায়ের Si, P, S প্রভৃতি অনুরূপভাবে অধিক তড়িৎ ঝণাঝক হওয়ায় এ সব অধাতব মৌল অক্সিজেনের সাথে ইলেকট্রন শেয়ারের মাধ্যমে সময়জী অক্সাইড গঠন করে। অধাতব সময়জী অক্সাইডসমূহের মধ্যে উচ্চ জারণ-সংখ্যা যুক্ত অক্সাইড পানির সাথে বিক্রিয়ায় অন্ন উৎপন্ন করে। তাই এদেরকে অন্নধর্মী অক্সাইড ও এসিড অ্যানহাইড্রাইড বলা হয়। যেমন—



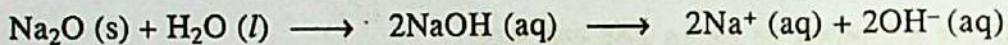
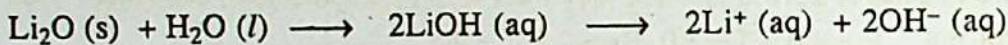
ନିମ୍ନ ଜାରଣ ସଂଖ୍ୟାର ଅଧିତବ ଅକ୍ଲାଇଡ ସାଧାରଣତ ନିରପେକ୍ଷ ହୁଏ । ସେମନ—  $\text{CO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  ଇତ୍ୟାଦି ହଲୋ ନିରପେକ୍ଷ ଅକ୍ଲାଇଡ ।

**সারণি-৩.৫ :** ২য় ও ৩য় পর্যায়ের মৌলের অঙ্কাইড

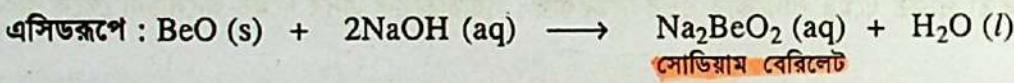
ପ୍ରତ୍ୟେ : ଅଧାତୁର  
ଦୂଟି ଅକ୍ରାଇଡେର  
ବେଲାଯ ଉଚ ଜାରଣ  
ସଂଖ୍ୟାର ଅକ୍ରାଇଡ  
ଅଧିକତର ଅନ୍ଧଧର୍ମୀ  
ଓ ସବଳ ଏସିଡ  
ତୈରି କରେ; କିନ୍ତୁ  
ନିମ୍ନଜାରଣ ସଂଖ୍ୟାର  
ଅକ୍ରାଇଡ ମୃଦୁ ଅନ୍ଧିଯ  
ହୟ ଏବଂ ଦୂରଳ ଅନ୍ଧ  
ତୈରି କରେ।

পানির সাথে একই পর্যায়ের মৌলসমূহের অক্সাইডের বিক্রিয়ায় ক্ষার ও অম্ল গঠন :

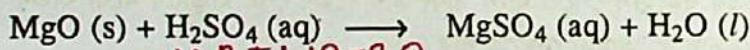
(১) একই পর্যায়ের বিভিন্ন মৌলের অক্সাইডের সাথে পানির বিক্রিয়ায় এদের ক্ষার ধর্ম থেকে অম্লধর্মে ক্রমপরিবর্তনের প্রমাণ মিলে। যেমন, ২য় পর্যায়ের  $\text{Li}_2\text{O}$  পানির সাথে বিক্রিয়ায় দ্রবণীয় লিথিয়াম হাইড্রক্সাইড ( $\text{LiOH}$ ) সবল ক্ষার এবং ৩য় পর্যায়ের  $\text{Na}_2\text{O}$  পানির সাথে বিক্রিয়ায় দ্রবণীয়  $\text{NaOH}$  সবল ক্ষার উৎপন্ন করে।



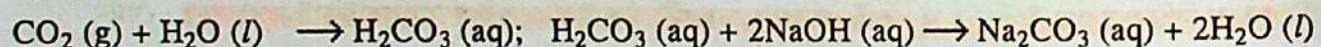
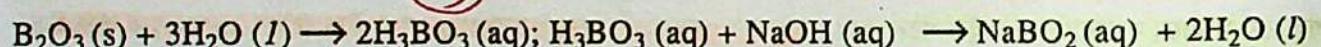
(২) ২য় পর্যায়ের বেরিলিয়াম অক্সাইড ( $\text{BeO}$ ) ও ৩য় পর্যায়ের  $\text{MgO}$  উভয়েই পানিতে অদ্রবণীয়। তাই এরা পানির সাথে কোনো বিক্রিয়া করে না বলে কোনো ক্ষার দ্রবণ উৎপন্ন হয় না। তবে  $\text{BeO}$  উভধর্মী অক্সাইডরূপে এসিডের সাথে লবণ ও পানি এবং গাঢ়  $\text{NaOH}$  দ্রবণের সাথে বেরিলেট লবণ উৎপন্ন করে।



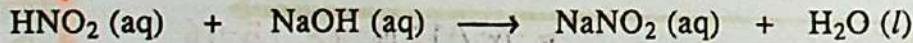
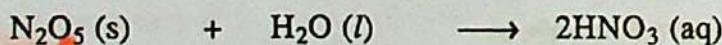
অপরদিকে তৃতীয় পর্যায়ভুক্ত  $\text{Mg}$  এর অক্সাইড  $\text{MgO}$  পানিতে অদ্রবণীয় ও পানির সাথে কোনো বিক্রিয়া করে না; কিন্তু দুর্বল ক্ষারকরূপে এসিডের সাথে বিক্রিয়ায় লবণ ও পানি উৎপন্ন করে।



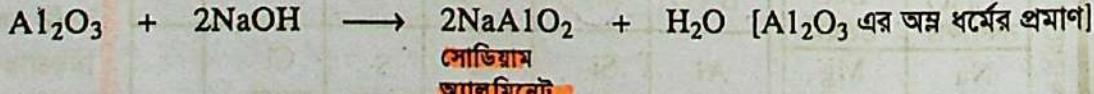
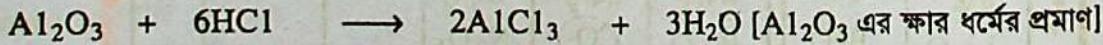
(৩) ২য় পর্যায়ের  $\text{B}_2\text{O}_3$  ও  $\text{CO}_2$  মৃদু অঙ্গীয়, উভয় অক্সাইড পানির সাথে বিক্রিয়ায় অস্থায়ী এসিড ও ক্ষার দ্রবণের সাথে বিক্রিয়ায় লবণ ও পানি উৎপন্ন করে।  $\text{B}_2\text{O}_3$  পানিতে অর্থোবোরিক এসিড ও ক্ষারের সাথে বিক্রিয়ায় মেটাবোরেট উৎপন্ন করে।



(৪) ২য় পর্যায়ভুক্ত  $\text{N}$  মৌলের দুটি অক্সাইড  $\text{N}_2\text{O}_3$  ও  $\text{N}_2\text{O}_5$  উভয়ই অঙ্গীয় অক্সাইড। পানির সাথে  $\text{N}_2\text{O}_3$  এর বিক্রিয়ায় অস্থায়ী নাইট্রাস এসিড ( $\text{HNO}_2$ ); কিন্তু  $\text{NaOH}$  সহ স্থায়ী লবণ সোডিয়াম নাইট্রাইট ( $\text{NaNO}_2$ ) উৎপন্ন করে। কিন্তু  $\text{N}_2\text{O}_5$  পানিসহ সবল নাইট্রিক এসিড ও ক্ষারসহ নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন করে।



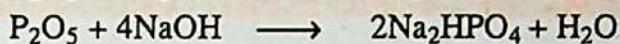
(৫) ৩য় পর্যায়ভুক্ত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) পানির সাথে বিক্রিয়া করে না, কিন্তু এটি অম্ল ও সবল ক্ষার দ্রবণ উভয়ের সাথে পৃথকভাবে বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি উৎপন্ন করে। তাই অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড উভধর্মী অক্সাইড।



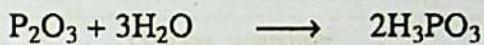
(৬) সিলিকন ডাইঅক্সাইড ( $\text{SiO}_2$ ) পানি বা অঙ্গের সাথে বিক্রিয়া করে না; কিন্তু এটি সবল ক্ষারের সাথে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম সিলিকেট লবণ ও পানি উৎপন্ন করে। অর্থাৎ সিলিকন ডাইঅক্সাইড ( $\text{SiO}_2$ ) অম্লধর্মী অক্সাইড।



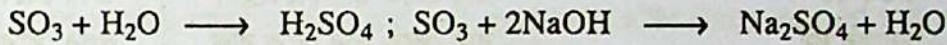
(৭) ডাইফসফরাস পেন্টাওয়াইড ( $P_2O_5$ ) পানির সাথে বিক্রিয়া করে দুর্বল অম্ল ফসফরিক এসিড ( $H_3PO_4$ ) উৎপন্ন করে। ক্ষারের সাথে এটির বিক্রিয়ায় ফসফেট লবণ ও পানি উৎপন্ন হয়। সূতরাং  $P_2O_5$  হলো অম্লধর্মী অক্সাইড।



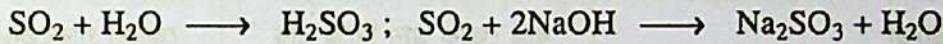
ফসফরাসের আরেকটি অক্সাইড  $P_2O_3$  পানির সাথে বিক্রিয়া করে ফসফরাস এসিড উৎপন্ন করে।



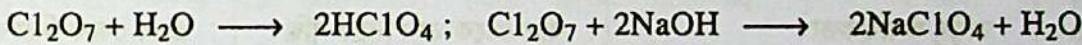
(৮) সালফার ট্রাইঅক্সাইড ( $SO_3$ ) পানির সাথে বিক্রিয়া করে সবল অম্ল সালফিউরিক এসিড ( $H_2SO_4$ ) উৎপন্ন করে। ক্ষারের সাথে এটির বিক্রিয়ায় সালফেট লবণ ও পানি উৎপন্ন হয়। সূতরাং  $SO_3$  হলো অম্লধর্মী অক্সাইড।



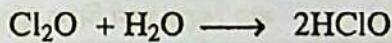
সালফারের আরেকটি অক্সাইড  $SO_2$  পানির সাথে বিক্রিয়ায় সালফিউরাস এসিড ( $H_2SO_3$ ) এবং ক্ষারের সাথে বিক্রিয়ায় সালফাইট লবণ ও পানি উৎপন্ন করে। সূতরাং  $SO_2$  হলো অম্লধর্মী অক্সাইড।



(৯) ডাইক্লোরিন হেটেওয়াইড ( $Cl_2O_7$ ) পানির সাথে বিক্রিয়ায় পারক্লোরিক এসিড ( $HCIO_4$ ) উৎপন্ন করে।  $Cl_2O_7$  ও ক্ষারের বিক্রিয়ায় পারক্লোরেট লবণ ও পানি উৎপন্ন হয়। তাই  $Cl_2O_7$  হলো অম্লধর্মী।



আবার ক্লোরিন মনোঅক্সাইড ( $Cl_2O$ ) পানির সাথে বিক্রিয়া করে হাইপোক্লোরাস এসিড ( $HClO$ ) উৎপন্ন করে।



উল্লেখ্য যে, ধাতুর অক্সাইড ক্ষারধর্মী, অধাতুর অক্সাইড অম্লধর্মী। এটি হলো মৌলের অক্সাইডসমূহের pH পর্যায়বৃত্ততা ধর্ম। সূতরাং ২য় ও ৩য় পর্যায়ের মৌলসমূহের অক্সাইডসমূহের ধর্ম থেকে বোঝা যায় যে, একই পর্যায়ে যতোই ডানদিকে যাওয়া যায়, ততোই মৌলসমূহের ধাতু ধর্মহাস পায় এবং অধাতু ধর্ম বৃক্ষি পায়।

**জেনে নাও :** উচ্চ তাপমাত্রায় স্থায়িত্ব, যান্ত্রিক দৃঢ়তা, বৈদ্যুতিক রোধ ইত্যাদি ভৌত ধর্মের ওপর ভিত্তি করে বিভিন্ন অক্সাইডের ব্যবহারিক প্রয়োগ আছে। যেমন  $MgO$  ও  $Al_2O_3$  ব্যবহৃত হয় অটো মোবাইল স্পার্ক প্লাগ, উচ্চ তাপমাত্রার ইলেক্ট্রিকেল হিটার প্রভৃতি বৈদ্যুতিক যন্ত্রে রোধক বা ইনস্যুলেটররূপে।  $SiO_2$  ব্যবহৃত হয় আধুনিক যোগাযোগ ব্যবস্থার অপটিকেল ফাইবারের প্রধান উপাদানরূপে। অধাতুর অন্নীয় অক্সাইড থেকে উৎপন্ন হয় প্রধান তিনটি বাণিজ্যিক এসিড  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$  ও  $H_3PO_4$ .

MAT: 18-19

**সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৪ :** সমস্যা ও সমাধান দক্ষতাভিত্তিক :

তিনটি মৌল A, B, C হলো যথাক্রমে ২য় পর্যায়ের ফ্র্য-15(5A); ৫ম পর্যায়ের ফ্র্য-14(4A) ও ৬ষ্ঠ পর্যায়ের ফ্র্য-2(2A) এর। এ তথ্য থেকে (ক) এদের সম্ভাব্য উচ্চ জারণ সংখ্যা বিশিষ্ট অক্সাইডের সংকেত লেখ। (খ) এদের কোনটি অধিক আয়নিক ও অধিক সমযোজী হবে? (গ) এদের অক্সাইডসমূহের মধ্যে কোনটি অন্নীয়, ক্ষারীয় ও নিরপেক্ষ অক্সাইড হবে?

**দক্ষতা (Strategy) :** (১) পর্যায় সারণিতে মৌলের অবস্থান থেকে প্রধানত ফ্র্যের মৌলের সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা ও এর অক্সাইডের সংকেত নির্ধারিত হয়। (২) মৌলের সৃষ্টি যৌগে আয়নিক বৈশিষ্ট্য পর্যায়ভিত্তিক বাম থেকে ডানদিকে এবং ফ্র্যভিত্তিক নিচের দিক থেকে ওপর দিকে হাস পেয়ে থাকে। (৩) স্বরণ কর, একইভাবে অক্সাইডের ক্ষার ধর্ম থেকে অম্ল ধর্মে পরিবর্তন পর্যায়গতভাবে বাম থেকে ডানদিকে এবং ফ্র্যভিত্তিক নিচের দিক থেকে ওপরদিকে ঘটে থাকে।

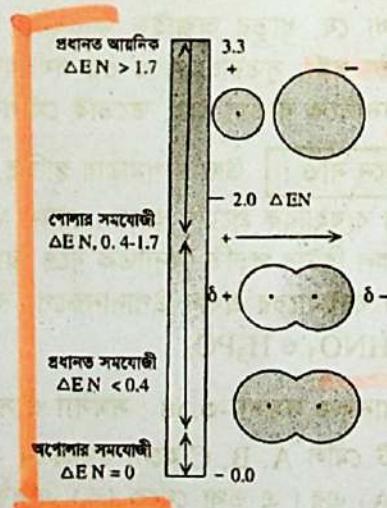
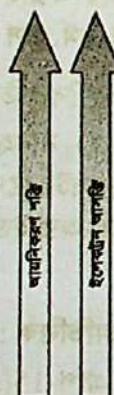
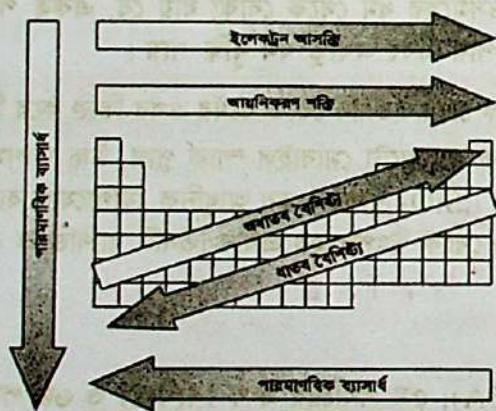
**সমাধান (Solution) :** (ক) উদ্দীপকের তথ্য মতে A, B, C মৌল তিনটি যথাক্রমে N, Sn ও Ba। এদের সর্বোচ্চ জারণ সংখ্যা যুক্ত অক্সাইডের সংকেত হলো  $N_2O_5$ ,  $SnO_2$  ও  $BaO$ ।

(খ)  $\text{BaO}$  হলো সবচেয়ে বেশি আয়নিক; কারণ  $\text{Ba}$  হলো পর্যায় সারণির বাম দিকের অন্যতম প্রধান গ্রুপ-2(2A) এর মৌল।  $\text{N}_2\text{O}_5$  হলো সবচেয়ে বেশি সমযোজী অক্সাইড কারণ,  $\text{N}$  হলো পর্যায় সারণির ডানদিকস্থ ওপরের মৌল।

(গ)  $\text{BaO}$  হলো ক্ষারধর্মী;  $\text{N}_2\text{O}_5$  হলো অমূর্ধর্মী এবং  $\text{SnO}_2$  হলো উভধর্মী অক্সাইড। লক্ষণীয় যে,  $\text{Sn}$  হলো প্রধান-গ্রুপ (main group) এর পাঁচটি মৌলের অন্যতম মৌল যারা উভধর্মী অক্সাইড গঠন করে। (যেমন,  $\text{BeO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{PbO}_2$ )

এক নজরে : মৌলসমূহের পর্যায়বৃত্ত ধর্মসমূহের সাথে পর্যায় ও গ্রুপের সম্পর্ক :

	পর্যায়বৃত্ত ধর্ম	পর্যায়গত প্রবণতা	গ্রুপ বা শ্রেণিগত প্রবণতা
১	পারমাণবিক ব্যাসার্ধ বা আকার	বাম থেকে ডান দিকে হাস	ওপর থেকে নিচের দিকে বৃদ্ধি
২	ধাতব ধর্ম	বাম থেকে ডান দিকে হাস	ওপর থেকে নিচের দিকে বৃদ্ধি
৩	অধাতব ধর্ম	বাম থেকে ডান দিকে বৃদ্ধি	ওপর থেকে নিচের দিকে হাস
৪	জারণ ক্ষমতা	বাম থেকে ডান দিকে বৃদ্ধি	ওপর থেকে নিচের দিকে হাস
৫	বিজ্ঞারণ ক্ষমতা	বাম থেকে ডান দিকে হাস	ওপর থেকে নিচের দিকে বৃদ্ধি
৬	যোজ্যতা	বাম থেকে ডান দিকে বৃদ্ধি	কোনো পরিবর্তন হয় না
৭	আয়নীকরণ শক্তি	বাম থেকে ডান দিকে বৃদ্ধি	ওপর থেকে নিচের দিকে হাস
৮	ইলেক্ট্রন আসক্তি	বাম থেকে ডান দিকে বৃদ্ধি	ওপর থেকে নিচের দিকে হাস
৯	তড়িৎ ঝণাঝকতা	বাম থেকে ডান দিকে বৃদ্ধি	ওপর থেকে নিচের দিকে হাস
১০	অক্সাইড যৌগের ক্ষারকীয় ধর্ম	বাম থেকে ডান দিকে হাস	ওপর থেকে নিচের দিকে বৃদ্ধি
১১	অক্সাইড যৌগের অমূর্ধ ধর্ম	বাম থেকে ডান দিকে বৃদ্ধি	ওপর থেকে নিচের দিকে হাস



শিক্ষার্থী নিজে সমাধান কর-৩.১০ : অক্সাইডের রাসায়নিক ধর্মভিত্তিক :

সমস্যা-৩.২৩ : নিচের বিভিন্নাসমূহের সমতাযুক্ত আয়নিক সমীকরণ লেখ :

- (ক) পানিতে কঠিন  $\text{Li}_2\text{O}$  এর দ্রবণ তৈরিকরণ। (খ) পানিতে  $\text{SO}_3$  গ্যাসের দ্রবীভূত হওয়া।  
 (গ) সবল এসিডে উভধর্মী  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  এর দ্রবীভূত হওয়া।  
 (ঘ) সবল ক্ষার দ্রবণে  $\text{Co}(\text{OH})_2$  এর বিক্রিয়ায়  $\text{Co}(\text{OH})_4^{2-}$  সৃষ্টিকরণ।  
 (ঙ)  $\text{ZnO}$  সবল ক্ষার দ্রবণ ও সবল এসিডে দ্রবীভূত হয় কেন ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২৪ : তৃতীয় পর্যায়ের মৌলগুলোর অক্সাইডের অমূর্ধ-ক্ষার ধর্ম আলোচনা কর।

[ঢ. বো. ২০১৫]

পরীক্ষা নং-(৩) : একটি টেস্টিউবে অগ্নি সোডিয়াম সালফাইট ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) গুঁড়া নিয়ে  $\text{HCl}$  এসিড যোগ করে গ্যাস ডেলিভারি নল কর্কযুক্ত করা হয়। নির্গত  $\text{SO}_2$  গ্যাসকে অপর একটি টেস্টিউবে নেয়া পানিতে চালনা করা হলো। এবার  $\text{SO}_2$  গ্যাসের জলীয় দ্রবণে লাল লিটমাস ও নীল লিটমাস পেপার যোগ করা হলো। উভয় লিটমাস লাল থাকে। এতে প্রমাণিত হয়  $\text{SO}_2$  গ্যাসের জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী। দ্রবণের pH মান 7 থেকে কম।  $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_3(\text{l})$   
সালফিউরাস এসিড

পরীক্ষা নং (৪) : পরীক্ষা নং-৩ এর মতো চূনাপাথর থেকে  $\text{CO}_2$  গ্যাস তৈরি করে এবং এর জলীয় দ্রবণে লাল লিটমাস ও নীল লিটমাস যোগ করে দেখা গেল উভয় লিটমাস লাল হয়। প্রমাণিত হলো  $\text{CO}_2$  এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী। দ্রবণের pH মান 7 থেকে কম।  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \longrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3(\text{l})$  [কার্বনিক এসিড]

সারণি-৩.৬ : পরীক্ষা, পর্যবেক্ষণ ডাটার চার্ট ও সিদ্ধান্ত

পরীক্ষার ক্রমিক	অক্সাইডের দ্রবণ	লাল লিটমাস দ্রবণসহ বর্ণ	নীল লিটমাস দ্রবণসহ বর্ণ	সিদ্ধান্ত
(১) নং পরীক্ষা :	$\text{CaO}$ এর দ্রবণ	নীল	নীল	$\text{CaO}$ এর দ্রবণ ক্ষারধর্মী; pH মান 7 থেকে বেশি।
(২) নং পরীক্ষা :	$\text{BaO}$ এর দ্রবণ	নীল	নীল	$\text{BaO}$ এর দ্রবণ ক্ষারধর্মী; pH মান 7 থেকে বেশি।
(৩) নং পরীক্ষা :	$\text{SO}_2$ এর দ্রবণ	লাল	লাল	$\text{SO}_2$ এর দ্রবণ অম্লধর্মী; pH মান 7 থেকে কম।
(৪) নং পরীক্ষা :	$\text{CO}_2$ এর দ্রবণ	লাল	লাল	$\text{CO}_2$ এর দ্রবণ অম্লধর্মী; pH মান 7 থেকে কম।

### ৩.৭ মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্ম ও রাসায়নিক বন্ধনের সম্পর্ক

#### Relation between Periodic Properties and Bond Formation

মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্মের সাথে রাসায়নিক বন্ধন গঠনের সম্পর্ক বলতে s-ব্লক মৌল ও p-ব্লক মৌলসমূহের যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাসভিত্তিক রাসায়নিক বন্ধনের অষ্টক তত্ত্ব মতে আয়নিক যোগ ও সমযোজী অণু গঠন সম্বন্ধে বোঝা যায়। এর সাথে আয়নীকরণ শক্তি ও ইলেকট্রন আসক্তি—মৌলের এ দুটি পর্যায়ভিত্তিক ধর্ম জড়িত আছে।

রাসায়নিক বন্ধন : রাসায়নিক বন্ধন হলো পরমাণুসমূহের মধ্যে ইলেকট্রন ত্যাগ ও প্রহণ অথবা শেয়ার করার মাধ্যমে নিকটস্থ নিক্রিয় গ্যাসের মতো অধিক স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে অণু গঠন করা।

পরমাণুর সর্ববহিস্থ শক্তিস্তরের অর্থাৎ যোজ্যতা স্তরের ইলেকট্রন সংখ্যা মৌলটির পর্যায়বৃত্ত ধর্ম প্রকাশ করে। তাই মৌলের রাসায়নিক বন্ধন গঠন মৌলের পর্যায়বৃত্ত ধর্মের সাথে সম্পর্কযুক্ত। রাসায়নিক বন্ধনের অষ্টক তত্ত্ব মতে আয়নিক বন্ধন বা, তড়িৎযোজী বন্ধন ও সমযোজী বন্ধন ব্যাখ্যা করা হয়।

(ধাতু + অধাতু)  $\rightarrow$  আয়নিক বন্ধন; (অধাতু + অধাতু)  $\rightarrow$  সমযোজী বন্ধন MAT : 19-20

আয়নিক বন্ধন : ধাতু ও অধাতু পরমাণুর যোজ্যতাস্তরে ইলেকট্রন প্রদান ও প্রহণের মাধ্যমে নিকটস্থ নিক্রিয় তড়িৎযোজী বন্ধন বা, আয়নিক বন্ধন গঠন করে। যেমন,

আয়নিক বন্ধন গঠনে প্রক্রিয়া সম্পর্ক : পর্যায় সারণির গ্রুপ-1 ও গ্রুপ-2 এর যথাক্রমে ক্ষার ধাতু ও মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের যোজ্যতা স্তরে যথাক্রমে  $ns^1$  ও  $ns^2$  ইলেকট্রন আছে। অপরদিকে গ্রুপ-17 ও গ্রুপ-16 এর মৌলসমূহে যোজ্যতা স্তরে যথাক্রমে  $ns^2 np^5$  এবং  $ns^2 np^4$  ইলেকট্রনসমূহ আছে।

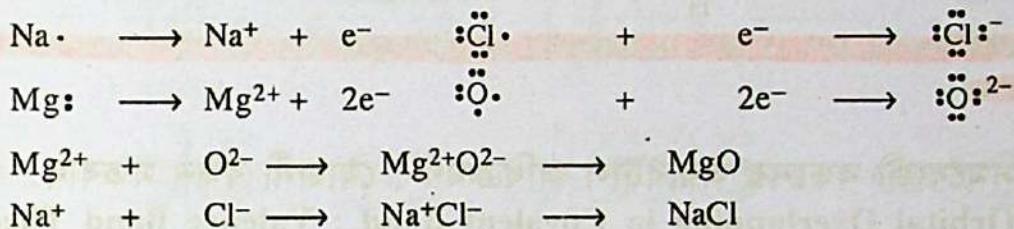
আবার গ্রুপ-1 এর ক্ষার ধাতুসমূহের আয়নীকরণ শক্তি সবচেয়ে কম অর্থাৎ এদের ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা সবচেয়ে বেশি এবং গ্রুপ-17 এর হ্যালোজেনসমূহের ইলেকট্রন আসক্তি অর্থাৎ এদের ইলেকট্রন প্রহণের প্রবণতা সবচেয়ে বেশি।

এতে বোঝা যায়, গ্রুপ-১ এর ধাতুসমূহ এদের  $ns^1$  ইলেকট্রন সহজেই ত্যাগ করে  $M^+$  আয়ন সৃষ্টি করতে পারে এবং সেই ত্যাগ করা ইলেকট্রন গ্রুপ-১৭ এর মৌল গ্রহণ করে  $X^-$  আয়নে পরিণত হতে পারে।

যেমন, লুইস প্রতীকের মাধ্যমে সোডিয়াম পরমাণু ( $Na\cdot$ ) ও ক্লোরিন পরমাণু ( $:Cl\cdot$ ) ইলেকট্রন ত্যাগ ও গ্রহণের মাধ্যমে নিম্নরূপে  $NaCl$  অণু গঠিত হয়।



অনুরূপভাবে গ্রুপ-২ এর মৌল  $ns^2$  ইলেকট্রনবৰ্ষ ত্যাগ করে  $M^{2+}$  আয়ন সৃষ্টি করতে সক্ষম। গ্রুপ-১৬ এর মৌলসমূহ দুটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে  $X^{2-}$  আয়নে পরিণত হতে পারে। এক্ষেত্রে প্রত্যেক  $M^+$ ,  $M^{2+}$ ,  $X^-$  ও  $X^{2-}$  আয়নসমূহ এদের নিকটস্থ নিক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর মতো ইলেকট্রন বিন্যাসে অষ্টক পূর্ণ করেছে। শেষে ধনাত্মক আয়ন ও ঋণাত্মক আয়নসমূহ চার্জ সংখ্যা মতে যুক্ত হয়ে  $MX$ ,  $MX_2$  ইত্যাদি আয়নিক ঘোগ গঠন করতে পারে।



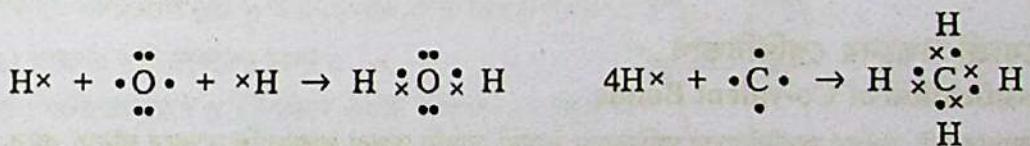
**বৈশিষ্ট্য :** (১) একই গ্রুপে যতো নিচের দিকে পারমাণবিক সংখ্যা মতে যাওয়া যায়, এসব মৌলের সৃষ্টি আয়নের আকার ততোই বৃদ্ধি পায়। আয়নিক আকার যতোই বৃদ্ধি পায়, সৃষ্টি আয়নিক বন্ধন ততোই দুর্বল হয়।

(২) 'Like dissolves like' নিয়ম মতে আয়নিক ঘোগগুলো পোলার পানিতে দ্রবীভূত হয়। কিন্তু বিশুদ্ধ সমযোজী ঘোগ অণুতে কোনো পোল (pole) বা ধনাত্মক ও ঋণাত্মক মেরু সৃষ্টি হয় না বলে এরা পানিতে অদ্বণীয়। এরা অপোলার জৈব দ্রাবক বেনজিন ও কেরোসিনে দ্রবণীয়। যেমন কেরোসিন নামক হাইড্রোকার্বন ( $C_{11}H_{24}$ ) পানিতে অদ্বণীয়।

(৩) ধাতুর পরমাণুসমূহ ১টি বা ২টি বা ৩টি ইলেকট্রন ত্যাগ করতে যে আয়নীকরণ শক্তির প্রয়োজন হয়; এর চেয়ে বেশি ৪টি ইলেকট্রন ত্যাগ করার প্রয়োজনীয় শক্তি পরিবেশ থেকে পাওয়া দুর্ক হ। তাই অনেক মৌল ইলেকট্রন শেয়ার করে নিকটস্থ নিক্রিয় গ্যাসের স্থায়ী ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে বন্ধনে আবদ্ধ হয়; এরপ বন্ধনকে সমযোজী বন্ধন বলে। যেমন,

**সমযোজী বন্ধন :** অধাতব পরমাণুসমূহ ইলেকট্রন যুগল শেয়ারের মাধ্যমে সমযোজী অণু গঠন করে। রাসায়নিক পরিবেশে অধাতব পরমাণুসমূহ প্রত্যেকে সমসংখ্যক ইলেকট্রন ঘোগান দিয়ে প্রথমে 'ইলেকট্রন-যুগল' গঠন করে এবং পরে ঐ 'ইলেকট্রন-যুগল' উভয় পরমাণু 'শেয়ার করে' নিকটস্থ নিক্রিয় মৌলের মতো ইলেকট্রন বিন্যাস লাভ করে বন্ধনে আবদ্ধ হয়; এরপ বন্ধনকে সমযোজী বন্ধন বলে। যেমন,

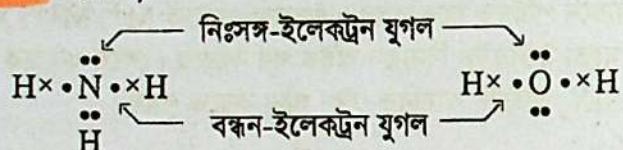
H পরমাণু ও O পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রন যুগল গঠন ও শেয়ার করার মাধ্যমে সমযোজী পানি ( $H_2O$ ) অণু গঠন এবং কার্বন (C) পরমাণু ও H পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রন যুগল শেয়ার করে সমযোজী মিথেন ( $CH_4$ ) অণু গঠন 'লুইস-প্রতীক'-এর মাধ্যমে নিচে দেখানো হলো :



লক্ষ্যণীয়, কোনো কোনো সমযোজী অণুতে 'লুইস প্রতীকে' অষ্টক তত্ত্ব মতে কেন্দ্রীয় পরমাণুর প্রতীকের চার পার্শ্বে 'বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল' (bond pair-electrons) ও 'নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল' (Lone pair-electrons) উভয়ই থাকে। আবার কোনো সমযোজী অণুতে কেবল বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল থাকে; নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল থাকে না। যেমন  $H_2O$  অণুতে O পরমাণুর ওপর ও নিচে দুটি নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল এবং দু'পার্শে দুটি বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল আছে। কিন্তু  $CH_4$  অণুতে চারটি বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল আছে; কোনো নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল নেই।

**বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল :** সমযোজী অণুতে যে ইলেকট্রন-যুগল দুটি পরমাণুকে আবদ্ধ রাখে এবং ঐ ইলেকট্রন-যুগল উভয় পরমাণুর নিউক্লিয়াস দ্বারা আকৃষ্ট থাকে, সে ইলেকট্রন যুগলকে বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল বলে। যেমন পানি ( $H_2O$ ) অণুতে দুটি করে বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল আছে এবং  $CH_4$  অণুতে চারটি বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল আছে।

**নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল :** সমযোজী অণুতে যে ইলেকট্রন যুগল কেবল কেন্দ্রীয় পরমাণুর নিউক্লিয়াস দ্বারা আকৃষ্ট থাকে এবং ইলেকট্রনের অক্টেট-সেট গণনায় ভূমিকা রাখে, সে ইলেকট্রন যুগলকে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল বলে। যেমন পানি ( $H_2O$ ) অণুর মধ্যে কেন্দ্রস্থ O-পরমাণুতে দুটি নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল আছে। আর্মেনিয়া ( $NH_3$ ) অণুর N-পরমাণুতে একটি নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল থাকে। যেমন,



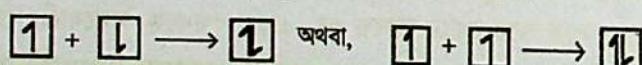
সাধারণত গ্রুপ-14, গ্রুপ-15, গ্রুপ-16 ও গ্রুপ-17 এর মৌলসমূহের মধ্যে ইলেকট্রন শেয়ার করার মাধ্যমে সমযোজী বন্ধন গঠিত হয়।

### ৩.৮ সমযোজী বন্ধনের অরবিটাল অধিক্রমণ : যোজনী বন্ধন মতবাদ

#### Orbital Overlapping in Covalent Bond : Valence Bond Theory

\* অরবিটালের অধিক্রমণ বলতে দুটি পরমাণুর দুটি অরবিটালের পারস্পরিক উপরিস্থাপনকে বোঝায়। পরমাণুর সর্ববহিস্থ শক্তিরের মোট অর্ধপূর্ণ অরবিটাল (বা বিজোড় ইলেকট্রন) সংখ্যা ঐ মৌলের যোজন অরবিটাল সংখ্যা প্রকাশ করে। যেমন— উদীপিত কার্বন পরমাণু (\*C) এর চারটি অর্ধপূর্ণ অরবিটাল আছে। \*C (6) =  $1s^2 [2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1]$

\* দুটি পরমাণুর একটি করে অর্ধপূর্ণ যোজন অরবিটাল পরম্পর অধিক্রমণের ফলে একটি সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি হয়। এক্ষেত্রে দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটাল বিপরীত স্পিনযুক্ত হতে হয়। উল্লেখ্য একই অরবিটালে প্রবেশের জন্য দুটি ইলেকট্রনের স্পিন প্রয়োজনে পুনর্বিন্যাস করে বিপরীত স্পিনযুক্ত হতে হয়; নতুন অধিক্রমণ ঘটে না।



\* অরবিটালের অধিক্রমণ উভয় অরবিটালের অক্ষ বরাবর হতে হবে। অরবিটালদ্বয়ের অধিক্রমণের পরিমাণ যতো বেশ হবে সৃষ্টি বন্ধনের শক্তি ততো বেশি হবে। উভয় অরবিটালের অধিক্রমণের ফলে পরমাণু দুটির নিউক্লিয়াসের মাঝামাঝি স্থানে ইলেকট্রন মেঘের সাধারণ ঘনত্ববিশিষ্ট একটি ক্ষেত্র সৃষ্টি হয়; এটাকে আণবিক অরবিটাল বলা হয়।

\* আণবিক অরবিটালে উভয় পরমাণুর নিট আকর্ষণ শক্তি সবচেয়ে বেশি অর্থাৎ স্থিতিশক্তি সবচেয়ে কম হয়। পরমাণুর পারমাণবিক অরবিটাল যে শক্তিযুক্ত থাকে সৃষ্টি আণবিক অরবিটালের শক্তি যদি তার চেয়ে কম হয়, তবেই স্থিতিশীল সমযোজী বন্ধন গঠিত হয়।

#### ৩.৮.১ সমযোজী বন্ধনের শ্রেণিবিভাগ

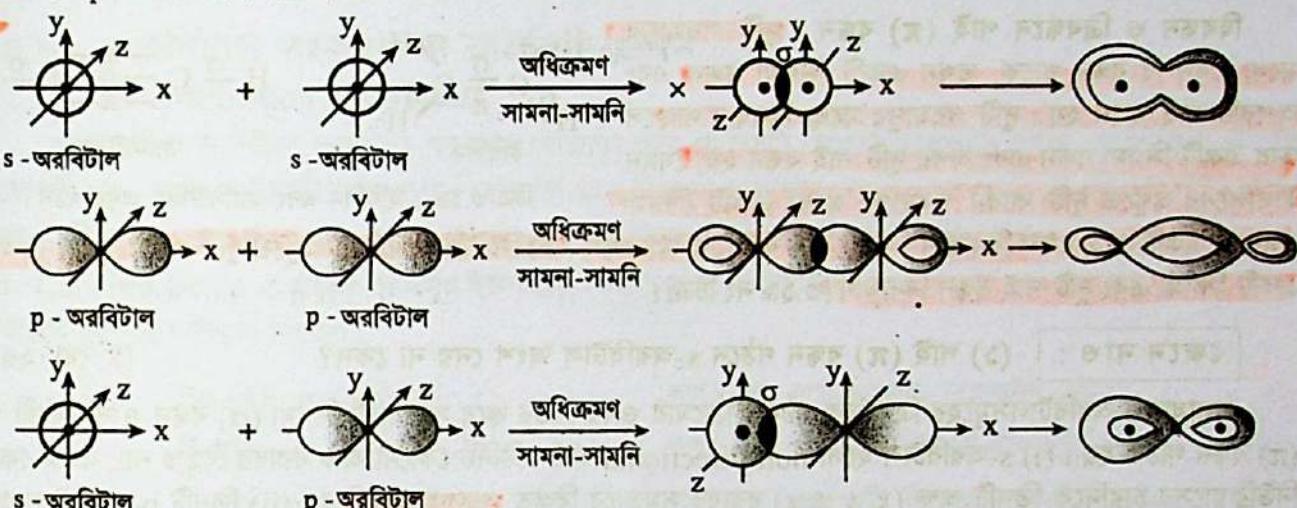
##### Classification of Co-valent Bonds

I \* দুটি পরমাণুর দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটালের অধিক্রমণ সামনা-সামনি অথবা পাশাপাশি দু'ভাবে ঘটতে পারে। দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটালের মধ্যে সামনা-সামনি অধিক্রমণ ঘটলে তাদের অক্ষ বরাবর সর্বাধিক ইলেকট্রন ঘনত্ববিশিষ্ট বন্ধন সৃষ্টি হয়, একে সিগ্মা ( $\sigma$ ) বন্ধন বলা হয়। অপরদিকে দুটি পরমাণুর মধ্যে সিগ্মা বন্ধন গঠনের পর উভয় পরমাণুর দুটি সমান্তরাল অর্ধপূর্ণ p অরবিটালের পাশাপাশি অধিক্রমণ ঘটলে সৃষ্টি বন্ধনে ইলেকট্রনের ঘনত্ব কম থাকে, একে পাই ( $\pi$ ) বন্ধন বলে। যেহেতু দুটি পরমাণুর একটি করে অর্ধপূর্ণ যোজন অরবিটাল পরস্পর অধিক্রমণের ফলে একটি সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি হয়; সেহেতু সিগ্মা বন্ধন ও পাই বন্ধন উভয়েই মূলত সমযোজী বন্ধন।

(ক) সিগমা ( $\sigma$ ) বন্ধন (Sigma bond) : সমযোজী বন্ধন সৃষ্টির সময় যখন দুটি পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটালের পরম্পরের সাথে সামনাসামনি অধিক্রমণ ঘটে, তখন উৎপন্ন বন্ধনকে সিগমা ( $\sigma$ ) বন্ধন বলা হয়। দুটি s অরবিটাল (s-s), একটি s ও একটি p অরবিটাল (s-p) এবং দুটি p অরবিটালের (p-p) সামনাসামনি অধিক্রমণের ফলে  $\sigma$  বন্ধনের সৃষ্টি হতে পারে। ৩.১৬ নং চিত্রে বিভিন্ন অরবিটালের অধিক্রমণ দেখানো হলো।

সিগমা বন্ধনের বৈশিষ্ট্য : (১) বিশুদ্ধ s ও p অরবিটাল সিগমা ( $\sigma$ ) বন্ধন গঠন করে। এ ছাড়া বিভিন্ন ধরনের সংকর অরবিটালও  $\sigma$  বন্ধন সৃষ্টিতে অংশগ্রহণ করে থাকে। (২) দুটি পরমাণুর দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটালের সামনাসামনি অধিক্রমণ দ্বারা সিগমা বন্ধন গঠিত হয়। (৩) সিগমা বন্ধনে আবন্ধ উভয় পরমাণু সিগমা বন্ধনের অক্ষ বরাবর ঘূর্ণন করতে পারে।

উদাহরণ : তিনটি চিত্রে  $H_2$  অণু গঠনে s-s সিগমা ( $\sigma$ ) বন্ধন,  $F_2$  অণু গঠনে p-p সিগমা ( $\sigma$ ) বন্ধন ও  $HCl$  অণু গঠনে s-p সিগমা বন্ধন থাকে।

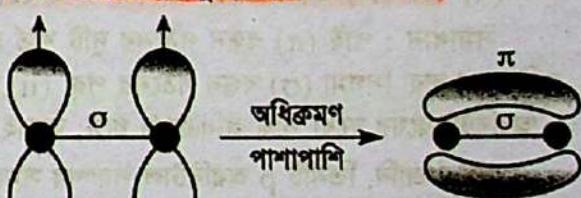


চিত্র-৩.১৬ : সিগমা ( $\sigma$ ) বন্ধন সৃষ্টি।

(খ) পাই ( $\pi$ ) বন্ধন (Pi,  $\pi$ -bond) : দুটি পরমাণুর মধ্যে একটি সিগমা বন্ধন গঠনের পর উভয় পরমাণুর প্রত্যেকটি হতে একটি করে দুটি সমান্তরাল অর্ধপূর্ণ p অরবিটালের পার্শ্ব অধিক্রমণের ফলে সৃষ্টি বন্ধনকে পাই ( $\pi$ ) বন্ধন বলা হয়।

পাই ( $\pi$ ) বন্ধনের বৈশিষ্ট্য : (১) সিগমা ( $\sigma$ ) বন্ধন ছাড়া পাই ( $\pi$ ) বন্ধন গঠিত হয় না। (২) s অরবিটাল ও সংকর অরবিটাল পাই ( $\pi$ ) বন্ধন গঠন করতে পারে না; কারণ এরা পরম্পর একক অক্ষ বরাবর লম্বভাবে থাকে না। (৩) সর্বোচ্চ ২টি পাই ( $\pi$ ) বন্ধন গঠন সম্ভব; কারণ কার্টেসিয়ান (cartesian) জ্যামিতি মতে লম্বভাবে X, Y, Z তিনটি অক্ষ সম্ভব। সিগমা বন্ধন গঠনে দুটি পরমাণুর X-X অক্ষ বরাবর অরবিটাল ব্যবহৃত হলে তখন উভয়ের বেলায় পরম্পর লম্বভাবে থাকা দুটি অক্ষ (Y ও Z) অবশিষ্ট থাকে। (৪) পাই বন্ধনে আবন্ধ পরমাণুদ্বয়ের একটিকে স্থির রেখে অপরটির বন্ধন বরাবর ঘূর্ণন সম্ভব নয়। তাই এক্ষেত্রে জ্যামিতিক সমান্তরাল উদ্ভব ঘটে। (৫) পাই ( $\pi$ ) বন্ধন সিগমা বন্ধন থেকে দুর্বল হয়।

পার্শ্বের ৩.১৭ নং চিত্রে দুটি পরমাণুর মধ্যে সিগমা বন্ধন গঠনের পর উভয় পরমাণুর সমান্তরাল দুটি p অরবিটালের পার্শ্ব অধিক্রমণের ফলে পাই ( $\pi$ ) বন্ধনের সৃষ্টি দেখানো হলো।



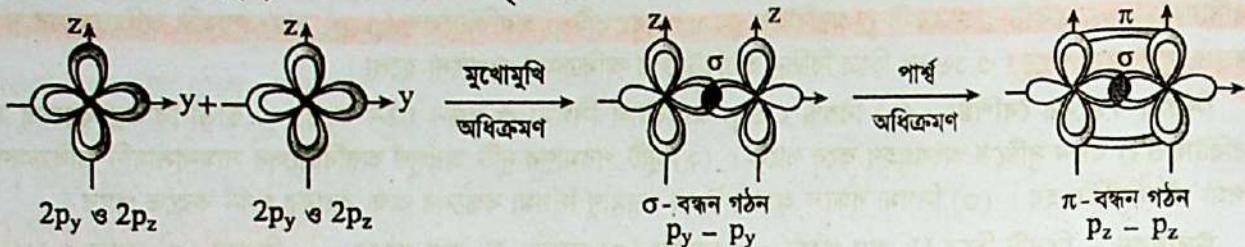
উদাহরণ : অক্সিজেন অণু ( $O_2$ ) গঠনে একটি সিগমা ( $\sigma$ ) বন্ধন ও একটি পাই ( $\pi$ ) বন্ধন সৃষ্টি হয়। আমরা জানি,  $O(8) \rightarrow 1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ । অর্থাৎ দুটি অক্সিজেন পরমাণুর প্রত্যেকের যোজ্যতা স্তরে দুটি করে অর্ধপূর্ণ  $2p_y^1$  ও  $2p_z^1$  অরবিটাল আছে।

২টি p - অরবিটাল

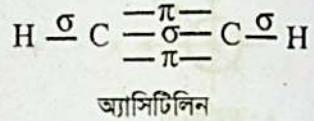
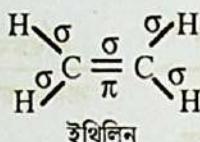
প্রথমে তাদের মধ্যে একটি করে অরবিটাল যেমন,  $2p_y^1 - 2p_y^1$  অরবিটাল মুখোমুখি অধিক্রমণ করে সিগমা বন্ধন গঠন করে। তখন প্রত্যেক পরমাণুর অবশিষ্ট  $2p_z^1$  অরবিটাল পরম্পর সমান্তরালভাবে থাকে। পরে এ দুটি  $2p_z^1$  অরবিটাল

চিত্র-৩.১৭ : পাই ( $\pi$ ) বন্ধন সৃষ্টি।

পাশাপাশি অধিক্রমণ করে পাই ( $\pi$ ) বন্ধন দ্বারা ত্রিবন্ধন সৃষ্টি করে। তাই অক্সিজেন অণুতে দুটি পরমাণুর মধ্যে একটি সিগমা ( $\sigma$ ) বন্ধন ও একটি পাই ( $\pi$ ) বন্ধন দ্বারা ত্রিবন্ধন সৃষ্টি হয়।

চিত্র-৩.১৮ : অক্সিজেন অণু গঠনে  $\sigma$  ও  $\pi$  বন্ধন।

**বিবন্ধন ও ত্রিবন্ধনে পাই ( $\pi$ ) বন্ধন :** দুটি পরমাণুর মধ্যে যখন দ্বি-বন্ধন থাকে, তখন একটি সিগমা বন্ধন এবং অপরটি পাই বন্ধন হয়। দুটি পরমাণুর মধ্যে ত্রিবন্ধন থাকলে তার একটি সিগমা বন্ধন এবং অপর দুটি পাই বন্ধন হয়; যেমন ইথিলিনের অণুতে দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে একটি সিগমা বন্ধন ও একটি পাই বন্ধন বিদ্যমান। সব C-H বন্ধন সিগমা বন্ধন। অ্যাসিটিলিন ঘোগের অণুতে দুটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে একটি সিগমা এবং দুটি পাই বন্ধন বিদ্যমান [৩.১৯ নং চিত্র]।



চিত্র-৩.১৯ : ইথিলিন এবং অ্যাসিটিলিন অণুর গঠন।

**জেনে নাও :** (১) পাই ( $\pi$ ) বন্ধন গঠনে  $s$ -অরবিটাল অংশ নেয় না কেন? [চ. বো. ২০১৯]

**সমাধান :** অরবিটালসমূহের ত্রিমাত্রিক গঠন কাঠামোর ওপর নির্ভর করে সমযোজী সিগমা ( $\sigma$ ) বন্ধন ও সমযোজী পাই ( $\pi$ ) বন্ধন গঠিত হয়। (i)  $s$ -অরবিটাল হলো non-directional অর্থাৎ নির্দিষ্ট কোনো অক্ষ বরাবর বিস্তৃত নয়; বরঞ্চ কেন্দ্রস্থ নিউক্লিয়াসের চারদিকে তিনটি অক্ষ ( $x$ ,  $y$  ও  $z$ ) বরাবর সমভাবে বিস্তৃত গোলক আকৃতি। (ii) তিনটি  $p$ -অরবিটাল হলো পৃথক তিনটি অক্ষ  $x$ ,  $y$ ,  $z$  বরাবর পরম্পরাগতভাবে থাকা ডাম্বেল আকৃতির অর্থাৎ directional যেমন  $p_x$ ,  $p_y$ ,  $p_z$ ।

**পাই ( $\pi$ ) বন্ধন গঠনের দুটি শর্ত হলো—** (i) অধাতব দুটি পরমাণুর মধ্যে একই অক্ষ বরাবর দুটি অর্ধপূর্ণ অরবিটালের মুখোমুখি অধিক্রমণ দ্বারা ১টি সিগমা ( $\sigma$ ) বন্ধন গঠনের পর উভয় পরমাণুতে সমান্তরাল দুটি অর্ধপূর্ণ ও বিশুদ্ধ  $p$  অরবিটাল থাকতে হয়। (ii) সিগমা ( $\sigma$ ) বন্ধনে আবদ্ধ উভয় পরমাণুর নিউক্লিয়াসের অক্ষের ওপর লম্বভাবে থাকা অর্ধপূর্ণ  $p$  অরবিটালের মধ্যে পার্শ্ব অধিক্রমণ ঘটলে তখন পাই ( $\pi$ ) বন্ধন গঠিত হয়।

এক্ষেত্রে দুটি পরমাণুর দুটি অর্ধপূর্ণ  $s$  অরবিটাল দ্বারা একটি সিগমা ( $\sigma$ ) বন্ধন গঠনের পর উভয় নিউক্লিয়াসের অক্ষের ওপর লম্বভাবে এবং পরম্পরাগতভাবে অর্ধপূর্ণ  $s$  অরবিটাল থাকা সম্ভব নয়। তাই পাই ( $\pi$ ) বন্ধন গঠনে  $s$  অরবিটালের অংশ গ্রহণ আদৌও সম্ভব নয়।

**(২) পাই ( $\pi$ ) বন্ধন গঠনে সংকর বা হাইব্রিড অরবিটাল অংশ নেয় না কেন?**

[দি. বো. ২০১৯]

**সমাধান :** পাই ( $\pi$ ) বন্ধন গঠনের দুটি শর্ত হলো— (i) দুটি অধাতব পরমাণুর অর্ধপূর্ণ অরবিটালদ্বয়ের অক্ষ বরাবর অধিক্রমণ দ্বারা সিগমা ( $\sigma$ ) বন্ধন গঠনের পর; (ii) যখন উভয় পরমাণুতে দুটি সমান্তরাল অর্ধপূর্ণ  $p$  অরবিটাল থাকে এবং ঐ  $p$  অরবিটালদ্বয়ের মধ্যে পার্শ্ব অধিক্রমণ ঘটে, তবেই পাই ( $\pi$ ) বন্ধন সৃষ্টি হয়।

আমরা জানি, তিনটি  $p$  অরবিটাল পরম্পরাগতভাবে থাকে। অপরদিকে কোনো পরমাণুতে  $s$  অরবিটাল ও  $p$ -অরবিটালের মধ্যে সংকরণ ঘটলে, তখন সৃষ্টি সংকর অরবিটালসমূহ পরম্পরাগতভাবে থাকে না; বরঞ্চ ভিন্ন কৌণিক দূরত্বসহ নতুন জ্যামিতিক গঠন লাভ করে। যেমন  $C$  পরমাণুর  $sp^3$  সংকরণে সৃষ্টি চারটি সংকর অরবিটাল পরম্পরাগতভাবে থাকে। তাই  $sp^3$  সংকরিত দুটি  $C$  পরমাণুর মধ্যে একটি সিগমা বন্ধন গঠনের পর প্রত্যেক  $C$  পরমাণুতে তিনটি করে সংকর অরবিটাল অবশিষ্ট থাকে। উভয়  $C$  পরমাণুর এ সব সংকর অরবিটাল পরম্পরাগতভাবে থাকায় কোনো অরবিটালের মধ্যে পার্শ্ব অধিক্রমণ ঘটে না অর্থাৎ সংকর অরবিটাল দ্বারা পাই ( $\pi$ ) বন্ধন গঠন সম্ভব হয় না।

শিক্ষার্থীর কাজ-৩.১১ : রাসায়নিক বন্ধনভিত্তিক :

সমস্যা-৩.২৫(ক) : সময়োজী বন্ধন কী?

(খ) ব্যাখ্যা কর : (১) বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল, (২) নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল।

(গ) সিগমা বন্ধন কী?

(ঘ) সিগমা বন্ধন মূলত সময়োজী বন্ধন; ব্যাখ্যা কর।

(ঙ) পাই বন্ধন কাকে বলে; ব্যাখ্যা কর।

(চ) সিগমা বন্ধন অপেক্ষা পাই বন্ধন দুর্বল হয় কেন?

(ছ) একটি  $p_y$  ও একটি  $p_z$  অরবিটালের মধ্যে পাই বন্ধন গঠন সম্ভব কীনা ব্যাখ্যা কর।

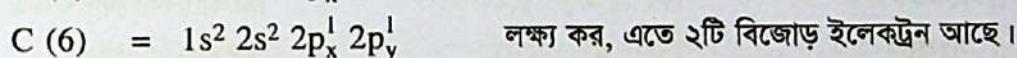
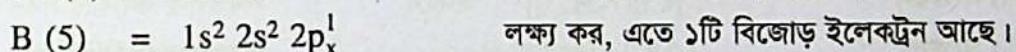
[ঢ. বো. ২০১৭; চ. বো. ২০১৫]

[রা.. বো. ২০১৬]

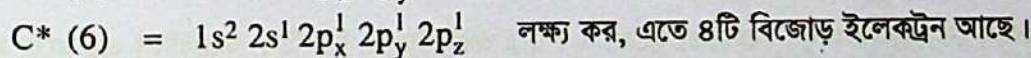
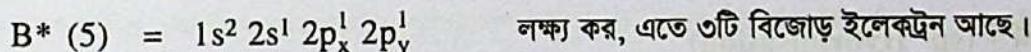
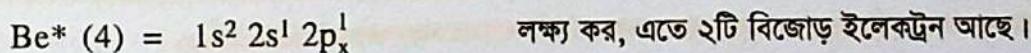
### ৩.৯ অরবিটাল সংকরণ বা হাইব্রিডিজেশন

#### Hybridisation of Orbitals

পারমাণবিক অরবিটাল তত্ত্ব মতে পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে যে কয়টি বিজোড় ইলেকট্রন থাকে, সে সংখ্যাই ঐ মৌলের যোজনী হয়। অর্থাৎ সময়োজী বন্ধন গঠনে যোজ্যতা স্তরে বিজোড় ইলেকট্রন থাকে। যেমন H, C<sub>1</sub> এর প্রত্যেকের যোজ্যতা স্তরে ১টি করে বিজোড় ইলেকট্রন আছে; O পরমাণুর ২টি বিজোড় ইলেকট্রন আছে। তাই H, C<sub>1</sub>, O এর যোজনী যথাক্রমে 1, 1, 2। কিন্তু Be, B, C প্রভৃতি পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসের সাথে তাদের প্রকৃত যোজনী সংখ্যার ব্যাখ্যা পাওয়া যায় না। তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ :



কিন্তু বাস্তবে  $\text{BeCl}_2$ ,  $\text{BCl}_3$ ,  $\text{CH}_4$  প্রভৃতি যৌগে Be, B, C এর যোজনী যথাক্রমে 2, 3, 4 হয়েছে। এর ব্যাখ্যায় বিজ্ঞানীরা বলেন, বিক্রিয়াকালে পরমাণুসমূহ প্রয়োজনীয় শক্তি পেয়ে উদ্বিগ্নিত হওয়ার কালে তাদের যোজ্যতা স্তরের জোড়বন্ধ 2s<sup>2</sup> ইলেকট্রন বিজোড় হয়ে একই শক্তিস্তরের পৃথক 2p অরবিটালে স্থানান্তরিত হয়। ফলে বিজোড় অরবিটাল গঠন করে। উদ্বিগ্নিত অবস্থায় তাদের ইলেকট্রন বিন্যাস নিম্নরূপ :



এরপ ব্যাখ্যায় Be, B, C এর যোজনী সংখ্যা 2, 3, 4 হওয়ার ব্যাখ্যা মিলে। কিন্তু তাদের 2s<sup>1</sup>, 2p<sub>x</sub><sup>1</sup>, 2p<sub>y</sub><sup>1</sup>, 2p<sub>z</sub><sup>1</sup> অরবিটালের ইলেকট্রন দ্বারা গঠিত অণুতে প্রত্যেক সময়োজী বন্ধন শক্তি এবং বন্ধন কোণ সমান হতে পারে না। পরীক্ষালক্ষ তথ্য মতে  $\text{CH}_4$  অণুতে চারটি C-H সময়োজী বন্ধনই সমশক্তিসম্পন্ন ( $415 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) এবং চারটি বন্ধন কোণ পরম্পর সমান ( $109^\circ 28'$ )।

প্রচলিত অরবিটাল তত্ত্ব ও পরীক্ষালক্ষ ফলাফলের মধ্যে এ পার্থক্য নিরসন করে এবং পরমাণুর বন্ধন গঠনের প্রবণতা, স্টেট যৌগ অণুর আকৃতি ও বন্ধন শক্তি ব্যাখ্যার উপযুক্ত করে 1931 খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী লিনাস পলিং অরবিটাল সংকরণ বা হাইব্রিডিজেশন মতবাদ প্রদান করেন।

অরবিটাল সংকরণের সংজ্ঞা : বিক্রিয়াকালে কোনো পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের বিভিন্ন শক্তির অরবিটালসমূহ পরম্পরের সাথে মিশ্রিত হয়ে পরে সমশক্তির অরবিটাল সৃষ্টির প্রক্রিয়াকে অরবিটালসমূহের সংকরণ বা হাইব্রিডিজেশন বলা হয়। সংকরণ প্রক্রিয়ায় সৃষ্টি অরবিটালসমূহকে সংকর অরবিটাল (hybrid orbitals) বলা হয়।

\* অরবিটাল সংকরণ মতবাদের সারসংক্ষেপ হলো নিম্নরূপ :

- (১) শুধুমাত্র একক বিচ্ছিন্ন পরমাণুর অরবিটালের সংকরণ ঘটতে পারে।
- (২) একই শক্তিস্তরের প্রায় সমশক্তিসম্পন্ন অরবিটালসমূহ সংকরণে অংশ গ্রহণ করে।
- (৩) সংকরণে যতগুলো অরবিটাল অংশগ্রহণ করে, ঠিক ততটি সমশক্তির সংকর অরবিটাল সৃষ্টি হয়। (এটি সমশক্তি বদ্ধন সৃষ্টি ব্যাখ্যা দেয়।)
- (৪) সংকরণের ফলে সৃষ্টি অরবিটালসমূহের শক্তি সমান হওয়ায় তারা পরম্পরাকে বিকর্ষণ করে সমান কৌণিক দূরত্ব সৃষ্টি করে। ফলে তাদের দিক নির্দেশনা বিভিন্ন হয়।
- (৫) সংকরণের প্রকৃতি থেকে অণুর আকৃতি ও অণুর মধ্যকার বন্ধন কোণ সম্পর্কে ধারণা করা সম্ভব।
- (৬) প্রায় সমানবিক অরবিটালের মতো সংকর অরবিটালেও সর্বাধিক দূটো ইলেকট্রন থাকতে পারে।
- (৭) সংকর অরবিটালসমূহ বিশুদ্ধ প্রায় সমানবিক অরবিটাল অপেক্ষা ভিন্ন পরমাণুর অরবিটালসমূহের সাথে অধিকতরভাবে অধিক্রমণ হতে পারে। ফলে সংকর অরবিটালসমূহ থেকে সৃষ্টি বন্ধনসমূহ অধিকতর শক্তিশালী হয়।
- (৮) অরবিটালের সংকরণ ঘটে; ইলেকট্রনের নয়। প্রত্যেক সংকর অরবিটালেও বিপরীত স্পিনের দুটি করে ইলেকট্রন থাকে।

### ৩.৯.১ সংকর অরবিটালের প্রকারভেদ

#### Different Types of Hybrid Orbitals

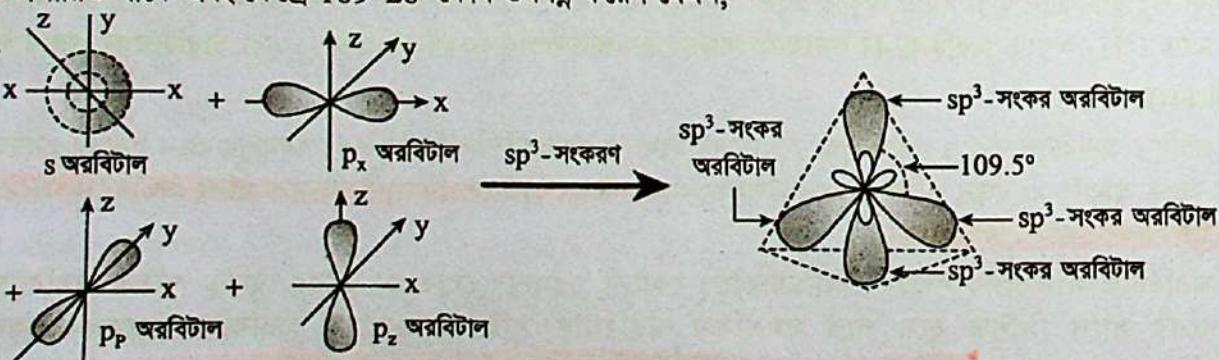
অরবিটালসমূহের বিভিন্ন ধরনের সংকরণ হতে পারে; যেমন—

(১) $sp^3$ সংকরণ	$(CH_4 \text{ অণু গঠনে})$	: চতুষ্টলকীয় গঠন।
(২) $sp^2$ সংকরণ	$(CH_2 = CH_2 \text{ অণু গঠনে})$	: সমতলীয় ত্রিভুজাকার গঠন।
(৩) $sp$ সংকরণ	$(CH \equiv CH \text{ অণু গঠনে})$	: সরলরৈখিক গঠন।
(৪) $sp^2d$ সংকরণ	$[Cu(NH_3)_4]^{2+} \text{ আয়নে}$	: সমতলীয় বর্গাকার গঠন।
(৫) $sp^3d$ সংকরণ	$(PCl_5 \text{ অণু গঠনে})$	: ত্রিকোণাকার দ্বিপিরামিড গঠন।
(৬) $sp^3d^2$ সংকরণ	$(SF_6 \text{ অণু গঠনে})$	: অষ্টতলকীয় গঠন।
(৭) $sp^3d^3$ সংকরণ	$(IF_7 \text{ অণু গঠনে})$	: পঞ্চভূজীয় দ্বিপিরামিড গঠন।
(৮) $d^2sp^3$ অথবা $sp^3d^2$ সংকরণ	$[Cr(H_2O)_6]^{3+} \text{ আয়ন গঠনে}$	: অষ্টতলকীয় গঠন।

তবে কার্বন পরমাণুতে কেবল তিনি প্রকার সংকরণ ঘটে। যেমন—  $sp^3$ ,  $sp^2$ ,  $sp$  সংকরণ। এখানে কার্বন পরমাণুর তিনি প্রকার সংকরণ দ্বারা বিভিন্ন যোগ গঠন আলোচনা করা হলো। কার্বন-কার্বন একক বন্ধন গঠনে  $sp^3$ , কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন গঠনে  $sp^2$  এবং কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন গঠনের বেলায় প্রতিটি C-পরমাণুর  $sp$ -সংকরণ ঘটে।

#### $sp^3$ সংকরণ ( $sp^3$ Hybridisation)

বিক্রিয়াকালে কোনো পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের একটি s অরবিটাল ও তিনটি p অরবিটাল-এর মধ্যে সংমিশ্রণ ও পরে চারটি সমশক্তির অরবিটাল সৃষ্টির প্রক্রিয়াকে  $sp^3$  সংকরণ বলা হয়। সৃষ্টি চারটি সংকর অরবিটাল সুষম চতুষ্টলকের শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত থাকে এবং কেবলে  $109^{\circ}28'$  কোণ উৎপন্ন করে। যেমন,



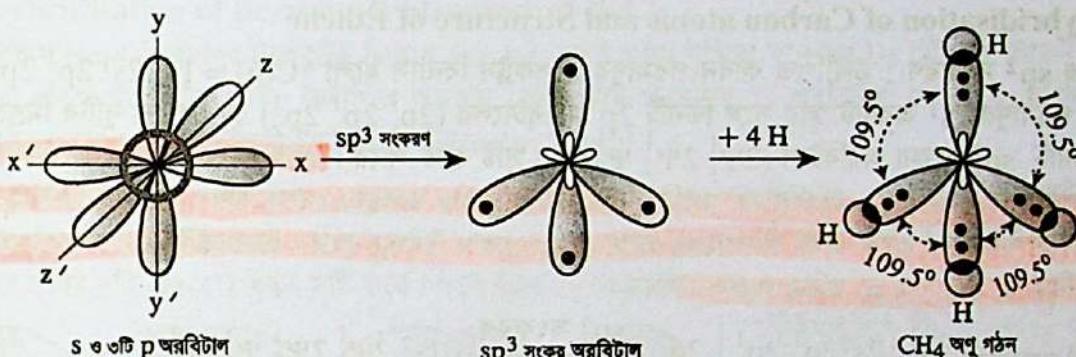
চিত্র-৩.২০ :  $sp^3$  সংকরণ দ্বারা ৪টি  $sp^3$  সংকর অরবিটাল গঠন।

### কার্বনের $sp^3$ সংকরণ ও মিথেন অণু গঠন

#### $sp^3$ hybridisation of C-atom and Structure of $CH_4$

কার্বন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হচ্ছে  $C(6) = 1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^0$ ; এতে দুটি বিজোড় ইলেকট্রন আছে। যৌগ গঠনকালে শক্তি শোষণ করে উদ্বিপিত কার্বন পরমাণু এর  $2s$  অরবিটাল থেকে একটি ইলেকট্রন খালি  $2p_z$  অরবিটালে স্থানান্তরিত করে। যেমন,  $C^*(6) = 1s^2 2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$

এ অবস্থায় কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের একটি  $2s$  ও তিনটি  $2p$  অরবিটাল সংমিশ্রিত হয়ে নতুন চারটি সমশক্তির সংকর অরবিটাল  $2\Psi_1^1, 2\Psi_2^1, 2\Psi_3^1, 2\Psi_4^1$  তৈরি করে। একপ  $sp^3$  সংকরণে সৃষ্টি সংকর অরবিটালসমূহ একটি চতুর্স্তলকের শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত থাকে। এ সমশক্তির সংকর অরবিটালসমূহ পরবর্তীতে চারটি H-পরমাণুর  $1s^1$  অরবিটালসমূহের সাথে মুখ্যমুখ্য অধিক্রমণ করে মিথেন অণু ( $CH_4$ ) সৃষ্টি করে। **এ  $sp^3$  সংকরণের ফলে সৃষ্টি অণুতে আদর্শ অবস্থায় বঙ্গন কোণসমূহ  $109^{\circ}28'$  হয়।** নিচে C-পরমাণুর  $sp^3$  সংকরণ ও H-পরমাণুর সাথে  $CH_4$  অণু সৃষ্টি সূচনা চতুর্স্তলকীয় গঠন দেখানো হলো।

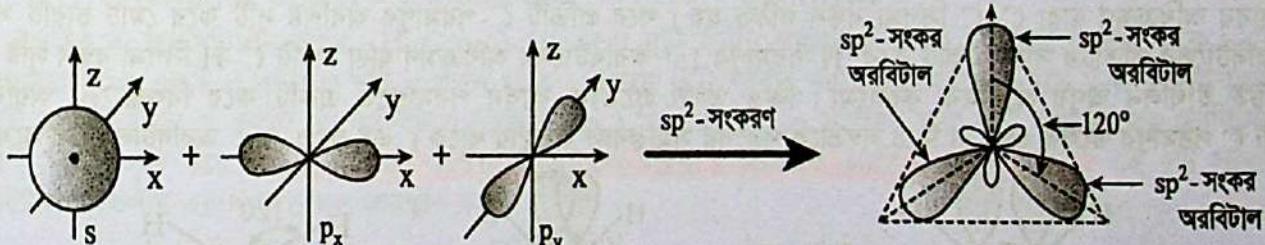


চিত্র-৩.২১ : কার্বন পরমাণুর  $sp^3$  সংকরণের মাধ্যমে চতুর্স্তলকীয়  $CH_4$  অণুর সৃষ্টি।

### ৩.৯.২ $sp^2$ সংকরণ

#### $sp^2$ hybridisation

বিক্রিয়াকালে কোনো পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের একটি  $s$  অরবিটাল ও দুটি  $p$  অরবিটালের মধ্যে সংমিশ্রণ ও পরে তিনটি সমশক্তির অরবিটাল সৃষ্টির প্রক্রিয়াকে  $sp^2$  সংকরণ বলা হয়। এতে সৃষ্টি সংকর অরবিটাল তিনটি একই সমতলে অবস্থান করে এবং একটি সমবাহু ত্রিভুজের তিন শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত হয়; ত্রিভুজের কেন্দ্রে পরমাণুর নিউক্লিয়াস থাকে।  $sp^2$  সংকরণের ফলে সৃষ্টি এ অরবিটালসমূহ কেন্দ্রে পরম্পরের মধ্যে  $120^{\circ}$  কোণ উৎপন্ন করে।



চিত্র-৩.২২ :  $sp^2$  সংকরণ দ্বারা তিনি সংকর অরবিটাল গঠন।

### (১) বোরনের $sp^2$ সংকরণ প্রক্রিয়ায় $BCl_3$ যৌগের গঠন।

#### ( $sp^2$ hybridisation of B-atom & Structure of $BCl_3$ )

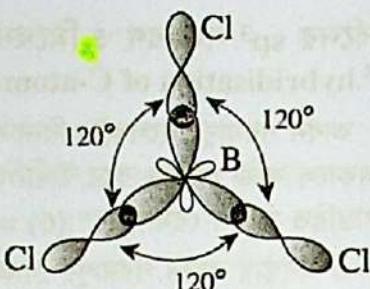
বোরন (B) পরমাণুর স্বাভাবিক ইলেকট্রন বিন্যাসে ১টি অযুগ্ম ইলেকট্রন আছে। যেমন  $B(5) = 1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^0 2p_z^0$ । B পরমাণুর  $2s$  অরবিটাল থেকে ১টি ইলেকট্রন  $2p$  অরবিটালে স্থানান্তরের ফলে এতে তিনটি অযুগ্ম ইলেকট্রন হয়ে থাকে। এর পরে বোরন পরমাণুতে  $sp^2$  সংকরণ ঘটে :

স্বাভাবিক অবস্থায় : B (5) :  $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^0 2p_z^0$

উদ্বিগ্নিত অবস্থায় :  $B^* (5) : 1s^2 2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^0$

সংকরিত অবস্থায় : B (5) :  $1s^2, 2\psi_1^1, 2\psi_2^1, 2\psi_3^1$

এখনে  $\psi_1^1, \psi_2^1, \psi_3^1$  হলো বোরনের সংকর অরবিটালসমূহ। উৎপন্ন তিনটি সংকর অরবিটাল একটি ত্রিভুজের তিনটি শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত হয়ে পরম্পর 120° কোণ গঠন করে। এরা তিনটি ক্লোরিন পরমাণুর এক ইলেকট্রনবিশিষ্ট  $3p_z^1$  অরবিটালের সাথে অধিক্রমণ দ্বারা তিনটি  $B-C_1$  সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি করে এবং  $BCl_3$  অণু গঠিত হয়।  $BCl_3$  অণুর গঠন আকৃতি সমতলীয় সূমৰ ত্রিভুজকার।

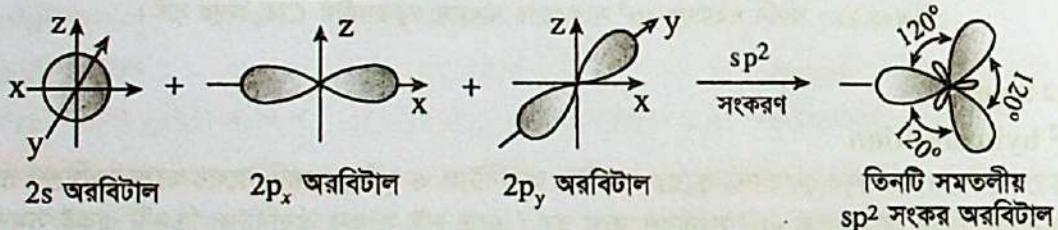
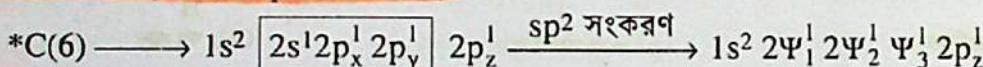


চিত্র-৩.২৩ :  $sp^2$  সংকরণে ত্রিভুজ আকৃতির  $BCl_3$  অণুর গঠন।

## (২) কার্বনের $sp^2$ সংকরণ ও ইথিলিন অণুর গঠন

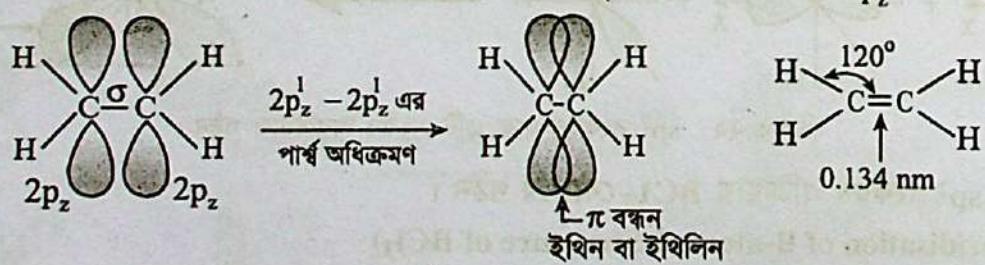
### $sp^2$ Hybridisation of Carbon atoms and Structure of Ethene

কার্বনের  $sp^2$  সংকরণ : উদ্বিগ্নিত কার্বন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হলো  $*C(6) = 1s^2 2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ । তখন কার্বন পরমাণুর  $2s^1$  অরবিটালের সঙ্গে তিনটি  $2p$  অরবিটালের ( $2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ ) যে কোনো দুটির মিশ্রণের ফলে সমশক্তির তিনটি  $sp^2$  সংকর অরবিটাল ( $2\psi_1^1 2\psi_2^1 \psi_3^1$ ) এর সৃষ্টি হতে পারে। একে কার্বনের  $sp^2$  সংকরণ বলে। এ অবস্থায় C পরমাণুর একটি  $2p$  অরবিটাল অপরিবর্তিত অর্থাৎ বিশুদ্ধ অবস্থায় থেকে যায়। তখন তিনটি  $sp^2$  সংকর অরবিটাল একই সমতলে থাকে এবং পরম্পরের সঙ্গে 120° কোণ উৎপন্ন করে। প্রত্যেকটি  $sp^2$  সংকর অরবিটালে 33.3% s-চরিত্র ও 66.7% p- চরিত্র থাকে। যেমন—



চিত্র-৩.২৪ : কার্বন পরমাণুর  $sp^2$  সংকর দ্বারা তিনটি সংকর অরবিটাল গঠন।

$sp^2$  সংকরিত দুটি C-পরমাণুর মধ্যে প্রথমে প্রতিটির একটি সংকর অরবিটাল অপরটির একটি সংকর অরবিটালের অক্ষ বরাবর অধিক্রমণ দ্বারা C-C সিগ্মা বন্ধন গঠিত হয়। পরে প্রতিটি C-পরমাণুর অবশিষ্ট দুটি করে মোট চারটি সংকর অরবিটালের প্রতিটির সাথে একটি করে H-পরমাণুর  $1s^1$  অরবিটালের অধিক্রমণ দ্বারা চারটি C-H সিগ্মা বন্ধন সৃষ্টি হয়। এটিই ইথিলিন অণুর প্রাথমিক কাঠামো। কিন্তু তখন প্রত্যেক কার্বন পরমাণুতে একটি করে বিশুদ্ধ  $2p_z^1$  অরবিটাল দুটি C পরমাণুর তলের ওপর ও নিচে লম্বভাবে পরম্পর সমান্তরাল অবস্থায় থাকে। এর ফলে  $2p_z^1$  অরবিটাল দুটির মধ্যে



চিত্র-৩.২৫ : ইথিন বা ইথিলিন অণুর মধ্যে দুটি  $2p_z^1$  অরবিটালের পাশাপাশি অধিক্রমণ দ্বারা পাই ( $\pi$ ) বন্ধনের সৃষ্টি।

পাশাপাশি অধিক্রমণ সম্ভব হয়। এভাবে ডাস্টেল আকৃতিবিশিষ্ট দুটি  $2p_z^1$  অরবিটালের পাশাপাশি আংশিকভাবে অধিক্রমণ দ্বারা এই দুটি C পরমাণুর মধ্যে একটি দুর্বল সমযোজী বন্ধনের সৃষ্টি হয়, একে কার্বন-কার্বন  $\pi$  বন্ধন বলে। সুতরাং ইথিলিন অণুর

দুটি C পরমাণুর মধ্যে দুটি সমযোজী বন্ধন থাকে; এদের একটি হলো দুটি C পরমাণুর অক্ষ বরাবর,  $sp^2 - sp^2$  সিগমা (σ) বন্ধন ও একটি পাই ( $\pi$ ) বন্ধন মিলে একটি কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন সৃষ্টি হয়।

জ্যামিতিক আকৃতির দিক থেকে তিনটি  $sp^2$  অরবিটাল সমতলীয় সূম ত্রিকোণাকার হয়ে থাকে এবং  $\angle H-C-H$  বা,  $\angle H-C-C$  সমান  $120^\circ$  এবং  $C=C$  বিবন্ধন দূরত্ব  $0.134 \text{ nm}$  হয়ে থাকে।

### ৩.৯.৩ sp সংকরণ

#### sp Hybridisation

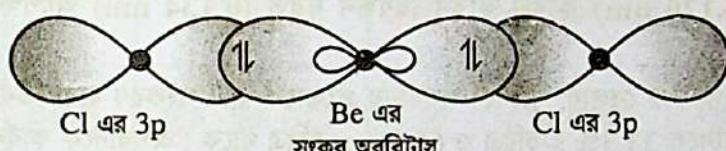
বিক্রিয়াকালে কোনো পরমাণুর যোজ্যতা স্তরের একটি s অরবিটাল ও একটি p অরবিটালের মধ্যে সংমিশ্রণ ও পরে দুটি সমশক্তির অরবিটাল সৃষ্টির প্রক্রিয়াকে sp সংকরণ বলা হয়। এতে সৃষ্টি সংকর অরবিটালসহ পরম্পরের বিপরীত দিকে সরলরেখা বরাবর অবস্থিত হয়। অর্থাৎ তাদের গন্ধ্যকার কোণের পরিমাণ  $180^\circ$  হয়।

#### (১) sp সংকরণ প্রক্রিয়ায় $BeCl_2$ যৌগের অণুর গঠন

##### sp hybridisation of Be-atom & Structure of $BeCl_2$

বেরিলিয়াম Be(4) পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস  $1s^2 2s^2$ , যাতে প্রথম দৃষ্টিতে মনে হয় Be মৌলের যোজনী শূন্য। কারণ এতে কোনো অযুগ্ম ইলেকট্রন নেই। উদ্বীপিত অবস্থায় বেরিলিয়াম পরমাণুর 2s অরবিটাল থেকে  $2p$  অরবিটালে একটি ইলেকট্রন স্থানান্তরের ফলে এর ইলেকট্রন বিন্যাস দাঁড়ায়  $1s^2 2s^1 2p_x^1$ ।

এ অবস্থায় বেরিলিয়াম পরমাণুতে sp সংকরণ হয়। উৎপন্ন দুটি সংকর অরবিটালে একটি করে ইলেকট্রন থাকে এবং এরা দুটি ক্লোরিন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসের ( $3s^2 3p_x^2 3p_y^2 3p_z^1$ ) এক ইলেকট্রনবিশিষ্ট  $3p_z^1$  অরবিটালের সাথে অধিক্রমণ প্রক্রিয়ায় দুটি Be-CI বন্ধন সৃষ্টি করে। ফলে  $BeCl_2$  অণু গঠিত হয়।



চিত্র-৩.২৬ : sp-সংকরণ দ্বারা  $BeCl_2$  অণুর গঠন।

এক্ষেত্রে sp সংকরণ হওয়ায়  $\angle C1BeC1 = 180^\circ$ ।

অর্থাৎ  $BeCl_2$  অণুর আকৃতি সরল রৈখিক।

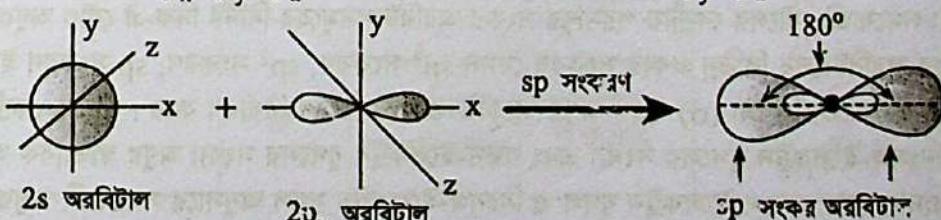
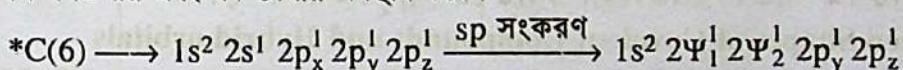
#### MCQ-3.16 : $NH_3$ অণুর ক্ষেত্রে তথ্য হলো :

- N পরমাণুতে  $sp^3$  সংরক্ষণ ঘটেছে
  - মুক্ত জোড় ইলেকট্রন আছে
  - চতুর্ভুকীয় গঠন
  - নিচের কোনটি সঠিক?
- (ক) i ও ii      (খ) ii ও iii  
 (গ) i ও iii      (ঘ) i, ii ও iii

#### (২) কার্বনের sp সংকরণ ও ইথাইন বা অ্যাসিটিলিন অণুর গঠনাকৃতি

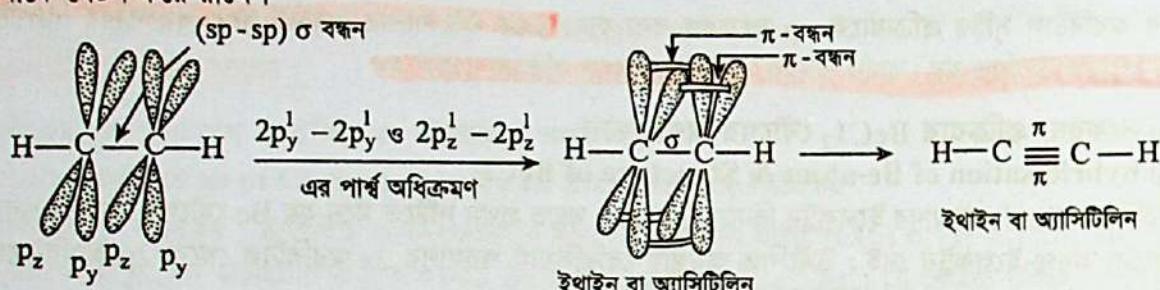
##### sp Hybridisation of Carbon atoms and Structure of Ethyne

ইথাইন বা অ্যাসিটিলিন অণুর ( $H-C \equiv C-H$ ) মধ্যে দুটি কার্বন পরমাণু পরম্পর ত্রিবন্ধনে আবদ্ধ থাকে। এই ত্রিবন্ধনের মধ্যে একটি σ বন্ধন ও দুটি π বন্ধন থাকে। একটে দুটি কার্বন পরমাণু প্রত্যেকে প্রথমে উদ্বীপিত অবস্থায় একটি  $2s$  অরবিটাল ও একটি  $2p$  অরবিটাল ( $2p_x$ ,  $2p_y$ ,  $2p_z$ ) মিশ্রিত হয়ে sp সংকরণ দ্বারা দুটি করে সংকর অরবিটাল ( $2p_z^1 2p_z^1$ ) সৃষ্টি করে। প্রত্যেকটি sp সংকর অরবিটালে 50% s-চরিত্র ও 50% p-চরিত্র থাকে। এই দুটি সংকর অরবিটাল সমতলীয় এবং এক রেখায় অবস্থান করে।



চিত্র-৩.২৭ : C-পরমাণুর sp সংকরণ

**sp সংকরিত দুটি C-পরমাণুর ইথাইন অণু গঠন :** sp সংকরিত C পরমাণুর দুটি করে সংকর অরবিটাল ( $2\psi_1^1 2\psi_2^1$ ) থাকে। একটি দুটি C-পরমাণুর মধ্যে প্রথমে উভয় C-পরমাণুর একটি সংকর অরবিটালের মুখোমুখি অধিক্রমণ দ্বারা ও বন্ধন উৎপন্ন করে। এছাড়াও এই দুটি কার্বন পরমাণু তাদের দ্বিতীয় সংকর অরবিটাল দ্বারা পৃথকভাবে দুটি H পরমাণুর সাথে দুটি ও বন্ধন গঠন করে। কিন্তু অসংকরিত  $2p_y^1$  এবং  $2p_z^1$  অরবিটাল দুটি অবিকৃত অবস্থয় থাকে। তখন উভয় কার্বন পরমাণুর সমান্তরাল ও অসংকরিত একটি করে দুটি অরবিটালের পাশাপাশি ও আংশিকভাবে অধিক্রমণ দ্বারা দুটি  $\pi$  বন্ধন উৎপন্ন করে। অতএব ইথাইন বা অ্যাসিটিলিন অণুর মধ্যে তিনটি ও বন্ধন (দুটি C-H ও একটি C-C সিগমা বন্ধন) এবং দুই কার্বন পরমাণুর মধ্যে দুটি  $\pi$  বন্ধন অবস্থান করে।  $\pi$  বন্ধনের ইলেকট্রনগুলো এই ও বন্ধনের মূল কাঠামোকে বেষ্টন করে রাখে।



চিত্ৰ-৩.২৮ : sp সংকরিত দুটি কার্বনের মধ্যে একটি সিগমা ও দুটি পাই ( $\pi$ ) বন্ধন দ্বারা ইথাইন অণুর গঠন।

জ্যামিতিক আকৃতির দিক থেকে দুটি sp অরবিটাল সমতলীয় সরলরেখিক এবং  $H-C-C$  কোণ  $180^\circ$  এবং  $C=C$  ত্রিবন্ধন দূরত্ব হলো  $0.120\text{ nm}$ ।

**দ্রষ্টব্য :** কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন দূরত্ব ( $0.120\text{ nm}$ ) কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন দূরত্ব ( $0.134\text{ nm}$ ) অপেক্ষা কম হয়।

**এর কারণ ব্যাখ্যা :** কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন গঠনের বেলায়, দুটি C-পরমাণুর প্রত্যেকে  $sp^2$  সংকরণ দ্বারা তিনটি করে সংকর অরবিটাল সৃষ্টি করে। এসব সংকর অরবিটালে  $33.3\%$  s-চরিত্র ও  $66.7\%$  p চরিত্র থাকে। অপরদিকে কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধনের বেলায় দুটি C-পরমাণুর প্রত্যেকে sp সংকরণ দ্বারা দুটি করে সংকর অরবিটাল সৃষ্টি করে। এসব sp সংকর অরবিটালে  $50\%$  s-চরিত্র ও  $50\%$  p-চরিত্র থাকে। সুতরাং  $sp^2$  সংকরণে সৃষ্টি সংকর অরবিটালের তুলনায় sp সংকরণে সৃষ্টি সংকর অরবিটালে s-চরিত্র বেশি হওয়ায় তাদের দ্বারা সৃষ্টি ত্রিবন্ধনের কার্বন-কার্বন সিগমা বন্ধনে উভয় কার্বন নিউক্লিয়াস অধিকতর আকৃষ্ট হয়ে দূরত্ব হ্রাস পায়। তাই কার্বন-কার্বন ত্রিবন্ধন ( $C=C$ ) দূরত্ব ( $0.120\text{ nm}$ ) কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ( $C-C$ ) দূরত্ব ( $0.134\text{ nm}$ ) অপেক্ষা কম হয়।

**শিক্ষার্থী নিজে কর-৩.১২ : অরবিটাল সংকরণভিত্তিক :**

**সমস্যা-৩.২৬ :** ফরম্যালডিহাইড অণু ( $H_2C=O$ ) গঠনে C-পরমাণুর অরবিটাল সংকরণ বর্ণনা কর।

**সমস্যা-৩.২৭ :** অ্যাসিটিলিন ( $H-C\equiv C-H$ ) অণু গঠনে C-পরমাণুর অরবিটাল সংকরণ বর্ণনা কর।

### ৩.১০ সংকর অরবিটালের সাথে সমযোজী যৌগের আকৃতির সম্পর্ক

#### Relation between Shapes of Covalent Compounds and Hybrid orbitals

যে কোনো সমযোজী যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকর অরবিটালসমূহের নির্দিষ্ট দিক ঐ যৌগ অণুর আকৃতি নির্দিষ্ট করে। কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটালের বিভিন্ন প্রকার সংকরণ যেমন  $sp^3$  সংকরণ,  $sp^2$  সংকরণ, sp সংকরণ ইত্যাদির প্রকৃতির উপর তাদের দ্বারা সৃষ্টি সমযোজী সিগমা (σ) বন্ধন অণুর আকৃতি ও বন্ধন কোণ নির্ধারণ করে। আবার কেন্দ্রীয় পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে উপস্থিত নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগলের সংখ্যা এবং বন্ধন-ইলেকট্রন যুগলের সংখ্যা অণুর স্বাভাবিক আকৃতিকে বিকৃত করে নতুন আকৃতি প্রদান করে। বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল ও নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল অনুসারে সমযোজী অণুর আকৃতি নিম্নরূপ হয়ে থাকে।

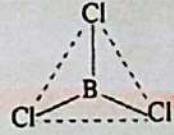
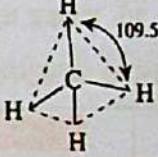
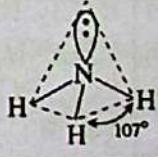
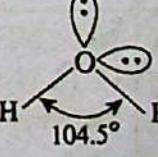
যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে—

- দুটি ইলেক্ট্রন যুগল বা দুটি সংকর অরবিটাল থাকলে অণুর আকৃতি সমতলীয় সরলরেখিক হয়। যেমন,  $\text{BeCl}_2$ ,  $\text{CH}=\text{CH}$  অণুর গঠন। এক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটালে sp সংকরণ ঘটে। তখন বন্ধন কোণ  $180^\circ$  হয়।
- তিনটি ইলেক্ট্রন যুগল বা তিনটি সংকর অরবিটাল থাকলে অণুর আকৃতি সমতলীয় ত্রিভুজ আকৃতির হয়। যেমন  $\text{BCl}_3$ । এক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটালে  $\text{sp}^2$  সংকরণ ঘটে। তখন বন্ধন কোণ  $120^\circ$  হয়।
- চারটি ইলেক্ট্রন যুগল বা চারটি সংকর অরবিটাল থাকলে অণুর আকৃতি চতুরঙ্গকীয় হয়। যেমন  $\text{CH}_4$ ,  $\text{BF}_4^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ । এক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটালে  $\text{sp}^3$  সংকরণ ঘটে; বন্ধন কোণ  $109^\circ 28'$  হয়।

চারটি ইলেক্ট্রন যুগলের মধ্যে একটি নিঃসঙ্গ-ইলেক্ট্রন যুগল থাকলে, অণুর আকৃতি চতুরঙ্গকীয় থেকে বিকৃত হয়ে ত্রিকোণাকার পিরামিড; বন্ধন কোণ  $107^\circ$  হয়। এর গঠন নিচের ছকে দেখানো হলো। যেমন,  $\text{NH}_3$ ।

চারটি ইলেক্ট্রন যুগলের মধ্যে দুটি নিঃসঙ্গ-ইলেক্ট্রন যুগল থাকলে তখন অণুর আকৃতি আরো বিকৃত হয়ে ইংরেজি V-অক্ষরের আকৃতি লাভ করে। তখন বন্ধন কোণ  $104.5^\circ$  এর মতো হয়। যেমন,  $\text{H}_2\ddot{\text{O}}$ ।

এছাড়া পাঁচটি সংকর অরবিটাল থাকলে ত্রিভুজাকার বিপিরামিড ( $\text{PCl}_5$ ), ছয়টি সংকর অরবিটাল থাকলে অষ্টতলকীয় ( $\text{SF}_6$ ), সাতটি সংকর অরবিটাল থাকলে অণুর গঠন পঞ্চভুজাকার বিপিরামিড ( $\text{IF}_7$ ) হয়।

যৌগের অণু	অণুতে ইলেক্ট্রন বিন্যাস	অরবিটাল সংকরণ	যোজ্যতা স্তরে ইলেক্ট্রন জোড়া	অণুর আকৃতির নাম	অণুর গঠন আকৃতি	অণুতে বন্ধন কোণ
$\text{BeCl}_2$	$:\ddot{\text{Cl}} \times \text{Be} \times \ddot{\text{Cl}}:$	sp	২ জোড়া	সরলরেখিক	$\text{Cl} - \text{Be} - \text{Cl}$	$180^\circ$
$\text{BCl}_3$	$:\ddot{\text{Cl}}: \begin{matrix} \text{B} \\ :\ddot{\text{Cl}}: \end{matrix} \ddot{\text{Cl}}:$	$\text{sp}^2$	৩ জোড়া	সমতলীয় ত্রিভুজাকার		$120^\circ$
$\text{CH}_4$	$\begin{matrix} \text{H} \\   \\ \text{H} - \text{C} - \text{H} \\   \\ \text{H} \end{matrix}$	$\text{sp}^3$	৪ জোড়া	চতুরঙ্গকীয় বা ট্রোহেড্রাল		$109.5^\circ$
$\ddot{\text{N}}\text{H}_3$	$\text{H} \cdots \ddot{\text{N}} \cdots \text{H}$	$\text{sp}^3$	৪ জোড়া ১টি নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন যুগল	বিকৃত চতুরঙ্গকের ত্রিকোণাকার পিরামিড আকৃতি		$107^\circ$
$\text{H}_2\ddot{\text{O}}$	$\begin{matrix} \text{H} \\   \\ \text{H} - \ddot{\text{O}} : \end{matrix}$	$\text{sp}^3$	৪ জোড়া (২টি নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন যুগল)	বিকৃত চতুরঙ্গকের V আকৃতি		$104.5^\circ$

### ৩.১০.১ সমযোজী যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ অবস্থা নির্ণয়

**Determination of Hybridisation State of Central atom in Covalent Compd.**

যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস থেকে মৌলিক পরমাণুর মধ্যে বিক্রিয়াকালে কীরুপ অরবিটাল সংকরণ ঘটতে পারে তা অশুরা পূর্বে আলোচিত যৌগ অণুর গঠন থেকে জেনেছি। এখন নিচে প্রদত্ত (১) নং সাধারণ ফর্মুলার সাহায্যে একটি যৌগ অণুর ও আয়নের কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটাল সংকরণে অংশগ্রহণকারী অরবিটাল সংখ্যা (H) নির্ণয় করা যায়। পরে তা থেকে কেন্দ্রীয় পরমাণুটির অরবিটাল সংকরণ অবস্থা এবং অণুটির বা আয়নটির গঠন জানা যায়। যেমন,

$$(1) H = \frac{1}{2} \times [ \boxed{\text{যৌজিতা স্তরে থাকা ইলেকট্রন সংখ্যা (V)}} + \boxed{\text{একযোজী পরমাণুর সংখ্যা (X)}} - \boxed{\text{ক্যাটায়নের ওপর চার্জের সংখ্যা (C)}} + \boxed{\text{অ্যানায়নের ওপর চার্জের সংখ্যা (A)}} ]$$

বা,  $H = \frac{1}{2} (V + X - C + A)$

H-এর মান $\rightarrow$	2	3	4	5	6	7
সংকরণ $\rightarrow$	sp	sp <sup>2</sup>	sp <sup>3</sup>	sp <sup>3</sup> d	sp <sup>3</sup> d <sup>2</sup>	sp <sup>3</sup> d <sup>3</sup>
অণুর গঠন $\rightarrow$	সরলরৈখিক গঠন	সমতলীয় ত্রিভুজাকার	চতুষ্পলকীয় গঠন	ত্রিকোণাকার দ্বিপিরামিড	অষ্টপলকীয় গঠন	পঞ্চভুজীয় দ্বিপিরামিড

- \* সংকর অরবিটালে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল থাকলে উপরোক্ত সাধারণ আণবিক গঠন পরিবর্তিত হয়। যেমন,
- \* sp<sup>3</sup> সংকরিত NH<sub>3</sub> এর অণুতে এক জোড়া নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন থাকায় NH<sub>3</sub> এর গঠন বিকৃত চতুষ্পলক ও কোণ 107° হয়। sp<sup>3</sup> সংকরিত H<sub>2</sub>O এর অণুতে দুই জোড়া নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন থাকায় H<sub>2</sub>O এর গঠন বিকৃত চতুষ্পলক বা, V আকৃতির ও কোণ 104.5° হয়।
- \* sp<sup>3</sup>d<sup>3</sup> সংকরিত XeF<sub>6</sub> অণুতে একটি নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল থাকায় এর গঠন পঞ্চভুজীয় দ্বিপিরামিডের পরিবর্তে পঞ্চভুজীয় পিরামিড আকৃতি হয়। [চিত্র-৩.২(খ) দেখো]।

(২) কেন্দ্রীয় পরমাণুর মোট সংকর অরবিটালে (H) উপস্থিত নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা (L) নিম্নোক্ত সাধারণ ফর্মুলার সাহায্যে জানা যায় :

$$L = H - X - D \quad (\text{এখানে } X \text{ হলো একযোজী পরমাণু ও } D \text{ হলো দ্বিযোজী পরমাণুর সংখ্যা})$$

নিচের পাঁচটি উদাহরণ থেকে কয়েকটি অণু ও আয়নের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণে জড়িত অরবিটাল সংখ্যা (H), সংকরণ অবস্থা এবং সৃষ্টি সংকর অরবিটালে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় সংখ্যা (L) জানা যাবে।

বিভিন্ন সমযোজী অণু ও আয়নের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ অবস্থা, নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন জোড় সংখ্যা ও গঠন নির্ণয় :

অণুর প্রকৃতি	সংশ্লিষ্ট যৌগ	উদাহরণসহ সংকরণ অবস্থা ও গঠন আকৃতি নির্ণয়
(১) যৌগ অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুতে শুধুমাত্র একযোজী পরমাণু যুক্ত থাকে।	BeCl <sub>2</sub> , BF <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O, PCl <sub>3</sub> , PCl <sub>5</sub> , SF <sub>4</sub> ইত্যাদি।	> যৌগ : CH <sub>4</sub> ; এক্ষেত্রে, $H = \frac{1}{2} [V + X - C + A] = \frac{1}{2} [4 + 4 - 0 + 0] = 4$ $\therefore$ কেন্দ্রীয় পরমাণু C এর সংকরণ অবস্থা : sp <sup>3</sup> ; আবার L = [4 - 4 - 0] = 0 $\therefore$ কেন্দ্রীয় পরমাণু C তে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা, L = 0 $\therefore$ sp <sup>3</sup> সংকরিত অণুটির গঠনাকৃতি : চতুষ্পলকীয় CH <sub>4</sub> অণু।
(২) যৌগ অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুতে শুধু একযোজী পরমাণু ও নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড় আছে।	NH <sub>3</sub> , NF <sub>3</sub> , PH <sub>3</sub> , PCl <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> S ইত্যাদি।	> যৌগ : H <sub>2</sub> O, এক্ষেত্রে, $H = \frac{1}{2} [V + X - C + A] = \frac{1}{2} [6 + 2 - 0 + 0] = 4$ $\therefore$ কেন্দ্রীয় পরমাণু O এর সংকরণ অবস্থা : sp <sup>3</sup> , আবার L = [4 - 2 - 0] = 2 $\therefore$ কেন্দ্রীয় পরমাণু O তে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা, L = 2 $\therefore$ sp <sup>3</sup> সংকরিত ও 2L যুক্ত H <sub>2</sub> O এর গঠন : বিকৃত চতুষ্পলকীয়।

অণুর প্রকৃতি	সংশ্লিষ্ট ঘোগ	উদাহরণসহ সংকরণ অবস্থা ও গঠন আকৃতি নির্ণয়
(৩) ঘোগ অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুতে শুধুমাত্র দ্বিযোজী পরমাণু যুক্ত থাকে।	$\text{CO}_2, \text{CS}_2, \text{SO}_2, \text{SO}_3$ ইত্যাদি।	> ঘোগ : $\text{SO}_3$ , এক্ষেত্রে, $H = \frac{1}{2} [V + X - C + A] = \frac{1}{2} [6 + 0 - 0 + 0] = 3$ $\therefore$ কেন্দ্রীয় পরমাণু S এর সংকরণ অবস্থা : $sp^2$ , আবার $L = [3 - 0 - 3] = 0$ $\therefore$ কেন্দ্রীয় পরমাণু S তে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা, $L = 0$ $\therefore sp^2$ সংকরিত অণুটির গঠনাকৃতি : সমতলীয় ত্রিভুজাকার $\text{SO}_3$ অণু।
(৪) ঘোগ অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুতে একযোজী ও দ্বিযোজী উভয় পরমাণু যুক্ত থাকে।	$\text{COCl}_2, \text{POCl}_3, \text{HCHO}$ ইত্যাদি।	> ঘোগ : $\text{HCHO}$ , এক্ষেত্রে, $H = \frac{1}{2} [4 + 2 - 0 + 0] = 3$ $\therefore$ কেন্দ্রীয় পরমাণু C এর সংকরণ অবস্থা : $sp^2$ , আবার $L = [3 - 2 - 1] = 0$ $\therefore$ কেন্দ্রীয় পরমাণু C তে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা, $L = 0$ $\therefore sp^2$ সংকরিত অণুটির গঠনাকৃতি : সমতলীয় ত্রিভুজাকার $\text{HCHO}$ অণু।
(৫) ক্যাটায়নের ক্ষেত্রে।	$\text{NH}_4^+, \text{CH}_3^+, \text{H}_3\text{O}^+$ ইত্যাদি।	> ঘোগ আয়ন : $\text{NH}_4^+$ , এক্ষেত্রে, $H = \frac{1}{2} [5 + 4 - 1 + 0] = 4$ $\therefore$ কেন্দ্রীয় পরমাণু N এর সংকরণ অবস্থা : $sp^3$ , আবার $L = [4 - 4 - 0] = 0$ $\therefore$ কেন্দ্রীয় পরমাণু N তে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা, $L = 0$ $\therefore sp^3$ সংকরিত আয়নের গঠনাকৃতি : চতুর্স্তুলকীয় $\text{NH}_4^+$ আয়ন।
(৬) অ্যানায়নের ক্ষেত্রে।	$\text{BCl}_4^-, \text{BF}_4^-, \text{CO}_3^{2-}, \text{NO}_3^-, \text{SO}_4^{2-}, \text{PO}_4^{3-}$ , ইত্যাদি।	> ঘোগ আয়ন : $\text{BF}_4^-$ , এক্ষেত্রে, $H = \frac{1}{2} [3 + 4 - 0 + 1] = 4$ $\therefore$ কেন্দ্রীয় পরমাণু B এর সংকরণ অবস্থা : $sp^3$ , আবার $L = [4 - 4 - 0] = 0$ $\therefore$ কেন্দ্রীয় পরমাণু B তে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন জোড়ের সংখ্যা, $L = 0$ $\therefore sp^3$ সংকরিত আয়নের গঠনাকৃতি : চতুর্স্তুলকীয় $\text{BF}_4^-$ আয়ন।

### ৩.১১ সমযোজী অণুর আকৃতি ও বন্ধন কোণের ওপর নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগলের প্রভাব Impact of Lone pair Electrons on Molecular shapes

সমযোজী ঘোগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর যোজ্যতা স্বরে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রনযুগল বা যুক্তজোড় ইলেকট্রন থাকলে তাদের বিকর্ষণের ফলে অণুতে বন্ধন কোণসমূহ আদর্শ মান থেকে হ্রাস পায়।

ইলেকট্রনসমূহ পরম্পরাকে বিকর্ষণ করে এবং এ বিকর্ষণের পরিমাণ কেন্দ্রীয় পরমাণুর নিকট বিভিন্ন অরবিটালে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্বের ওপর নির্ভর করে। বন্ধন সৃষ্টিতে ব্যবহৃত বন্ধন ইলেকট্রনযুগল (bp) দুটি পরমাণুর কেন্দ্রকে প্রদক্ষিণ করে। অপরদিকে কেন্দ্রীয় পরমাণুর নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রনযুগল (1p) শুধুমাত্র সে পরমাণুকে প্রদক্ষিণ করে। এ কারণে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগলবিশিষ্ট অরবিটালে ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব কেন্দ্রীয় পরমাণুর নিকট শেয়ারকৃত ইলেকট্রনযুগল অপেক্ষা বেশি হয়। দুটি ইলেকট্রনযুগলের মধ্যকার বিকর্ষণের পরিমাণ ইলেকট্রন যুগলয়ের ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্বের গুণফলের ওপর নির্ভর করে। ফলে তাদের মধ্যকার বিকর্ষণের পরিমাণ নিম্নরূপ হয় :

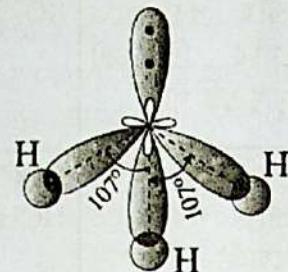
নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল-নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল বিকর্ষণ > নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল-বন্ধন ইলেকট্রনযুগল বিকর্ষণ; বা,  $(1p - 1p) > (1p - bp) > (bp - bp)$ ।

উপরিউক্ত সিদ্ধান্তের আলোকে  $\text{NH}_3, \text{H}_2\text{O}, \text{NH}_4^+$ , প্রত্তি ঘোগ ও আয়নের বন্ধন ও আকৃতি আলোচনা করা হলো।

(ক) বন্ধন কোণের ওপর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগলের প্রভাব :

(১) অ্যামোনিয়া ( $\text{NH}_3$ ) অণুর গঠনে  $\text{sp}^3$  সংকরণ (Formation of  $\text{NH}_3$  with  $\text{sp}^3$ )

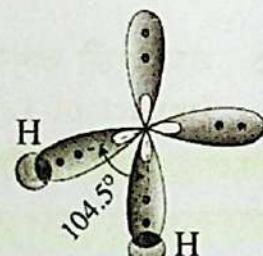
হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস,  $\text{N}(7) = 1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ । এর  $\text{sp}^3$  সংকরণের ফলে যে চারটি সমতুল্য সংকর অরবিটাল সৃষ্টি হয়, তাদেরকে  $\psi_1, \psi_2, \psi_3$  ও  $\psi_4$  দ্বারা চিহ্নিত করলে সংকরিত অবস্থায়  $\text{N}$ -পরমাণুর যোজ্যতা স্তরে ইলেকট্রন বিন্যাস হয়  $\psi_1^2, \psi_2^1, \psi_3^1, \psi_4^1$ । এক্ষেত্রে  $\psi_2^1, \psi_3^1, \psi_4^1$  সংকর অরবিটালে একটি করে ইলেকট্রন থাকায় তারা প্রত্যেকে একটি করে  $\text{H}$  পরমাণুর  $1s^1$  অরবিটালের সাথে মুখ্যমুখ্য অধিক্রমণ দ্বারা তিনটি  $\text{N}-\text{H}$  সিগমা (S)-বন্ধন সৃষ্টি করে এবং এভাবে  $\text{NH}_3$  অণু সৃষ্টি হয়।  $\psi_2, \psi_3, \psi_4$  ও অরবিটালসমূহের বন্ধন ইলেকট্রন যুগলের মধ্যকার বিকর্ষণ অপেক্ষা  $\psi_1^2$  এর নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রনযুগল দ্বারা তাদের ওপর বিকর্ষণ বেশি হয়। ফলে অ্যামোনিয়া অণুর গঠন একটি ত্রিকোণাকার পিরামিডের ন্যায়, যার কেন্দ্র বিন্দুতে  $\text{N}$  পরমাণু এবং তলের কৌণিক বিন্দুসমূহে  $\text{H}$  পরমাণুসমূহ অবস্থিত।



চিত্র-৩.২৯ :  $\text{NH}_3$  অণুর গঠন ও বন্ধন কোণ।

(২) পানির অণুর গঠনে  $\text{sp}^3$  সংকরণ প্রক্রিয়া (Formation of  $\text{H}_2\text{O}$  with  $\text{sp}^3$ )

পানির কেন্দ্রীয় পরমাণু অক্সিজেনের ইলেকট্রন বিন্যাস  $\text{O}(8) = 1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ । অক্সিজেন পরমাণুর 2s ও 2p অরবিটালসমূহের  $\text{sp}^3$  সংকরণ হয়। উৎপন্ন চারটি সংকর অরবিটাল একটি চতুর্স্তলকের শীর্ষবিন্দুর দিকে প্রসারিত থাকে। এ চতুর্স্তলকের কেন্দ্রে অক্সিজেন পরমাণুর অবস্থান। চারটি সংকর অরবিটালের যেমন  $\psi_1^2, \psi_2^2, \psi_3^1, \psi_4^1$  এর প্রথম দুটিতে আছে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রনযুগল। এরা বন্ধন সৃষ্টিতে ব্যবহৃত হয় না। অপর দুটি অরবিটালে যেমন  $\psi_3^1, \psi_4^1$ -এ একটি করে ইলেকট্রন। এ অরবিটাল দুটি হাইড্রোজেন পরমাণুর  $1s^1$  অরবিটালের সাথে অধিক্রমণ করে দুটি  $\text{O}-\text{H}$  বন্ধন সৃষ্টি করে; এভাবেই পানির অণু সৃষ্টি হয়। অক্সিজেন পরমাণুর দুটি নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রনযুগল পানি অণুর বন্ধন ইলেকট্রন যুগলকে অধিকতর বিকর্ষণ করে বলে বন্ধন কোণ  $\angle \text{HOH}$  এর মান আদর্শ চতুর্স্তলকের কোণের মান  $109.5^\circ$  থেকে কমে  $104.5^\circ$  (বা,  $104^\circ 28'$ ) হয়। যেহেতু পরীক্ষায় শুধুমাত্র নিউক্লিয়াসসমূহের অবস্থান ধরা পড়ে, সেহেতু পরমাণুর নিউক্লিয়াসসমূহের অবস্থান অনুসারে পানির অণুর আকার ইংরেজি V-অক্ষরের আকৃতির ন্যায় দেখায়।



চিত্র-৩.৩০ :  $\text{H}_2\text{O}$  অণুর গঠন ও বন্ধন কোণ।

(খ) বন্ধন কোণের ওপর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল ও পরমাণুর তড়িৎ ঝণাঝকতার প্রভাব :

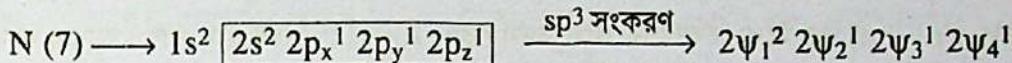
নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রনযুক্ত যৌগ অণু,  $\text{AB}_3\text{L}$  (যেমন-  $\ddot{\text{N}}\text{H}_3, \ddot{\text{N}}\text{F}_3, \ddot{\text{P}}\text{H}_3$ ) ও  $\text{AB}_2\text{L}_2$  (যেমন-  $\text{H}_2\ddot{\text{O}}, \text{H}_2\ddot{\text{S}}$ ) এর বেলায় বন্ধন কোণের ওপর সংশ্লিষ্ট পরমাণুর তড়িৎ ঝণাঝকতার প্রভাব রয়েছে। এক্ষেত্রে  $\text{A} =$  কেন্দ্রীয় পরমাণু,  $\text{B} =$  বন্ধনযুক্ত প্রান্তীয় পরমাণু ও  $\text{L} =$  নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল। উপরোক্ত  $\text{AB}_3\text{L}$  ও  $\text{AB}_2\text{L}_2$  সংকেত যুক্ত প্রত্যেক যৌগের কেন্দ্রীয় পরমাণুর মধ্যে  $\text{sp}^3$  সংকরণ ঘটে; তাই চতুর্স্তলকীয় গঠন ও বন্ধন কোণ  $109^\circ 28'$  হওয়ার কথা। কিন্তু কেন্দ্রীয় পরমাণুতে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকায় বন্ধন কোণ  $\text{Ip} - \text{bp}$  এর বিকর্ষণের কারণে  $109^\circ 28'$  থেকে হ্রাস পায়। এছাড়া সংশ্লিষ্ট কেন্দ্রীয় পরমাণু ও বন্ধনযুক্ত প্রান্তীয় পরমাণুর তড়িৎ ঝণাঝকতার পার্থক্যের কারণেও বন্ধন ইলেকট্রন যুগলসময়ের ( $\text{bp} - \text{bp}$ ) মধ্যে বিকর্ষণের মাত্রা কমবেশি হয়ে থাকে।

(i) যোগ অণুর কেন্দ্রীয় পরমাণুর তড়িৎ ঝণাঞ্চকতা প্রান্তীয় পরমাণুর চেয়ে যত বেশি হয়, বন্ধন ইলেকট্রন যুগল কেন্দ্রীয় পরমাণুর দিকে তত বেশি সরে আসে। ফলে বন্ধন ইলেকট্রন যুগলদ্বয়ের ( $bp - bp$ ) মধ্যে বিকর্ষণ বেশি হয় এবং বন্ধন কোণের পরিমাণ বেড়ে যায়।

(ii) অপরদিকে, কেন্দ্রীয় পরমাণুর চেয়ে প্রান্তীয় পরমাণুর তড়িৎ ঝণাঞ্চকতা যত বেশি হয়, বন্ধন ইলেকট্রন যুগল কেন্দ্রীয় পরমাণুর চেয়ে প্রান্তীয় পরমাণুর দিকে তত বেশি সরে আসে। ফলে বন্ধন ইলেকট্রন যুগলদ্বয়ের ( $bp - bp$ ) মধ্যে বিকর্ষণ কম হয় এবং বন্ধন কোণের পরিমাণ কমে যায়। যেমন—

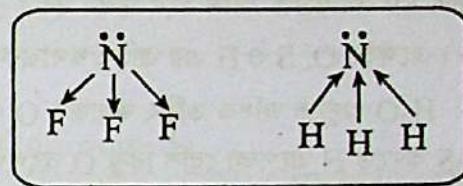
(১)  $\text{NH}_3$  এর বন্ধন কোণ  $107^\circ$  হলেও  $\text{NF}_3$  এর বন্ধন কোণ  $102.29'$  বা  $102.5^\circ$  হয় কেন?—এর ব্যাখ্যা :

$\ddot{\text{N}}\text{H}_3$  ও  $\ddot{\text{N}}\text{F}_3$  অণুতে কেন্দ্রীয় পরমাণু N এর মধ্যে  $sp^3$  সংকরণ ঘটে।



N পরমাণুর সৃষ্টি চারটি সংকর অরবিটালের মধ্যে একটিতে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল ( $2\psi_1^2$ ) আছে।

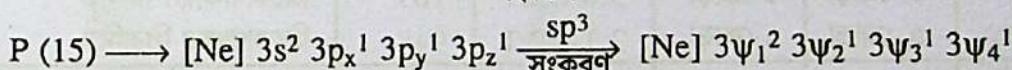
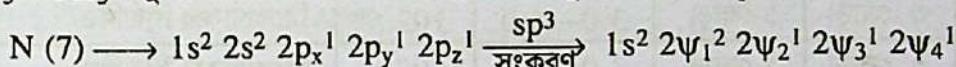
তাই  $\ddot{\text{N}}\text{H}_3$  ও  $\ddot{\text{N}}\text{F}_3$  অণুতে নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল ও বন্ধন-ইলেকট্রন যুগল চতুষ্টলকীয়ভাবে বিন্যস্ত না থেকে ত্রিকোণাকার পিরামিডের আকার ধারণ করে। আবার প্রত্যেক অণুতে উভয় পরমাণুর তড়িৎ ঝণাঞ্চকতার পার্থক্যের ওপর নির্ভর করে দুটি বন্ধন ইলেকট্রন যুগলের ( $bp - bp$ -এর) মধ্যে বিকর্ষণের মাত্রা ভিন্ন হয়ে থাকে। যেমন,



$\text{NF}_3$  অণুতে N এর চেয়ে অধিক তড়িৎ ঝণাঞ্চক F পরমাণু N-F বন্ধনের ইলেকট্রন যুগলকে বেশি মাত্রায় নিজের কেন্দ্রের দিকে আকর্ষণ করে। কিন্তু  $\text{NH}_3$  অণুতে H এর চেয়ে অধিক তড়িৎ ঝণাঞ্চক N পরমাণু N-H বন্ধনের ইলেকট্রন যুগলকে বেশি মাত্রায় নিজের কেন্দ্রের দিকে আকর্ষণ করে রাখে। তাই  $bp - bp$  বিকর্ষণের মাত্রা  $\text{NF}_3$  এর চেয়ে  $\text{NH}_3$  এর ক্ষেত্রে বেশি হয়। এছাড়া সংকর অরবিটালের ( $2\psi_1^2$ ) নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল (Ip) তুলনামূলকভাবে  $\text{NH}_3$  অণুর চেয়ে  $\text{NF}_3$  অণুর বন্ধন ইলেকট্রন যুগল (bp) এর ওপর বেশি বিকর্ষণ (Ip - bp) ঘটিয়ে বন্ধন কোণকে অধিক হাস করতে পারে। এজন্য  $\text{NH}_3$  অণুর বন্ধন কোণ  $\angle \text{HNH}$  এর মান  $107^\circ$  হয় এবং  $\text{NF}_3$  অণুর বন্ধন কোণ  $\angle \text{FNF}$  এর মান অধিক হাস পেয়ে  $102.5^\circ$  হয়ে থাকে।

(২)  $\text{NH}_3$  এর বন্ধন কোণ  $107^\circ$  হলেও  $\text{PH}_3$  এর বন্ধন কোণ  $94^\circ$  হয় কেন?—এর ব্যাখ্যা :

$\text{NH}_3$  ও  $\text{PH}_3$  অণু গঠনকালে প্রতি ক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় পরমাণু N ও P এর  $sp^3$  সংকরণ ঘটে। যেমন—

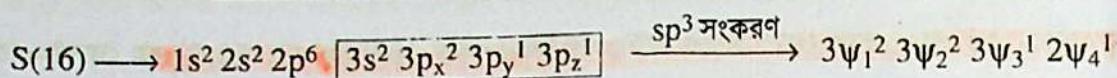
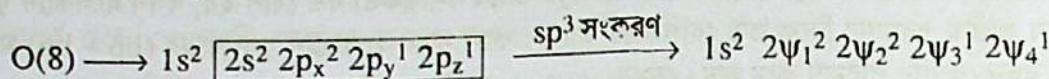


$\ddot{\text{N}}\text{H}_3$  ও  $\ddot{\text{P}}\text{H}_3$  অণুতে কেন্দ্রীয় পরমাণু N ও P এর মধ্যে  $sp^3$  সংকরণ ঘটে। তাই  $\text{NH}_3$  ও  $\text{PH}_3$  অণুর গঠন চতুষ্টলকীয় হওয়ার কথা। কিন্তু এক্ষেত্রে  $\text{NH}_3$  ও  $\text{PH}_3$  অণুতে প্রতিক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় পরমাণু যেমন N ও P পরমাণুতে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল থাকায় বন্ধন কোণ  $109^\circ 28'$  থেকে হাস পায়। আবার আমরা জানি, নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুক্ত যোগ অণু  $\text{AB}_3\text{L}$  এর বেলায় কেন্দ্রীয় পরমাণু (যেমন- A) এর তড়িৎ ঝণাঞ্চকতা যদি বেশি এবং আকার ছোট হয় অর্থাৎ ২য় পর্যায়ভুক্ত মৌল হলে সেক্ষেত্রে বন্ধন কোণ তুলনামূলকভাবে ৩য় পর্যায়ভুক্ত একই গ্রন্থের মৌলের যোগ থেকে বেশি হয়। এক্ষেত্রে N ও P এর তড়িৎ ঝণাঞ্চকতা হলো যথাক্রমে 3.0 ও 2.1।

$\text{NH}_3$  অণুতে অধিক তড়িৎ ঝণাঞ্চক N পরমাণু N-H বন্ধন ইলেকট্রন যুগলকে নিজের দিকে বেশি আকৃষ্ট করে। কিন্তু  $\text{PH}_3$  অণুতে কম তড়িৎ ঝণাঞ্চক P পরমাণু P-H বন্ধন ইলেকট্রন যুগলকে নিজের দিকে কম আকৃষ্ট করে। তাই  $\text{PH}_3$  এর চেয়ে  $\text{NH}_3$  এর ক্ষেত্রে দুটি বন্ধন ইলেকট্রন যুগল ( $bp - bp$ ) এর মধ্যে বিকর্ষণের মাত্রা বেশি হয়। এজন্য  $\text{NH}_3$  এর বন্ধন কোণ  $\angle \text{HNH}$  এর মান  $107^\circ$  এবং  $\text{PH}_3$  এর বন্ধন কোণ  $\angle \text{HPH}$  এর মান  $94^\circ$  হয়ে থাকে।

(৩)  $\text{H}_2\text{O}$  এর বন্ধন কোণ  $104^{\circ}28'$  হলেও  $\text{H}_2\text{S}$  এর বন্ধন কোণ  $90^{\circ}$  হয় কেন?—এর ব্যাখ্যা :

$\text{H}_2\ddot{\text{O}}$  ও  $\text{H}_2\ddot{\text{S}}$  উভয় অণুতে কেন্দ্রীয় পরমাণু  $\text{O}$  ও  $\text{S}$  এর মধ্যে  $\text{sp}^3$  সংকরণ ঘটে এবং উভয় অণুতে দুটি করে নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন যুগল আছে। যেমন,



উভয় ক্ষেত্রে  $\text{sp}^3$  সংকরণ থাকা সত্ত্বেও  $\text{H}_2\text{O}$  ও  $\text{H}_2\text{S}$  এর প্রত্যেকের বেলায় দুটি করে নিঃসঙ্গ-ইলেক্ট্রন যুগল ও বন্ধন ইলেক্ট্রন যুগল ( $lp - bp$ ) এর মধ্যে বিকর্ষণের ফলে বন্ধন কোণ  $109^{\circ}28'$  থেকে হ্রাস পায়। আবার আমরা জানি, নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন যুগলযুক্ত যৌগ অণু  $\text{AB}_2\text{L}_2$  এ বেলায় কেন্দ্রীয় পরমাণু (যেমন A) এর তড়িৎ ঝণাঝকতা বেশি ও আকার ছেট অর্থাৎ ২য় পর্যায়ভুক্ত মৌল হলে তখন বন্ধন কোণ তুলনামূলকভাবে ৩য় পর্যায়ভুক্ত একই গ্রহণের মৌলের যৌগ থেকে বেশি হয়। এক্ষেত্রে O, S ও H এর তড়িৎ ঝণাঝকতা হলো যথাক্রমে 3.5, 2.5 ও 2.1।

$\text{H}_2\text{O}$  অণুতে অধিক তড়িৎ ঝণাঝকতা O পরমাণু O-H বন্ধন ইলেক্ট্রন যুগলকে নিজের দিকে বেশি আকৃষ্ট করে। কিন্তু  $\text{H}_2\text{S}$  অণুতে H অপেক্ষা বেশি কিন্তু O অপেক্ষা কম তড়িৎ ঝণাঝকতা S পরমাণু S-H বন্ধন ইলেক্ট্রন যুগলকে নিজের দিকে তুলনামূলকভাবে কম আকৃষ্ট করে। তাই  $\text{H}_2\text{S}$  এর চেয়ে  $\text{H}_2\text{O}$  এর ক্ষেত্রে দুটি বন্ধন ইলেক্ট্রন যুগল ( $bp - bp$ ) এর মধ্যে বিকর্ষণের মাত্রা বেশি হয়। এজন্য  $\text{H}_2\text{O}$  এর বন্ধন কোণ  $\angle \text{HOH}$  এর মান  $104^{\circ}28'$  বা,  $104.5^{\circ}$  হয়; কিন্তু  $\text{H}_2\text{S}$  এর বন্ধন কোণ  $\angle \text{HSH}$  এর মান হ্রাস পেয়ে  $92^{\circ}$  হয়ে থাকে।

$\text{sp}^3$  সংকরিত কেন্দ্রীয় পরমাণুতে নিঃসঙ্গ-ইলেক্ট্রন যুগল ও তড়িৎ ঝণাঝকতার প্রভাবে যৌগ অণুর আকৃতি ও বন্ধন কোণের পরিবর্তন নিচের ছকে দেখানো হলো :

যৌগ অণু	অরবিটাল সংকরণ	বন্ধন ইলেক্ট্রন জোড়	নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন জোড়	তড়িৎ ঝণাঝকতা	বন্ধন কোণ	অণুর গঠন আকৃতি
$\text{NH}_3$	$\text{sp}^3$	৩ জোড়া	১ জোড়া	3.0—2.1	$107^{\circ}$	ত্রিকোণাকার পিরামিড
$\text{NF}_3$	$\text{sp}^3$	৩ জোড়া	১ জোড়া	3.0—4.0	$102.5^{\circ}$	ত্রিকোণাকার পিরামিড
$\text{NH}_3$	$\text{sp}^3$	৩ জোড়া	১ জোড়া	3.0—2.1	$107^{\circ}$	ত্রিকোণাকার পিরামিড
$\text{PH}_3$	$\text{sp}^3$	৩ জোড়া	১ জোড়া	2.1—2.1	$94^{\circ}$	ত্রিকোণাকার পিরামিড
$\text{H}_2\text{O}$	$\text{sp}^3$	২ জোড়া	২ জোড়া	3.5—2.1	$104.5^{\circ}$	বিকৃত চতুর্ভুলকের V আকৃতি
$\text{H}_2\text{S}$	$\text{sp}^3$	২ জোড়া	২ জোড়া	2.5—2.1	$92^{\circ}$	বিকৃত চতুর্ভুলকের V আকৃতি

শিক্ষার্থীর কাজ-৩.১৩ : অরবিটাল সংকরণ ও অণুর আকৃতিভিত্তিক :

সমস্যা-৩.২৮(ক) : A ও B মৌলের যোজ্যতা ইলেক্ট্রন হলো যথাক্রমে  $ns^2np^3$  এবং  $ns^2np^4$  ( $n = 2$ )। A ও B এর হাইড্রাইড গঠনে অরবিটাল সংকরণ একই হওয়া সত্ত্বেও এদের আকৃতি ভিন্ন কেন, বিশ্লেষণ কর। [দি.বো. ২০১৫]

সমস্যা-৩.২৮(খ) : X ও Y মৌলের যোজ্যতা ইলেক্ট্রন হলো যথাক্রমে  $ns^2np^2$  এবং  $ns^2np^4$  ( $n = 2$ )। X ও Y এর হাইড্রাইড গঠনে কেন্দ্রীয় পরমাণুর অরবিটাল সংকরণ একই প্রকার হলে উভয় যৌগের গঠন ও বন্ধন কোণ কীর্তন কীর্তন কীর্তন হবে তা বিশ্লেষণ কর।

সমস্যা-৩.২৮(গ) : নিম্নোক্ত যৌগের অণুতে ও আয়নের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণ অবস্থা নির্ণয় কর এবং তা হতে প্রত্যেকের গঠন আকৃতি কীরণ কর :

- (১)  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CF}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$
- (২)  $\text{BeCl}_2$ ,  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{CF}_4$ ,  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{SF}_4$ ,  $\text{XeF}_2$ ,  $\text{XeF}_4$ ,  $\text{XeF}_6$
- (৩)  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PH}_4^+$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  ${}^+\text{CH}_3$
- (৪)  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{BF}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$

সমস্যা-৩.২৯(ক) :  $\text{NH}_3$  এর বন্ধন কোণ  $107^\circ$  হলেও  $\text{NF}_3$  অণুর বন্ধন কোণ  $102.5^\circ$  হয় কেন; এর ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২৯(খ) :  $\text{NH}_3$  এর বন্ধন কোণ  $107^\circ$ ; কিন্তু  $\text{PH}_3$  অণুর বন্ধন কোণ  $94^\circ$  হয়; এর কারণ ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.২৯(গ) :  $\text{H}_2\text{O}$  এর বন্ধন কোণ  $104.5^\circ$ ; কিন্তু  $\text{H}_2\text{S}$  অণুর বন্ধন কোণ  $92^\circ$  হয় কেন; তা ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৩.৩০ : নিচের যৌগসমূহের অণুতে প্রতিটি C-পরমাণুর সংকরণ প্রকৃতি এবং অণুতে সিগ্মা (σ) ও পাই (π) বন্ধনের সংখ্যা উল্লেখ কর : (a)  $\text{CH}_3-\text{CH}_3$ , (b)  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$ , (c)  $\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2$ , (d)  $\text{CH}_3-\text{CHO}$ .

প্রশ্ন-৩.৩১(ক) :  $\text{BeCl}_2$  যৌগের অরিটাল সংকরণ বর্ণনা কর।

[য. বো. ২০১৬]

প্রশ্ন-৩.৩১(খ) : সমযোজী বন্ধনগুলো দিক-নির্দেশক ধর্মবিশিষ্ট হয় কেন?

### ৩.১২ সমযোজী যৌগ অণুর মডেল তৈরি

#### To make Molecular models of Covalent Compounds

শিক্ষার্থীর গ্রহণভিত্তিক কাজ : সমযোজী বন্ধনভিত্তিক :

সময় : ১ পিরিয়ড

১। অনুচ্ছেদ-৩.৩ এর চিত্র-৩.৭ থেকে  $\text{Be}$ ,  $\text{B}$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{N}$  ও  $\text{H}$  এর তুলনামূলক পারমাণবিক আকারের ধারণা নাও। এ ধারণা মাথায় রেখে ঐ তিনি প্রকারের পরমাণুর জন্য ছোট, বড় গোল আলু ও পরমাণুর বন্ধন বোঝানোর জন্য লোহার তারকে দেড় ইঞ্চি করে কেটে নাও অথবা দিয়াশলাই কাঠি সংগ্রহ কর। দিয়াশলাই কাঠি অথবা লোহার তার দ্বারা দুই পরমাণুর মধ্যে একক সিগ্মা বন্ধন দেখানো যাবে।

২। এবার পর্যায় সারণিতে এসব মৌলের অবস্থান ঠিক করে এদের সর্বোচ্চ যোজনী জেনে নাও।

৩। সমযোজী যৌগের অণুর আকৃতি ও বন্ধন কোণের ওপর তোমাদের অর্জিত জ্ঞানকে কাজে লাগিয়ে নিচে উল্লেখিত যৌগের মডেল তৈরি কর এবং নিজেদের মধ্যে আলোচনা কর।

(ক) মিথেন অণু (খ) ইথেন অণু (গ)  $\text{BeCl}_2$  অণু (ঘ)  $\text{BCl}_3$  অণু (ঙ) অ্যামোনিয়া অণু।

৪। বোঝার সুবিধার জন্য কিছু পরমাণু মডেল এবং এ সব পরমাণু দ্বারা সিগ্মা বন্ধন সহযোগে সমযোজী অণুর গঠন মডেল বল ও স্টিক পদ্ধতিতে দেখানো হলো।



বড় আকারের আলু  
(কেন্দ্রীয় পরমাণুর মডেল)



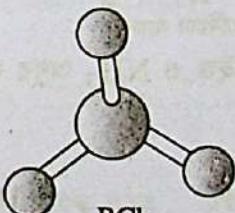
মাঝারি আকারের আলু  
(O, Cl পরমাণুর মডেল)



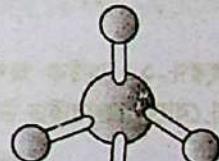
ছোট আকারের আলু  
(H-পরমাণুর মডেল)



$\text{Cl}-\text{Be}-\text{Cl}$   
সরলরৈখিক



$\text{BCl}_3$   
সূব্র ত্রিভুজাকার



$\text{CH}_4$   
সূব্র চতুর্ভুক্তীয়

চিত্র-৩.৩১ :  $\text{BeCl}_2$ ,  $\text{BCl}_3$  ও  $\text{CH}_4$  এর অণুর মডেল।

জেনে নাও :

\* মিথেন ( $\text{CH}_4$ ), ইথেন ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) ইত্যাদি সব সম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন বা অ্যালকেন ( $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ) এর সব C-পরমাণু  $\text{sp}^3$  সংকরিত। তাই এরা কম সক্রিয় হয়।

\* হীরক বা ডায়ম্যন্ড কেলাসে সব C-পরমাণু  $\text{sp}^3$  সংকরিত এবং সময়োজী বন্ধনে আবদ্ধ থাকে। এতে কোনো মুক্ত ইলেকট্রন থাকে না বলে হীরক বিদ্যুৎ অপরিবাহী।

\* গ্রাফাইট কার্বনে সব C-পরমাণু  $\text{sp}^2$  সংকরিত এবং প্রত্যেক C-পরমাণুতে একটি করে সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন থাকে। তাই গ্রাফাইট বিদ্যুৎ সুপরিবাহী অধিতব মৌল। অপরদিকে সব ধাতুতে ধাতব-বন্ধনে ক্রিয়াশীল সব ধাতব পরমাণুর সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন থাকে।

\* দ্বিবন্ধনযুক্ত C-পরমাণুর অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন বা অ্যালকিন ( $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ )-এর দ্বিবন্ধনের উভয় C-পরমাণু  $\text{sp}^2$  সংকরিত এবং দুই C-পরমাণুর মাঝখানে একটি সিগমা বন্ধনসহ একটি পাই ( $\pi$ ) বন্ধন থাকে। পাই ( $\pi$ ) বন্ধন থাকার কারণে অ্যালকিন অধিক সক্রিয়।

\* বেনজিন ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) অণুতে প্রত্যেক C-পরমাণু  $\text{sp}^2$  সংকরিত এবং বেনজিনের ছয় C-পরমাণুর ছয়টি সঞ্চরণশীল পাই ( $\pi$ ) ইলেকট্রন থাকে। বেনজিন বলয়ে তিনটি দ্বিবন্ধনের সমতুল্য ছয়টি সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন আবদ্ধ অবস্থায় থাকে বলে বেনজিন গ্রাফাইটের মতো বিদ্যুৎ পরিবাহী নয়।

\* অনুরপভাবে ত্রিবন্ধন যুক্ত হাইড্রোকার্বন বা অ্যালকাইন ( $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ ) এর ত্রিবন্ধনের উভয় C-পরমাণু  $\text{sp}$  সংকরিত। ত্রিবন্ধনযুক্ত উভয় C-পরমাণুর মাঝখানে একটি সিগমা বন্ধনসহ দুটি পাই ( $\pi$ ) বন্ধন থাকে। পাই ( $\pi$ ) বন্ধন থাকার কারণে অ্যালকাইন অধিক সক্রিয় হয়।

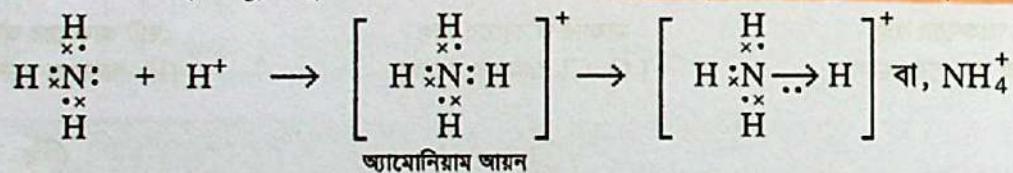
### ৩.১৩ সন্নিবেশ সময়োজী বন্ধন

#### Coordinate Covalent Bond

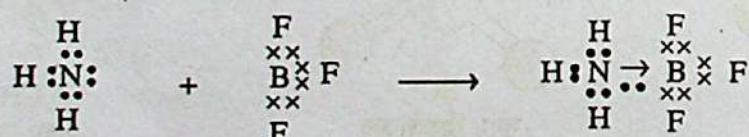
সময়োজী বন্ধন গঠনকালে বন্ধনে অংশগ্রহণকারী প্রতিটি পরমাণু সমান সংখ্যক ইলেকট্রন যোগান দিয়ে ইলেকট্রনযুগল সৃষ্টি করে। তোমরা অ্যামোনিয়াম আয়ন  $\text{NH}_4^+$  লিখে থাকো, এতে  $\ddot{\text{N}}\text{H}_3$  অণুর N পরমাণুর নিঃসঙ্গ-ইলেকট্রন যুগল বা মুক্তজোড় (Ione pair) ইলেকট্রন দ্বারা  $\text{H}^+$  আয়ন কোনো ইলেকট্রন না দিয়েও সময়োজী বন্ধনে আবদ্ধ হয়। সুতরাং দুটি পরমাণুর মধ্যে সময়োজী বন্ধন সৃষ্টির জন্য প্রয়োজনীয় ইলেকট্রন যুগল কোনো কোনো ক্ষেত্রে একটি মাত্র পরমাণু সরবরাহ করে থাকে এবং অপর পরমাণু কোনো ইলেকট্রন যোগান না দিয়ে ঐ ইলেকট্রন যুগল সরবরাহকারী পরমাণুর সাথে সমভাবে শেয়ার করে বন্ধনে আবদ্ধ হয়। এভাবে সৃষ্টি বন্ধনকে সন্নিবেশ বন্ধন বা সন্নিবেশ সময়োজী বন্ধন বলা হয়।

যে পরমাণু তার মুক্তজোড় ইলেকট্রনযুগল সরবরাহ করে তাকে দাতা পরমাণু (donor atom) এবং যে পরমাণু তা শেয়ার করে তাকে গ্রহীতা পরমাণু (acceptor atom) বলা হয়। এক্ষেত্রে দাতা পরমাণু ও গ্রহীতা পরমাণুর মধ্যে একটি তীর চিহ্ন ( $\rightarrow$ ) দেয়া হয়।

**উদাহরণ-১।** অ্যামোনিয়া ( $\ddot{\text{N}}\text{H}_3$ ) অণু ও হাইড্রোজেন আয়নের মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা  $\text{NH}_4^+$  আয়ন সৃষ্টি হয়।

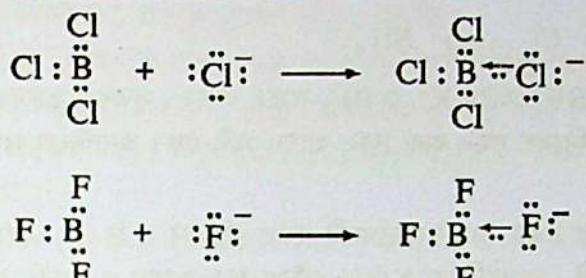


**উদাহরণ-২।** অষ্টক অপূর্ণ বোরন ট্রাইফ্লোরাইড ও  $\text{NH}_3$  অণুর মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা উভয় যোগ যুক্ত হয়ে অ্যামোনিয়া বোরো ফ্লোরাইড উৎপন্ন করে।



অনুরপভাবে,  $\text{BCl}_3$ ,  $\text{BF}_3$  ও  $\text{NH}_3$  এর মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন ঘটে থাকে।

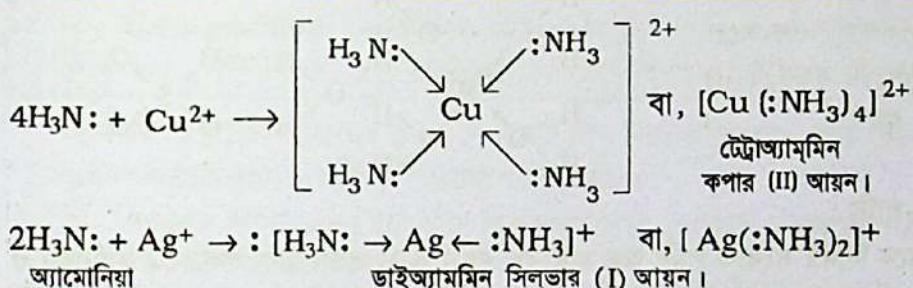
উদাহরণ-৩। অষ্টক অপূর্ণ  $\text{BCl}_3$  ও  $\text{BF}_3$  এর সাথে ক্রোরাইড আয়ন ( $\text{Cl}^-$ ) ও ফ্লোরাইড আয়ন ( $\text{F}^-$ ) সম্মিলিত বকল দ্বারা যথাক্রমে  $\text{BCl}_4^-$  আয়ন ও  $\text{BF}_4^-$  আয়ন গঠন করে। যেমন,



**MCQ-3.17 :** নিচের কোনটির  
আকার সবচেয়ে ছোট? [ক্ৰ. বো. ২০১৭]

**জেনে নাও :** সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা সৃষ্টি  $\text{BCl}_4^-$  আয়ন ও  $\text{BF}_4^-$  আয়ন গঠনকালে কেলীয় পরমাণু B এর  $\text{sp}^2$  সংকরণ ( $\text{BCl}_3$ -তে) পরিবর্তিত হয়ে নতুনভাবে  $\text{sp}^3$  অরবিটাল সংকরণ ঘটে।

সন্নিবেশ বন্ধনের সবচেয়ে বেশি উদাহরণ পাওয়া যায় জটিল ধাতব যৌগে। এ সব জটিল যৌগে বা জটিল আয়নে বিভিন্ন লিগ্যান্ড d-ব্লক মৌলের ধাতব আয়নসমূহকে ইলেক্ট্রনযুগল সরবরাহ করে সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টি করে। জটিল আয়ন বা যৌগ গঠনে নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন যোগানকারী ঝণাঞ্চক আয়ন বা প্রশাম অণুকে লিগ্যান্ড (ligand) বলে। যেমন, নিচের উদাহরণে টেট্রায়ামিন ক্ষেপার (Tl) আয়ন ও ডাইঅ্যামিন সিলভার (I) আয়ন গঠনকালে  $\text{NH}_3$  অণ হলো লিগ্যান্ড।



**MCQ-3.18 :**  $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$  এর মধ্যে কী  
কী প্রকারের বদ্ধন আছে? [ক. বো. ২০১৫]  
(i) আয়নিক (ii) সমযোজী  
(iii) সন্তুষ্টিকারী  
নিচের কোনটি সঠিক?  
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii  
(গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

### ৩.১৩.১ একই ঘোগে বিভিন্ন ধরনের বস্তুনের উপস্থিতি

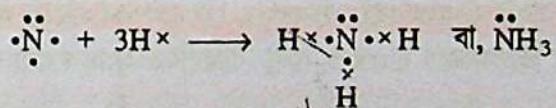
### **Presence of Different Types of bonds in the Same Compound**

**বিভিন্ন বক্ষনযুক্ত যৌগ :** অনেক যৌগে একই সাথে বিভিন্ন ধরনের বক্ষন থাকতে পারে; যেমন,

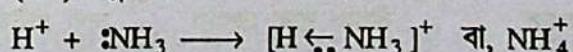
**উদাহরণ-১** |  $\text{NH}_4\text{Cl}$  এর মধ্যে তিনি প্রকার বন্ধন যেমন— (i) সমযোজী বন্ধন, (ii) সন্নিবেশ বন্ধন ও (iii) আয়নিক বন্ধন আছে। এ যোগের  $\text{NH}_4^+$  আয়নে তিনটি N—H বন্ধন সমযোজী এবং  $\left[ \begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{N} \rightarrow \text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array} \right]^+$  একটি  $\text{N} \rightarrow \text{H}$  বন্ধন সন্নিবেশ সমযোজী।

আবার  $\text{NH}_4^+$  আয়ন ও  $\text{Cl}^-$  আয়ন এর সাথে আয়নিক বন্ধন আছে। নিচে তা ব্যাখ্যা করা হলো :

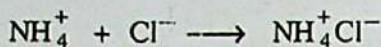
(i) সমযোজী বক্রন দ্বারা  $\text{NH}_3$  অণু গঠন : একটি N পরমাণু তিনটি H পরমাণুর সাথে তিনটি সমযোজী N—H বক্রন সহযোগে  $\text{NH}_3$  অণু গঠন করে।



(ii) সমিবেশ সমযোজী বন্ধন দ্বারা  $\text{NH}_4^+$  আয়ন গঠন : অ্যামিনিয়া অণু ( $\text{NH}_3$ ) এর নিঃসঙ্গ-ইলেক্ট্রন যুগল সহযোগে একটি হাইড্রোজেন আয়ন ( $\text{H}^+$ ) সমিবেশ বন্ধনে আবদ্ধ হয়।



(iii) আয়নিক বঙ্গন দ্বারা  $\text{NH}_4\text{Cl}$  গঠন : ধনাত্মক  $\text{NH}_4^+$  আয়ন ও খণ্ডাত্মক  $\text{Cl}^-$  আয়ন স্থির বৈদ্যুতিক আকর্ষণ দ্বারা আয়নিক বঙ্গনে আবদ্ধ হয়ে  $\text{NH}_4\text{Cl}$  গঠন করে।



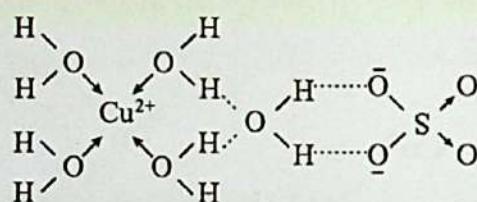
একইভাবে, পটাসিয়াম বোরন টেট্রাফ্লোরাইড  $\text{KBF}_4$  মধ্যে  $\text{K}^+$  ও  $\text{BF}_4^-$  আয়ন আছে। সুতরাং তাদের মধ্যে আয়নিক বক্ষন বিদ্যমান। আবার  $\text{BF}_3$  ও  $\text{F}^-$  আয়নের মধ্যে সন্নিবেশ বক্ষন দ্বারা  $\text{BF}_4^-$  আয়ন সৃষ্টি হয়। অন্যদিকে  $\text{BF}_3$  অংশে  $\text{B}-\text{F}$  বক্ষনসমূহ সময়োজী বক্ষন।

**উদাহরণ-২।**  $\text{H}_3\text{N} \rightarrow \text{BF}_3$  যৌগে দুই ধরনের বক্সন যেমন সমযোজী বক্সন (N-H ও B-I<sup>-</sup>) , এবং সন্নিবেশ বক্সন (N→B) আছে। এতে কোনো আয়নিক বক্সন নেই। অপরদিকে  $\text{KOH}$  যৌগে  $\text{K}^+$  আয়ন ও  $\text{OH}^-$  আয়ন এর মধ্যে আয়নিক বক্সন এবং  $\text{OH}^-$  অংশে O ও H এর মধ্যে বিশুদ্ধ সমযোজী বক্সন আছে।

**উদাহরণ-৩।** হেক্সা-অ্যামিন কোবাল্ট (III) ক্লোরাইড  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  যৌগে অ্যামোনিয়া অংশে N-H বন্ধনসমূহ সময়োজী। আবার  $\text{Co}^{3+}$  আয়নের সাথে ছয়টি  $\text{NH}_3$ -লিগ্যান্ডের (বা নাইট্রোজেন পরমাণুর) বন্ধন সন্তুষ্টিপূর্ণ। তৃতীয়ত,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  যৌগটি প্রকৃতপক্ষে হেক্সা-অ্যামিন কোবাল্ট (iii) আয়ন  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$  এবং  $3\text{Cl}^-$  আয়ন দ্বারা গঠিত। সুতরাং এ দুই অংশের মধ্যে আয়নিক বন্ধন।

একইভাবে  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  প্রভৃতি বহু যোগে তিন প্রকারের বন্ধন আছে।

**উদাহরণ-৪**। সোদক কপার সালফেট বা তুঁতে  
 $(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$  হলো নীল বর্ণের কেলাস। এর মধ্যে  
 (i) সমযোজী বন্ধন, (ii) সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন, (iii)  
 আয়নিক বন্ধন ও (iv) হাইড্রোজেন বন্ধন (. . . . .)  
 আছে। তা পার্শ্বে দেখানো হলো।



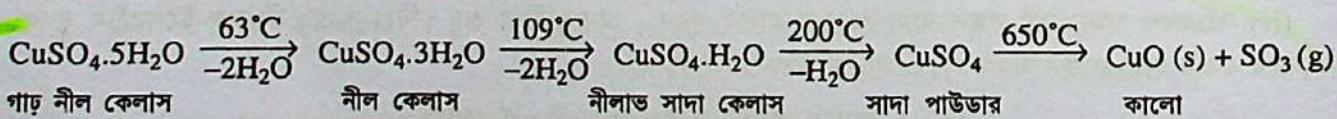
ক্লাস-পানি ও ক্লাসের গঠন-পানি :

যে সব অজৈব লবণের কেলাস গঠনে নির্দিষ্ট সংখ্যক পানি অগু সন্নিবেশ বন্ধন ও H-বন্ধন দ্বারা যথাক্রমে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের সাথে যুক্ত থেকে নির্দিষ্ট আকারের কেলাস গঠন করে; সেই সব পানি অগুকে ঐ কেলাসের কেলাস-পানি (water of crystallization) বলা হয়। যেমন **ব্লু-ভিট্রিওল** (*blue vitriol*) বা নীল বর্ণের ত্ত্বে ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )।<sup>10</sup>

ବୁ-ଡିଟ୍ରିଓଲେର କେଲାସ-ଲ୍ୟାଟିସେ 4ଟି  $H_2O$  ଅଣ୍ଟ  $Cu^{2+}$  ଆୟନେର ସାଥେ ସନ୍ତ୍ରିବେଶ ବନ୍ଧନ ଦ୍ୱାରା ଏବଂ ପଞ୍ଚମ  $H_2O$  ଅଣ୍ଟି  
କେମ୍ବ୍ରିଆନ୍ତାବେ ଏକଦିକେ  $SO_4^{2-}$  ଆୟନେର ସାଥେ 2ଟି H-ବନ୍ଧନ ଦ୍ୱାରା ଏବଂ ଅପରଦିକେ  $Cu^{2+}$  ଆୟନେର ସାଥେ ସନ୍ତ୍ରିବେଶ ବନ୍ଧନେ ଯୁକ୍ତ  
2ଟି  $H_2O$  ଅଣ୍ସହ 2ଟି H ବନ୍ଧନସହକାରେ ମୋଟ 4ଟି H ବନ୍ଧନେ ଆବନ୍ଧ ଥାକେ (ଗଠନ ଚିତ୍ର ଦେଖୋ)।

ବ୍ର-ଭିଡ଼ିଓଲେନ୍ ଓପରୁ ତାପମାତ୍ରାର ପ୍ରଭାବ :

ब्लू-डिट्रिओल ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) के उक्तं करले १म धापे  $63^\circ\text{C}$  तापमात्राय  $\text{Cu}^{2+}$  सह सन्निवेश बन्नने आवश्यक २टि  $\text{H}_2\text{O}$  मुक्त हय; २य धापे  $109^\circ\text{C}$  तापमात्राय  $\text{Cu}^{2+}$  एर अपर २टि  $\text{H}_2\text{O}$  मुक्त हये हालका नीलाभ सादा वर्णेर कपार (II) सालफेट मनोहाइड्रेट ( $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) केलास तैरि हय। एक्षेत्रे एकक पानि अणुटि  $\text{Cu}^{2+}$  आयनेर साथे २टि सन्निवेश बन्नन एवं  $\text{SO}_4^{2-}$  आयनेर साथे २टि H-बन्न द्वारा आवश्यक थेके केलास गठन स्थिर राखे। तथन केलासेर गठन रक्षाकारी पानि अणुके संश्लिष्ट 'केलासेर गठन-पानि' (Water of constitution) बले। एरपर  $200^\circ\text{C}$  (बा, 392F) तापमात्राय ऐ केलासेर गठन पानि अणुटि विमुक्त हये केलासेर गठन सम्पूर्ण नष्ट ओ सादा वर्णेर निरुद्दित  $\text{CuSO}_4$  एर पाउडर उৎपन्न हय। एरपर  $650^\circ\text{C}$  तापमात्राय  $\text{CuSO}_4$  अणु वियोजित हये कालो वर्णेर  $\text{CuO}$  ओ  $\text{SO}_3$  ग्यास उৎपन्न करे।



**বিভিন্ন বন্ধনযুক্ত যৌগের ধর্ম :** (১) অনেক অজৈব লবণে আয়নিক ও সমযোজী বন্ধন একত্রে বিদ্যমান। যেহেতু এসব যৌগে বিপরীতধর্মী আয়নসমূহ বিদ্যমান, সেহেতু এ সব যৌগ আয়নিক যৌগের ধর্ম প্রদর্শন করে। যেমন উচ্চ গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ, তড়িৎ পরিবাহিতা, আয়নসমূহের স্বকীয়তা প্রভৃতি।

(i) যদি কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ায় আয়নসমূহ অবিকৃত থাকে, তবে সে বিক্রিয়া খুব দ্রুত সম্পন্ন হবে। যেমন, তিনি প্রকারের বন্ধনযুক্ত  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  আয়নগুলো দ্রবণে অবিকৃত থাকে, তাই  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  দ্রবণে  $\text{BaCl}_2$  দ্রবণ যোগ করলে সা... সাথে  $\text{BaSO}_4$  এর অধঃক্ষেপ পড়ে। অনুরূপভাবে,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$  এর সাথে  $\text{AgNO}_3$  এর বিক্রিয়ায় তাৎক্ষণিকভাবে  $\text{AgCl}$ -এর অধঃক্ষেপ পড়ে।

(ii) অপরদিকে যদি কোনো বিক্রিয়ায় কোনো আয়নের অভ্যন্তরে সমযোজী বন্ধন ভাঙা বা গড়া হয়, তবে তা ততো দ্রুত হবে না। যেমন  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  কে বিজ্ঞারিত করে  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  বা,  $\text{Na}_2\text{S}$  করতে হলে S-O সমযোজী বন্ধন ভাঙতে হবে। সেক্ষেত্রে বিক্রিয়া ধীরগতিতে এবং উচ্চ তাপমাত্রায় সংঘটিত হবে।

(২) সাধারণভাবে কোনো যৌগে সমযোজী ও সন্নিবেশ বন্ধনের সাথে আয়নিক বন্ধন থাকলে এতে আয়নিক যৌগের ধর্মাবলি প্রাধান্য পায়। সে ধরনের যৌগকে সাধারণভাবে আয়নিক যৌগ হিসেবেই চিহ্নিত করা হয়। যেমন,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  প্রভৃতিতে বিভিন্ন ধরনের বন্ধন থাকলেও এরা আয়নিক যৌগ হিসেবে পরিচিত।

**শিক্ষার্থীর কাজ :**

### ৩.১৪ সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন ও সমযোজী বন্ধনের তুলনা

#### Comparison between Covalent and Coordinate Bonds

**শিখনফল :** সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন হলো সমযোজী বন্ধনের একটি বিশেষ রূপ, তা প্রমাণ করতে হবে।

সমযোজী ও সন্নিবেশ বন্ধনের তুলনা দেখানোর জন্য নিম্নোক্ত বিষয়ের ওপর তুলনা কর। যেমন—

- ১। সমযোজী বন্ধন ও সন্নিবেশ বন্ধনের পরিচয় দাও।
- ২। পরমাণুর বহিস্থ স্তরের ইলেকট্রন বিন্যাসসহ  $\text{NH}_3$  ও  $\text{NH}_4^+$  আয়নের গঠন দেখাও। এতে সমযোজী ও সন্নিবেশ বন্ধন গঠন হয়েছে ব্যাখ্যা কর।
- ৩। এবার  $\text{NH}_3$  অণুতে তিনটি N-H বন্ধনের সাথে  $\text{NH}_4^+$  আয়নে চারটি N-H বন্ধনের কোনো পার্থক্য নেই তা ব্যাখ্যা কর।
- ৪। সবশেষে  $\text{NH}_4^+$  আয়নে  $\angle \text{HNH} = 109^\circ 28'$  কোণটি আদর্শ চতুর্স্তলকের কোণের সমান হওয়ায় প্রতিটি সমযোজী বন্ধনে ইলেকট্রন ঘনত্ব সমান রয়েছে প্রমাণ করে।
- ৫। সমযোজী বন্ধন ও সন্নিবেশ বন্ধন সমতুল্য প্রমাণ করা হলো।

উপরোক্ত বিষয়ভিত্তিক আলোচনা হলো—

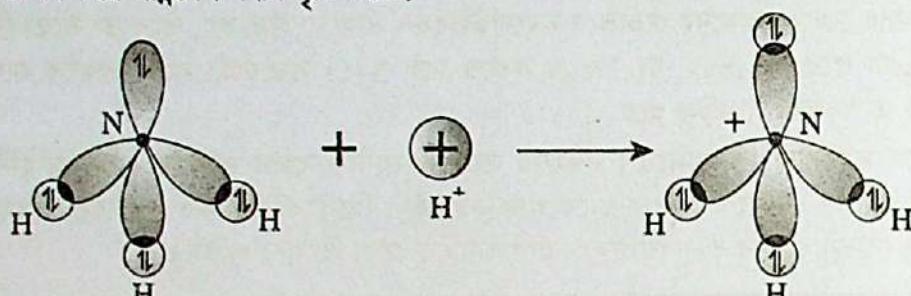
**সমযোজী বন্ধন :** নিকটস্থ নিক্রিয় গ্যাসের স্থিতিশীল ইলেকট্রন বিন্যাস যেমন দ্বিতৃক অথবা অষ্টক কাঠামো লাভের জন্য দুটি অধাতব পরমাণু প্রত্যেকে সমসংখ্যক ইলেকট্রন যোগান দিয়ে যুগল গঠন ও শেয়ার করে যে বন্ধনে আবদ্ধ হয়, একে সমযোজী বন্ধন বলা হয়।

**সন্নিবেশ বন্ধন :** আবার যৌগ অণু গঠনের সময় সমযোজী বন্ধন গঠনের প্রয়োজনীয় ইলেকট্রন যুগল কেবলমাত্র একটি পরমাণু সরবরাহ করে এবং অপর পরমাণু কোনো ইলেকট্রন যোগান না দিয়েও ঐ প্রথম পরমাণুর যোগান দেয়া ইলেকট্রন যুগল শেয়ার করে দ্বিতৃক অথবা অষ্টক পূর্ণ করে বন্ধনে আবদ্ধ হয়, একে সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন বলা হয়।

**সমযোজী বন্ধন ও সন্নিবেশ বন্ধনের সমতুল্যতা :** বন্ধন গঠনের প্রয়োজনীয় ইলেকট্রন যুগলের উৎস ভিন্ন হলেও প্রকৃতপক্ষে বন্ধন শেষে সন্নিবেশ সমযোজী বন্ধন হলো সাধারণ সমযোজী বন্ধনের বা সিগমা বন্ধনের একটি বিশেষ রূপমাত্র। অর্থাৎ সন্নিবেশ বন্ধন প্রকৃতপক্ষে সমযোজী বন্ধন। এক্ষেত্রে  $\text{NH}_3$  অণুর গঠন ও  $\text{NH}_4^+$  আয়ন গঠনের মধ্যে তুলনা থেকে তা সুস্পষ্ট হবে।

নাইট্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস হলো;  $\text{N}(7) = 1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$

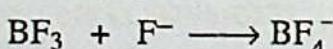
অ্যামোনিয়া ( $\text{NH}_3$ ) যৌগ গঠনের পূর্বে নাইট্রোজেন পরমাণুর অরবিটালে  $\text{sp}^3$  সংকরণ ঘটে। এর ফলে চারটি সমতুল্য সংকর অরবিটাল (যেমন  $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \psi_4$ ) সৃষ্টি হয়, যার তিনটিতে একটি করে এবং চতুর্থটিতে দুটি ইলেক্ট্রন থাকে। এক ইলেক্ট্রনবিশিষ্ট সংকর অরবিটাল তিনটি (যেমন  $\psi_1, \psi_3, \psi_4$ ) তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর  $1s^1$  অরবিটাল এর সাথে অধিক্রমণ করে তিনটি N-H সমযোজী সিগমা বন্ধন সৃষ্টি করে। অ্যামোনিয়া যৌগে নাইট্রোজেন পরমাণুতে চতুর্থ সংকর অরবিটালে (যেমন  $\psi_1$ ) নিঃসঙ্গ-ইলেক্ট্রন যুগল বা মুক্তজোড় ইলেক্ট্রন অবস্থান করে। অ্যামোনিয়াম ( $\text{NH}_4^+$ ) আয়ন গঠনের সময় এ চতুর্থ সংকর অরবিটালটি একটি হাইড্রোজেন আয়নের ( $\text{H}^+$  এর) ইলেক্ট্রনবিহীন  $1s$  অরবিটালের সাথে অধিক্রমণ করে সন্নিবেশ বন্ধন সৃষ্টি করে :



চিত্র-৩.৩২ : সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা  $\text{NH}_4^+$  আয়ন গঠন।

সন্নিবেশ বন্ধন গঠনের ফলে N পরমাণুতে ধনাত্মক আধানের সৃষ্টি হয়। হাইড্রোজেন পরমাণুতে যে ঋণাত্মক আধানের সৃষ্টি হওয়ার কথা, তা পূর্ব থেকে অবস্থানের ধনাত্মক আধানের সাথে মিলিত হয়ে প্রশমিত হয়। সুতরাং চতুর্থ N-H বন্ধনের সাথে অপর তিনটি N-H বন্ধনের আর কোনো পার্থক্য থাকে না। অ্যামোনিয়াম আয়নে প্রতিটি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং N-H বন্ধন সমতুল্য এবং প্রতিটি  $\angle \text{HNH} = 109^\circ 28'$  অর্থাৎ আদর্শ চতুর্ভুক্তকের কোণ  $109.5^\circ$  এর সমান।

**সমাধানভূত সমস্যা-৩.১৫ :** দ্বিতীয় পর্যায়ভূক্ত গ্রুপ-13 বা 3A এর একটি মৌল B এর ফ্লোরাইড  $\text{BF}_3$  যৌগটি নিম্নরূপে  $\text{BF}_4^-$  অ্যানায়ন গঠন করে : [চ. বো. ২০১৫]

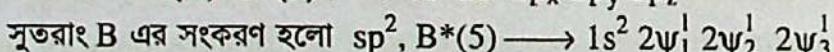
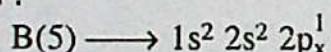


(ক)  $\text{BF}_3$  ও  $\text{F}^-$  আয়নের সাথে কোন প্রকারের বন্ধন গঠিত হয় তা ব্যাখ্যা কর।

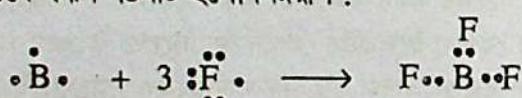
(খ) উদ্বিপক্ষের বিক্রিয়ার মাধ্যমে B পরমাণুর সংকরণ অবস্থার পরিবর্তন ঘটে কীনা তা যাচাই কর।

**সমাধান :** (ক)  $\text{BF}_3$  ও  $\text{F}^-$  আয়নের মধ্যে বন্ধন গঠনের ব্যাখ্যা :

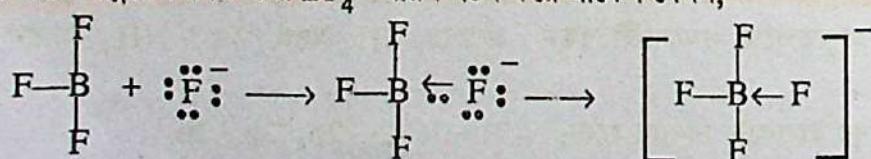
উদ্বিপক্ষ মতে, B হলো ২য় পর্যায়ভূক্ত গ্রুপ- 13 বা 3A এর মৌল। তাই মৌলটি হলো বোরন, B(5)। মৌলটির ইলেক্ট্রন বিন্যাস হলো :



$\text{sp}^2$  সংকরিত B পরমাণুর তিনটি সংকর অরবিটালের সাথে তিনটি ফ্লোরিন পরমাণু সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে  $\text{BF}_3$  অণু গঠিত হয়। লুইস প্রতীকের মাধ্যমে বন্ধন গঠনটি হলো নিম্নরূপ :



উৎপন্ন  $\text{BF}_3$  যৌগ অণুতে অষ্টক অপূর্ণ আছে। তাই উদ্বিপক্ষ মতে ফ্লোরাইড আয়ন ( $\text{F}^-$ ) নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন জোড় যোগান দিয়ে  $\text{BF}_3$  এর সাথে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা  $\text{BF}_4^-$  আয়ন গঠন করে থাকে। যেমন,



**MCQ-3.19 :**  $\text{NH}_4\text{Cl}$

অণুতে কী কী প্রকারের বন্ধন আছে? [চ. বো. ২০১৫]

(i) আয়নিক (ii) সমযোজী

(iii) সন্নিবেশ বন্ধন  
নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii

(গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

**MCQ-3.20 :** কোনটির ইলেক্ট্রন

আসক্তির মান সর্বনিম্ন? [য. বো. ২০১৭]

(ক) F (খ) O (গ) Ca (ঘ) Si

**সমাধান :** (খ) B পরমাণুর সংকরণ অবস্থার পরিবর্তন ঘটে কিনা তার ব্যাখ্যা : আমরা জানি  $BF_3$  অণু গঠনে B পরমাণুর  $sp^2$  সংকরণ ঘটেছে। উদ্দীপক মতে,  $BF_3$  অণু ও ফ্লোরাইড আয়ন ( $F^-$ ) এর মধ্যে সন্নিবেশ বন্ধন দ্বারা  $BF_4^-$  অ্যানায়ন গঠিত হয়ে থাকে। তখন B পরমাণুর খালি  $2p_z^0$  অরবিটালে একটি ইলেকট্রন যুক্ত হয়ে পড়ে। এ অবস্থায় B-আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস হয়,  $B^- (5) \longrightarrow 1s^2 2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$

তখন  $B^-$  আয়নে নতুনভাবে  $sp^3$  অরবিটাল সংকরণ ঘটে থাকে।

$sp^3$  সংকরণের পর  $B^- (5) \longrightarrow 1s^2 2p_1^1 2p_2^1 2p_3^1 2p_4^1$  হয়। তখন চারটি সংকরণের অরবিটালে চতুর্থ F পরমাণু সিগ্মা বন্ধনে আবদ্ধ হয়ে পড়ে। সুতরাং উদ্দীপকের বিক্রিয়ার মাধ্যমে B এর  $sp^2$  সংকরণ অবস্থার পরিবর্তন ঘটে  $sp^3$  সংকরণের অবস্থায়  $BF_4^-$  অ্যানায়ন গঠিত হয়। তখন চতুর্থলক্ষণীয় গঠন হয়ে থাকে।

**সত্যতা যাচাই :** নিচের সাধারণ ফর্মুলার সাহায্যে যৌগ বা অ্যানায়নের কেন্দ্রীয় পরমাণুর সংকরণে অংশগ্রহণকারী অরবিটাল সংখ্যা (H) নির্ণয় করা যায় এবং সংকরণ অবস্থা থেকে গঠনাকৃতিও জানা যায়। যেমন—

$$H = \frac{1}{2} \left[ \begin{array}{cccc} \text{যোজ্যতা স্তরে} & + & \text{একযোজী পরমাণুর} & - \\ \text{ইলেকট্রন সংখ্যা (V)} & & \text{সংখ্যা (X)} & \text{চার্জ সংখ্যা (C)} \\ & & & \text{চার্জ সংখ্যা (A)} \end{array} \right]$$

$$\text{বা, } H = \frac{1}{2} [V + X - C + A]$$

$BF_4^-$  আয়নের বেলায় সংকরণে অংশগ্রহণকারী অরবিটাল সংখ্যা :

$$H = \frac{1}{2} [3 + 4 - 0 + 1] = 4$$

সুতরাং এক্ষেত্রে চারটি অরবিটাল যেমন  $2s$  ও তিনটি  $2p$  অরবিটাল সংকরণে অংশ নিয়েছে। তাই  $BF_4^-$  আয়ন গঠনে  $sp^3$  সংকরণ ঘটেছে। বিক্রিয়ার পূর্বে  $BF_3$  অণুতে B এর  $sp^2$  সংকরণ ছিল এবং সন্নিবেশ বন্ধনে  $F^-$  আয়নের সাথে যুক্ত হওয়ার কালে সংকরণের পরিবর্তনের মাধ্যমে নতুন সংকরণ  $sp^3$  ঘটেছে, তা যাচাই করা হলো এবং এর সত্যতা প্রমাণিত হলো।

**শিক্ষার্থীর কাজ-৩.১৪ :** বন্ধন প্রকৃতির ব্যাখ্যাভিত্তিক :

প্রশ্ন-৩.৩২(ক)।  $NH_4Cl$  যৌগের বন্ধন প্রকৃতি ব্যাখ্যা কর।

[চ. বো. ২০১৫]

প্রশ্ন-৩.৩২(খ)। A ও D মৌলের যোজ্যতা ইলেকট্রন হলো যথাক্রমে  $ns^2np^1$  ও  $ns^2np^3$ ।  $ACl_3$  এর সাথে  $DH_3$  এর মধ্যে কোন ধরনের বন্ধন গঠন সম্ভব তা ব্যাখ্যা কর।

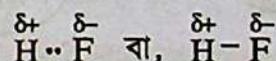
[ব. বো. ২০১৫]

প্রশ্ন-৩.৩২(গ)। সন্নিবেশ বন্ধন প্রকৃতপক্ষে সমযোজী বন্ধন; ব্যাখ্যা কর।

[চ. বো. ২০১৭]

### ৩.১৫ সমযোজী বন্ধনে পোলারিটি বা, তড়িৎযোজী বৈশিষ্ট্য : তড়িৎ ঝণাঞ্চকতার প্রভাব Polarity in Covalent Compounds : Electronegativity Effect

সমযোজী বন্ধনের শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগলকে কোনো পরমাণু কর্তৃক নিজের দিকে অধিক আকর্ষণ করার ক্ষমতাকে ঐ পরমাণুর তড়িৎ ঝণাঞ্চকতা বলা হয়। অধাতুর তড়িৎ ঝণাঞ্চকতা বেশি এবং ধাতুর তড়িৎ ঝণাঞ্চকতা কম। ফ্লোরিনের তড়িৎ ঝণাঞ্চকতা সবচেয়ে বেশি, তারপর অঞ্জিজেন, ক্লোরিন, নাইট্রোজেন পরমাণুর স্থান। শেয়ারকৃত ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব অধিক তড়িৎ ঝণাঞ্চক পরমাণুর দিকে বেশি আকৃষ্ট হয়। ফলে ঐ পরমাণুতে আংশিক ঝণাঞ্চক চার্জ ( $\delta-$ ) এবং অপর পরমাণুতে আংশিক ধনাঞ্চক চার্জ ( $\delta+$ ) সৃষ্টি হয়। যেমন,



N 3.0	O 3.5	F 4.0
S 2.5	Cl 3.0	
	Br 2.8	
	I 2.5	

সর্বাধিক তড়িৎ ঝণাঞ্চক পরমাণু

পাউলিং ক্লেল অনুসারে কয়েকটি মৌলের তড়িৎ ঝণাঞ্চকতার মান হলো,  $F = 4, O = 3.5, Cl = 3.0, N = 3.0, Br = 2.8, I = 2.5, C = 2.5, H = 2.1$

**ডাইপোল ও পোলারিটি :** সমযোজী যৌগের সংশ্লিষ্ট দুই পরমাণুর তড়িৎ ঝণাঞ্চকতার পার্থক্য  $0.5 - 1.9$  এর মধ্যে হলে তখন সমযোজী বন্ধনের ইলেকট্রন যুগল অধিক তড়িৎ ঝণাঞ্চক পরমাণু দ্বারা বেশি আকৃষ্ট হয়ে থাকে। ফলে অণুর দুই প্রান্তে দুটি আংশিক ডিন্ড চার্জের বা মেরুর সৃষ্টি হয়, উভয় মেরুকে একত্রে ডাইপোল (dipole) বলা হয়। সমযোজী যৌগের অণুতে ডাইপোল সৃষ্টির ধর্মকে ঐ যৌগের পোলারিটি (polarity) বলা হয়। অণুর দুই প্রান্তে আংশিক ধনাঞ্চক ( $\delta+$ ) ও আংশিক ঝণাঞ্চক ( $\delta-$ ) দুটি ডিন্ড মেরু সৃষ্টি হওয়ায় ঐ অণুকে পোলার অণু বা পোলার যৌগ বলা হয়।  $\text{HF}, \text{H}_2\text{O}$  হলো পোলার যৌগ।  $\rightarrow \text{DAT}: 17 - 18$

**HF একটি সর্বাধিক পোলার অণু;** কারণ F ও H পরমাণুদ্বয়ের তড়িৎ ঝণাঞ্চকতার পার্থক্য ( $4 - 2.1$ ) =  $1.9$  যা দ্বারা পোলার অণুসমূহের মধ্যে সর্বাধিক পোলারিটি প্রকাশ পায়। হ্যালোজেনসমূহের মধ্যে F সর্বাধিক তড়িৎ ঝণাঞ্চক বলে HF সর্বাধিক পোলার অণু। **হাইড্রোজেন হ্যালাইডের অণুগুলোর মেরু প্রবণতা ক্রম হলো  $\text{HF} > \text{HCl} > \text{HBr} > \text{HI}$ ; মূলকথা বন্ধনে আবন্দ পরমাণুদ্বয়ের ঝণাঞ্চকতার পার্থক্য যত বেশি হবে সমযোজী যৌগে আয়নিক বৈশিষ্ট্য তত বেশি প্রকাশ পায়।**

জেনে রাখ; বাস্তবে 100% আয়নিক কোনো যৌগ নেই। তদুপ 100% সমযোজী যৌগ নেই। NaCl যৌগে প্রায় 80% আয়নিক বৈশিষ্ট্য রয়েছে। নিচের সারণিতে পরমাণুর তড়িৎ ঝণাঞ্চকতার পার্থক্য এবং তাদের দ্বারা সৃষ্টি যৌগে আয়নিক বৈশিষ্ট্যের মোটামুটি শতকরা মাত্রা দেখানো হলো। যেমন,

তড়িৎ ঝণাঞ্চকতার পার্থক্যের পরিমাণ :	0.1	0.2	0.6	1.1	1.7	2.0	2.1	3
শতকরা মাত্রায় গড় আয়নিক বৈশিষ্ট্য :	0.5	1.0	10	25	50	75	80	90

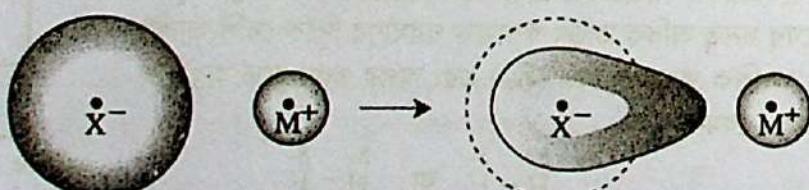
সমযোজী অণুতে আংশিক ধনাঞ্চক ও ঝণাঞ্চক তড়িৎ চার্জ সৃষ্টির কারণে ঐ সব যৌগে আংশিক আয়নিক যৌগের বৈশিষ্ট্য প্রকাশ পায়। H-পরমাণুযুক্ত পোলার অণুর মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধন নামে নতুন আন্তঃআণবিক বল সৃষ্টি হয়। তখন এ সব যৌগের অণু সংবন্ধ (associated) থাকে। H-বন্ধনের কারণে যৌগের মধ্যে পার্থক্য দেখা দেয়। যেমন ঐ সব যৌগে ভৌত অবস্থা, গলনাঙ্ক, ঘনত্ব ইত্যাদি ধর্মে আংশিক আয়নিক যৌগের বৈশিষ্ট্য দেখা যায়।

গ্রুপ-16 (6A) এর অক্সিজেন ও সালফারের হাইড্রোইড হলো যথাক্রমে  $\text{H}_2\text{O}$  ও  $\text{H}_2\text{S}$ । এক্ষেত্রে পোলার  $\text{H}_2\text{O}$  তরল, কিন্তু অপোলার  $\text{H}_2\text{S}$  হলো গ্যাস।  $\text{HCl}, \text{H}_2\text{SO}_4, \text{HNO}_3$  ইত্যাদি এসিড অণু হলো পোলার। এরা পানিতে  $\text{H}^+$  আয়ন দেয়, অন্ধর্ম প্রকাশ করে। NaCl এর জলীয় দ্রবণের মতো এ সব এসিডের জলীয় দ্রবণ বিদ্যুৎ পরিবাহী হয়। জলীয় দ্রবণে আয়নিক যৌগের বিক্রিয়া যেমন খুব দ্রুত ঘটে। অনুরূপভাবে এসব পোলার সমযোজী যৌগ পানিতে দ্রৌত্তৃত অবস্থায় দ্রুত বিক্রিয়া করে থাকে। বিশুদ্ধ সমযোজী যৌগের মধ্যে বিক্রিয়া আয়নিক যৌগের বিক্রিয়ার তুলনায় ধীরে ঘটে।

### ৩.১৫.১ পোলারাইন বা আয়নের বিকৃতি

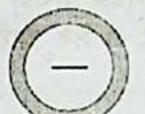
#### Polarization of Ions

**পোলারাইন :** যখন কোনো ক্যাটায়ন একটি অ্যানায়নের খুব নিকটে আসে, তখন ক্যাটায়নের নিউক্লিয়াস তথা সামগ্রিক ধনাঞ্চক চার্জ অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘকে নিজের দিকে আকর্ষণ করে। একই সাথে ক্যাটায়নটি অ্যানায়নের নিউক্লিয়াসকে বিকর্ষণ করে। এ আকর্ষণ ও বিকর্ষণের ফলে অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘ ক্যাটায়নের দিকে সরে আসে। একে ক্যাটায়ন দ্বারা অ্যানায়নের বিকৃতি বা পোলারাইন বলা হয়। তখন ক্যাটায়ন দ্বারা অ্যানায়নটি পোলারাইত হয়েছে বলা হয়। অ্যানায়নকে এভাবে পোলারাইত করার ক্ষমতাকে ক্যাটায়নের পোলারাইন ক্ষমতা বলে।



চিত্র-৩.৩৩ :  $\text{M}^+$  ক্যাটায়ন কর্তৃক  $\text{X}^-$  অ্যানায়নের পোলারাইন।

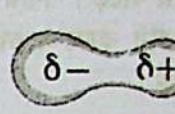
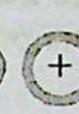
সম্পূর্ণ আয়নিক বন্ধনে আয়নদ্বয়ের অবস্থা, পোলারায়নের ফলে অ্যানায়নে ইলেকট্রন মেঘের বিকৃতি, পোলার সমযোজী বন্ধন ও বিশুদ্ধ সমযোজী বন্ধনে ইলেকট্রন মেঘের অবস্থা নিচের চিত্র দ্বারা ধারণা দেয়া হলো :



সম্পূর্ণ আয়নিক



আংশিক সমযোজী



পোলার সমযোজী



বিশুদ্ধ সমযোজী

চিত্র-৩.৩৪ : বিভিন্ন বন্ধনে ইলেকট্রন মেঘের বিভিন্ন অবস্থা।

### ৩.১৫.২ আয়নিক যৌগে সমযোজী বৈশিষ্ট্য

#### Covalent Character in Ionic Compounds

**L**অ্যানায়নের পোলারায়ন নিঃসন্দেহে আদর্শ আয়নিক যৌগের ধর্ম থেকে বিচ্ছিন্ন। এ কারণে পোলারায়নের পরিমাণ বৃদ্ধির সাথে সাথে আয়নিক যৌগের বিভিন্ন ধর্মের (যেমন, উচ্চ গলনাক্ষ, উচ্চ স্ফুটনাক্ষ, উদ্বায়িতা, পানিতে অধিক দ্রবণীয়তা প্রভৃতি) ক্রমান্বয় ও সমযোজী যৌগের বৈশিষ্ট্যের ক্রম বৃদ্ধি ঘটে। ধাতব কার্বনেট লবণসমূহে অধিক পোলারায়ন ঘটলে এদের সুস্থিতি হাস পায় এবং অল্প তাপে বিযোজিত হয়।

**ফাজানের নিয়ম :** আয়নিক যৌগে ক্যাটায়ন দ্বারা অ্যানায়নের পোলারায়নের পরিমাণ কয়েকটি শর্ত যেমন আয়নের চার্জ, আয়নের আকার ও আয়নের ইলেকট্রন বিন্যাস ইত্যাদি দ্বারা নির্ধারিত হয়। এ সব শর্তকে ফাজানের পোলারায়ন নিয়ম বলা হয়। এ সব শর্তের ভূমিকা হলো—

- \* (i) ক্যাটায়নের ও অ্যানায়নের চার্জের পরিমাণ যতো বেশি হয় পোলারায়ন ততো বেশি হয়।
- \* (ii) ক্যাটায়নের আকার যতো ছোট হয় এবং অ্যানায়নের আকার যতো বড় হয় পোলারায়ন ততো বেশি ঘটে। এছাড়া
- \* (iii) যে সব ক্যাটায়নের ইলেকট্রন বিন্যাসে  $ns^2 np^6 nd^{1-10}$  ইলেকট্রন বিন্যাস থাকে; সে সব ক্ষেত্রে  $ns^2 2p^6$  এর তুলনায় অ্যানায়নের বিকৃতি বা পোলারায়ন বেশি মাত্রায় ঘটে। যেমন,

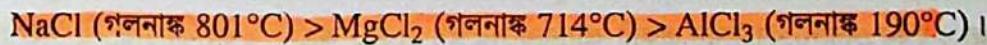
#### ফাজানের পোলারায়ন নিয়ম বা শর্তাবলির ব্যাখ্যা

(১) পোলারায়নের ১ম নিয়ম : **ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের চার্জের পরিমাণ :** কোনো ক্যাটায়ন কর্তৃক

অ্যানায়নকে পোলারায়ন করার ক্ষমতা ক্যাটায়নের ধনাত্মক চার্জ বৃদ্ধির সাথে বৃদ্ধি পায়।

**পর্যায়বিভিত্তিক সম্পর্ক :** পর্যায় সারণির যে কোনো পর্যায়ে বাম দিক থেকে যতোই ডান দিকে যাওয়া যায়, ক্যাটায়নসমূহের ধনাত্মক চার্জও ততো বৃদ্ধি পায়; ফলে অধিক চার্জযুক্ত ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতাও ততোই বৃদ্ধি পায়। ফলে যৌগটিতে সমযোজী বৈশিষ্ট্য বৃদ্ধি পায়। তাই সংশ্লিষ্ট যৌগের গলনাক্ষ হাস পায়।

তৃতীয় পর্যায়ে  $Na^+$  আয়ন এর চেয়ে  $Mg^{2+}$  আয়নের পোলারায়ন ক্ষমতা বেশি।  $Mg^{2+}$  আয়ন অপেক্ষা  $Al^{3+}$  আয়নের পোলারায়ন ক্ষমতা আরো বেশি। তাই এসব আয়নের যৌগসমূহে সমযোজী ধর্ম ক্রমানুসারে বৃদ্ধি পায় এবং যৌগসমূহের গলনাক্ষ (এবং স্ফুটনাক্ষ) ক্রমশ হাস পায়। যেমন,



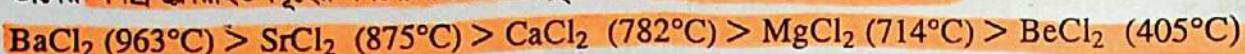
একই ধাতব পরমাণু বিভিন্ন চার্জযুক্ত ক্যাটায়ন সৃষ্টি করলে কম চার্জবিশিষ্ট ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতা কম হবে এবং বেশি চার্জের ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতা বেশি হবে। যেমন, অনর্দ্র ফেরাস ক্লোরাইড ( $FeCl_2$ ) এর গলনাক্ষ  $670^\circ C$  অথচ অনর্দ্র ফেরিক ক্লোরাইড ( $FeCl_3$ ) এর গলনাক্ষ মাত্র  $306^\circ C$ । ফেরিক ক্লোরাইড  $FeCl_3$  এ ক্যাটায়নের চার্জ এক একক বৃদ্ধি পাওয়ার যৌগের সমযোজী ধর্ম বৃদ্ধি পায়। ফলে গলনাক্ষ কমে।

অ্যানায়নসমূহের ঝগাত্তক চার্জের বৃদ্ধির সাথে পোলারায়িত হওয়ার প্রবণতা বৃদ্ধি পায়। যেমন, ফ্লোরাইড ( $F^-$ ) আয়ন অপেক্ষা অক্সাইড ( $O^{2-}$ ) আয়ন বেশি পোলারায়িত হয় এবং নাইট্রাইড ( $N^{3-}$ ) আয়ন আরও বেশি পোলারায়িত হয়। ফলে  $CaF_2$  অপেক্ষা  $CaO$  অধিক সমযোজী প্রকৃতির হয়।

(২) পোলারাইয়নের ২য় নিয়ম : ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের আকার : কোনো ক্যাটায়নের অ্যানায়নকে পোলারাইয়ন করার ক্ষমতা এর আকার ত্বাসের সাথে বাড়ে । পর্যায় সারণিতে একই গ্রুপে যতোই নিচ থেকে ওপরের দিকে যাওয়া যায়, একই চার্জযুক্ত ক্যাটায়নসমূহের আকার কমে যাওয়ায় এদের পোলারাইয়ন ক্ষমতাও বেড়ে যায়, অর্থাৎ এ সব আয়নের যৌগসমূহের সমযোজী ধর্ম ততো বাড়ে ।

গ্রুপ-2(2A) এর দ্বিতীয়ক চার্জযুক্ত বিভিন্ন ক্যাটায়নের ব্যাসার্ধ ঐ গ্রুপের নিচ থেকে ওপর দিকে কমতে থাকে । যেমন  $Ba^{2+} = 1.34 \text{ \AA}$ ;  $Sr^{2+} = 1.12 \text{ \AA}$ ;  $Ca^{2+} = 0.99 \text{ \AA}$ ;  $Mg^{2+} = 0.66 \text{ \AA}$ ;  $Be^{2+} = 0.35 \text{ \AA}$  । তাই তাদের পোলারাইয়ন ক্ষমতা বিপরীতভাবে কমে : যেমন  $Be^{2+} > Mg^{2+} > Ca^{2+} > Sr^{2+} > Ba^{2+}$

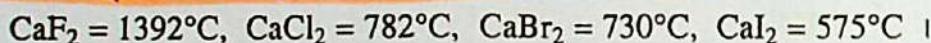
তাদের অন্তর্ভুক্ত ক্লোরাইডসমূহের সমযোজী বৈশিষ্ট্যের বৃদ্ধি বা গলনাঙ্কের ত্বাসের ক্রম হলো নিম্নরূপ :



আবার অ্যানায়নের আকার বৃদ্ধির সাথে পোলারাইয়ত হওয়ার প্রবণতা বৃদ্ধি পায় । অ্যানায়নের ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পেলে সর্ববহিস্থ ত্বাসের ইলেক্ট্রনের সাথে নিউক্লিয়াসের গড় দ্রব্যত্ব বৃদ্ধি পায় । ফলে ইলেক্ট্রনের ওপর অ্যানায়নের নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ ত্বাস পায় । তখন ক্যাটায়ন সহজেই অ্যানায়নকে পোলারাইয়ত করতে পারে । একই গ্রুপে ওপর থেকে নিচের দিকে অ্যানায়নের পোলারাইয়ত হওয়ার প্রবণতা বাড়ে । যেমন,



ক্যালসিয়ামের হ্যালাইডসমূহের মধ্যে  $CaI_2$ -এ সমযোজী বৈশিষ্ট্য সবচেয়ে বেশি । এদের গলনাঙ্ক নিম্নরূপ :



অনুরূপভাবে সোডিয়াম হ্যালাইডসমূহের আয়নিক ধর্মের ত্বাসক্রম হলো,  $NaF > NaCl > NaBr > NaI$

অনুরূপভাবে সোডিয়াম হ্যালাইডসমূহের সমযোজী ধর্মের বৃদ্ধিক্রম হলো,  $NaF < NaCl < NaBr < NaI$

(৩) পোলারাইয়নের ৩য় নিয়ম : ক্যাটায়নের ইলেক্ট্রন বিন্যাস : সমচার্জের ও প্রায় সমআকারের দুটি ক্যাটায়নের মধ্যে  $ns^2np^6$  ইলেক্ট্রন বিন্যাসবিশিষ্ট ক্যাটায়ন অপেক্ষা  $ns^2np^6(n-1)d^{10}$  বিশিষ্ট ক্যাটায়নের (নিউক্লিয়াসে থাকা অধিক সংখ্যক প্রোটনের অধিক আকর্ষণের কারণে) পোলারাইয়ন ক্ষমতা বেশি হয় । যেমন,  $NaCl$  এর গলনাঙ্ক  $801^\circ\text{C}$ ; অর্থে ক্ষেত্র (I) ক্লোরাইড  $CuCl$  এর গলনাঙ্ক মাত্র  $422^\circ\text{C}$  যা দ্বারা শেষোক্ত যৌগে সমযোজী ধর্মের প্রাধান্য বোঝা যায় । যদিও  $Na^+$  ( $0.095 \text{ nm}$ ) ও  $Cu^+$  ( $0.096 \text{ nm}$ ) এর আকার প্রায় সমান ।

জেনে নাও : পোলারিটি ও পোলারাইয়ন-এর মধ্যে পার্থক্য কী?

[সি. বো. ২০১৯]

পোলারিটি ও পোলারাইয়ন এ উভয় পদের মধ্যে সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্যভিত্তিক নিম্নোক্ত পার্থক্য রয়েছে ।

১। (ক) পোলারিটির সংজ্ঞা : সমযোজী যৌগ অণুর সংশ্লিষ্ট দুই পরমাণুর তড়িৎ ঝণাঞ্চকতার পার্থক্য  $0.5 - 1.9$  এর মধ্যে হলে তখন অধিক তড়িৎ ঝণাঞ্চক পরমাণুর দিকে সমযোজী বন্ধন ইলেক্ট্রন যুগল বেশি আকৃষ্ট হয়ে থাকে । ফলে অণুর দুই প্রান্তে দুটি আংশিক ভিন্ন চার্জযুক্ত মেরু সৃষ্টি হয় । এক্ষেত্রে উভয় ভিন্ন মেরুকে ডাইপোল এবং সমযোজী যৌগের অণুতে ডাইপোল সৃষ্টি ধর্মকে পোলারিটি বলে । এরূপ যৌগকে পোলার অণু বলে । যেমন  $HF$  ও  $H_2O$  হলো পোলার অণু ।

(খ) পোলারাইয়নের সংজ্ঞা : যখন কোনো ক্যাটায়ন একটি অ্যানায়নের খুব নিকটে আসে, তখন ক্যাটায়নের নিউক্লিয়াস বা সামগ্রিক ধনাঞ্চক চার্জ অ্যানায়নের ইলেক্ট্রন মেঘকে নিজের দিকে আকর্ষণ করে । একই সাথে ক্যাটায়নটি অ্যানায়নের নিউক্লিয়াসকে বিকর্ষণ করে । এরূপ আকর্ষণ ও বিকর্ষণের ফলে অ্যানায়নের ইলেক্ট্রন মেঘ ক্যাটায়নের দিকে সরে আসে । আয়নিক যৌগে ইলেক্ট্রন মেঘের এরূপ অবস্থাকে ক্যাটায়ন দ্বারা অ্যানায়নের পোলারাইয়ন বলে ।

২। পোলারিটি ও পোলারাইয়নের বৈশিষ্ট্য বা ফলাফল :

(ক) পোলারিটি সৃষ্টির ফলে সমযোজী যৌগের মধ্যে আংশিক আয়নিক যৌগের বা তড়িৎযোজী যৌগের ধর্ম প্রকাশ পায় । যেমন  $HCl$ ,  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$  ইত্যাদি সমযোজী যৌগ পানিতে সহজে আয়নিত হয়ে থাকে । এসব পোলার যৌগের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ বিশ্লেষ্য হয়ে থাকে; ফলে বিদ্যুৎ পরিবহন করতে পারে ।

(খ) পোলারায়নের ফলে আয়নিক যৌগ বা তড়িৎযোজী যৌগের মধ্যে আংশিক সময়োজী যৌগের ধর্ম প্রকাশ পায়। এর ফলে যৌগের গলনাক্ষ, পানিতে দ্রাব্যতা, কার্বনেট লবণের তাপীয় স্থিতি ইত্যাদি প্রতি ক্ষেত্রে হাস পায়। যেমন  $\text{NaCl}$  এর গলনাক্ষ  $801^{\circ}\text{C}$ ; কিন্তু পোলারায়নের প্রভাবে  $\text{AlCl}_3$  এর গলনাক্ষ হাস পেয়ে  $190^{\circ}\text{C}$  হয়।

**শিক্ষার্থীর কাজ-৩.১৫ : ফাজানের পোলারায়ন নিয়মভিত্তিক :**

- (সমস্যা-৩.৩৩) (ক)  $\text{NaCl}$  অপেক্ষা  $\text{CuCl}$  এর গলনাক্ষ কম কেন? [ঢ. বো. ২০১৬]  
 (খ)  $\text{CaCl}_2$  ও  $\text{AlCl}_3$  লবণদ্বয়ের মধ্যে কোনটি পানিতে অধিক দ্রবণীয় এবং কেন? [চ. বো. ২০১৬]  
 (গ)  $\text{FeCl}_2$  ও  $\text{FeCl}_3$  লবণদ্বয়ের মধ্যে কোনটির গলনাক্ষ কম হবে এবং কেন? [চ. বো. ২০১৫; ব. বো. ২০১৬]  
 (ঘ)  $\text{BeCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  ও  $\text{CaCO}_3$  এর মধ্যে বিয়োজন তাপমাত্রার ক্রম কীর্তন করে এবং কেন তা ব্যাখ্যা কর। [ঢ. বো. ২০১৬]  
 (ঙ)  $\text{AgF}$  পানিতে দ্রবণীয়, কিন্তু  $\text{AgCl}$  পানিতে অদ্রবণীয়;— এর ব্যাখ্যা কর।  
 (চ)  $\text{AgCl}$  হলো সাদা, কিন্তু  $\text{AgI}$  হলুদ কেন?  
 (ছ)  $\text{PbCl}_2$  হলো সাদা, কিন্তু  $\text{PbI}_2$  সোনালী হলুদ কেন?

### ৩.১৫.৩ আয়নিক বিভব বা আয়নিক পটেনসিয়াল (Ionic Potential)

ফাজানের পোলারায়ন নিয়ম মতে, ক্যাটায়ন দ্বারা অ্যানায়নকে পোলারায়ন করার ক্ষমতা ক্যাটায়নের চার্জ বৃদ্ধির সাথে বাড়ে এবং ক্যাটায়নের ব্যাসার্ধ বৃদ্ধির সাথে কমে। বিভিন্ন ক্যাটায়নের পোলারায়ন ক্ষমতা তুলনা করার জন্য ‘আয়নিক পটেনসিয়াল’ পদ ব্যবহৃত হয় :

$$\text{ক্যাটায়নের আয়নিক পটেনসিয়াল}, \phi = \frac{\text{ক্যাটায়নের চার্জ}}{\text{ক্যাটায়নের ব্যাসার্ধ}}$$

ক্যাটায়নের  $\phi$  এর মান বৃদ্ধির সাথে (i) আয়নিক লবণের গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ ক্রমহাস পায়, তা ফাজানের ১ম নিয়মে উদাহরণ দেয়া হয়েছে। এছাড়া (ii) লবণের পানিতে দ্রাব্যতা হাস পায়, (iii) যৌগসমূহ বর্ণযুক্ত হয়, (iv) ধাতব কার্বনেটসমূহের অল্প তাপে বিয়োজন ঘটে ইত্যাদি বৈশিষ্ট্য প্রকাশ পায়।

(১) **পানিতে লবণের দ্রাব্যতা হাস :** আয়নিক যৌগসমূহ পোলার দ্রাবক পানিতে দ্রবণীয়; কিন্তু সময়োজী যৌগ পানিতে সাধারণত কম দ্রবণীয় বা অদ্রবণীয় হয়। আয়নিক যৌগে অ্যানায়ন খুব বেশি পোলারায়িত হলে যৌগটির সময়োজী ধর্ম বৃদ্ধি পায়। অ্যানায়নের আকার বৃদ্ধির সাথে পোলারায়িত হওয়ার প্রবণতা বৃদ্ধি পায়। ফলে সে যৌগ পানিতে অদ্রবণীয় হয়। যেমন—  $\text{AgF}$ ,  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$  ও  $\text{AgI}$  এ চারটি যৌগের মধ্যে  $\text{AgF}$  এ অ্যানায়নের পোলারায়ন সবচেয়ে কম ঘটে। কারণ  $\text{F}^-$  আয়নের আকার সবচেয়ে ছোট। তাই  $\text{AgF}$  এ আয়নিক বৈশিষ্ট্য বেশি থাকে এবং এটি পানিতে দ্রবণীয়; অন্য হ্যালাইডসমূহে অ্যানায়নের পোলারায়ন বেশি ঘটে; তাই এরা পানিতে অদ্রবণীয় হয়।

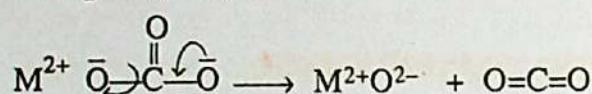
(২) **যৌগের বর্ণ :** সাধারণত d ও f অরবিটালে অযুগ্ম ইলেকট্রনবিশিষ্ট আয়নের যৌগসমূহ বর্ণযুক্ত হয়। যৌগের বর্ণযুক্ত হওয়ার অন্যতম কারণ হলো অ্যানায়নের বেশি পোলারায়ন। অক্রাইড, সালফাইড প্রভৃতি আয়নের পোলারায়িত হওয়ার প্রবণতা বেশি। ক্যাটায়ন যেমন  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  প্রভৃতির সাথে উপরিউক্ত অ্যানায়নসমূহের যৌগে অ্যানায়নসমূহ খুব বেশি পোলারায়িত হয়; ফলে এ সব যৌগ বর্ণযুক্ত হয়। যেমন  $\text{CuS}$ ,  $\text{PbS}$ ,  $\text{HgS}$  কালো,  $\text{CdS}$  হলুদ।

$\text{AgF}$ ,  $\text{AgCl}$ ,  $\text{AgBr}$  ও  $\text{AgI}$  সিরিজে  $\text{Ag}^+$  আয়নের পোলারায়ন ক্ষমতা বেশি। হ্যালাইড আয়নসমূহের মধ্যে  $\text{F}^-$  ও  $\text{Cl}^-$  আয়ন কম পোলারায়িত হয়; তাই  $\text{AgF}$ ,  $\text{AgCl}$  বর্ণহীন বা সাদা;  $\text{Br}^-$  আয়ন বেশি পোলারায়িত হওয়ায়  $\text{AgBr}$  হালকা হলুদ। আয়োডাইড ( $\text{I}^-$ ) আয়ন আরও বেশি পোলারায়িত হওয়ায়  $\text{AgI}$  গাঢ় হলুদ হয়।

পোলারায়িত অবস্থায় বর্ণ সৃষ্টির মূল কারণ হলো—অ্যানায়নের আকার বৃদ্ধির সাথে পোলারায়ন যেমন সহজে ঘটে, তেমনি অ্যানায়নের পূর্ণ অরবিটাল থেকে ক্যাটায়নের খালি করা অরবিটালে ইলেকট্রনের ক্ষণিক স্থানান্তর সহজে ঘটে থাকে। তখন

প্রয়োজনীয় কম শক্তি দৃশ্যমান আলো থেকে শোষিত হয় এবং অবশিষ্ট আলোর বর্ণে ঘোগটি বর্ণ্যুক্ত হয়। অপরদিকে অ্যানায়নের আকার ছোট হলে পোলারাইন কম ঘটে। তখন ঐ ছোট অ্যানায়ন থেকে ক্যাটায়নের দিকে ইলেক্ট্রনের ক্ষণিক স্থানান্তর (যা বিস্তারণ বা লভন বল নামে পরিচিত) ঘটানোর জন্য অপেক্ষাকৃত বেশি শক্তি প্রয়োজন হয়। তখন অধিক ক্রিকুয়েস্পি যুক্ত UV রশ্বি থেকে শক্তি শোষিত হয় এবং ঘোগটি বর্ণহীন বা সাদা দেখায়। যেমন AgCl সাদা, কিন্তু AgI হলুদ; HgCl<sub>2</sub> সাদা, কিন্তু HgI<sub>2</sub> লাল; PbCl<sub>2</sub> সাদা, কিন্তু PbI<sub>2</sub> সোনালি হলুদ হয়ে থাকে।

(৩) ধাতব কার্বনেটের তাপীয় স্থিতি : ক্যাটায়নের আয়নিক পটেনসিয়াল বেশি হলে তখন কার্বনেট অ্যানায়নের ইলেক্ট্রন মেঘ ক্যাটায়ন ঘারা বেশি আকৃত হয়। তখন কার্বনেট লবণের তাপীয় স্থিতি হ্রাস পায়। ফলে অল্প তাপে কার্বনেট লবণ বিযোজিত হয়ে ধাতব অক্সাইড ও CO<sub>2</sub> উৎপন্ন করে। যেমন—



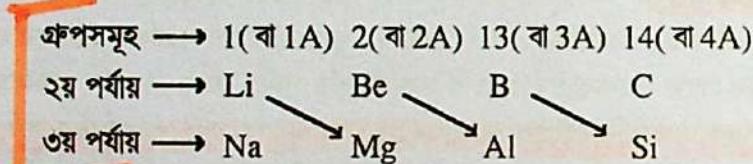
গ্রুপ-2 এর ধাতব আয়ন (M<sup>2+</sup>) সমূহের আয়নিক পটেনসিয়াল এদের আকার বৃদ্ধির সাথে গ্রুপের ওপর থেকে নিচের দিকে কমে। যেমন, Be<sup>2+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > Ca<sup>2+</sup> > Sr<sup>2+</sup> > Ba<sup>2+</sup>। তাই এসব ক্যাটায়নের কার্বনেটের স্থিতি তথা কার্বনেট ঘোগের গলনাক একই ক্রমানুসারে বাড়তে থাকে। অর্থাৎ এদের বিযোজন তাপমাত্রা ক্রমশ বাড়তে থাকে। যেমন—

$$\text{BeCO}_3 = 100^\circ\text{C}, \text{MgCO}_3 = 350^\circ\text{C}, \text{CaCO}_3 = 547^\circ\text{C}, \text{SrCO}_3 = 778^\circ\text{C}, \text{BaCO}_3 = 998^\circ\text{C}$$

### ৩.১৫.৪ মৌলের কর্ণ সম্পর্ক (Diagonal Relationship of the Elements)

পর্যায় সারণির দ্বিতীয় পর্যায়ভূক্ত বিভিন্ন গ্রুপের মৌলসমূহের কিছু পর্যায়বৃত্ত ধর্ম একই গ্রুপভূক্ত মৌলের চেয়ে পরবর্তী তৃতীয় পর্যায়ভূক্ত তাদের ডানদিকের মৌলের সাথে অর্থাৎ কোনাকুনিভাবে অবস্থিত মৌলের ধর্মের সাথে অধিকতর মিল দেখা যায়। এ দুটি পর্যায়ের মধ্যে কোনাকুনি অবস্থানের দুটি মৌলের ধর্মের সাদৃশ্যকে মৌলের কর্ণ সম্পর্ক বলে। যেমন,

দ্বিতীয় পর্যায়ভূক্ত গ্রুপ-1 (বা 1A) এর মৌল Li এর সাথে তৃতীয় পর্যায়ভূক্ত গ্রুপ-2 (বা 2A) এর মৌল Mg এর ধর্মে যথেষ্ট সাদৃশ্য দেখা যায়। অনুক্রমভাবে Be এর সাথে Al এবং B এর সাথে Si এর ধর্মে বেশ সাদৃশ্য রয়েছে। তাদেরকে নিম্নরূপে দেখানো হয়।



কর্ণ সম্পর্কিত মৌলসমূহ (Li ও Mg; Be ও Al; B ও Si) এর ধর্মে সাদৃশ্যের কারণ :

(১) আয়নিক ব্যাসার্ধ : প্রতি জোড়া মৌলের পরমাণুর আয়নিক ব্যাসার্ধ খুব কাছাকাছি হয়। যেমন—

$$\text{Li}^+ = 0.068 \text{ nm} \text{ এবং } \text{Mg}^{2+} = 0.078 \text{ nm}; \text{Be}^{2+} = 0.034 \text{ nm} \text{ এবং } \text{Al}^{3+} = 0.050 \text{ nm}$$

(২) আয়নীকরণ শক্তি : তাদের আয়নীকরণ শক্তির পরিমাণ প্রায় কাছাকাছি। যেমন, Li ও Mg এর ১ম আয়নীকরণ শক্তির মান যথাক্রমে 520 kJmol<sup>-1</sup> ও 738 kJmol<sup>-1</sup>। Be ও Al এর ১ম আয়নীকরণ শক্তি যথাক্রমে 899 kJmol<sup>-1</sup> ও 578 kJmol<sup>-1</sup>।

(৩) তড়িৎ ঝণাঝকতা : তাদের তড়িৎ ঝণাঝকতার পার্থক্য খুব কম। যেমন, Li ও Mg এর তড়িৎ ঝণাঝকতার মান যথাক্রমে 1.0 ও 1.2। Be ও Al এর তড়িৎ ঝণাঝকতা হলো যথাক্রমে 1.5 ও 1.5।

(৪) পোলারিকরণ ক্ষমতা : তাদের পোলারিকরণ ক্ষমতা প্রায় সমান হয়।

(৫) আয়নিক চার্জের ঘনত্ব : তাদের আয়নিক চার্জের ঘনত্ব পরম্পরারের কাছাকাছি।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৬ : নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও :

[জ. বো. ২০১৬]

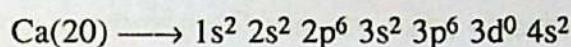
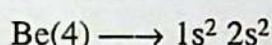
মৌলসমূহ →	D	E	G	
যোজ্যতা ইলেকট্রন →	$n s^2$	$(n+1) s^2$	$(n+2) s^2$	$n = 2$

(ক) উদ্দীপকের D অপেক্ষা G এর আয়নীকরণ শক্তি বা আয়নীকরণ বিভব কম কেন; ব্যাখ্যা কর।

(খ) উদ্দীপকের  $DCO_3$ ,  $ECO_3$ ,  $GCO_3$  এর মধ্যে কোনটির বিযোজন তাপমাত্রা সবচেয়ে কম; তা বিশ্লেষণ কর।

সমাধান : (ক) D অপেক্ষা G এর আয়নীকরণ শক্তি কম কেন; এর ব্যাখ্যা :

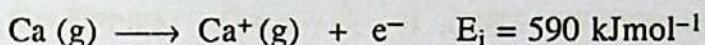
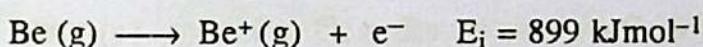
উদ্দীপক মতে, D হলো  $ns^2$  বা  $2s^2$  যোজ্যতা ইলেকট্রনবিশিষ্ট  $Be(4)$  পরমাণু এবং G হলো  $4s^2$  যোজ্যতা ইলেকট্রন বিশিষ্ট  $Ca(20)$  পরমাণু। উভয়েই গ্রুপ-2 এর মৌল। এদের ইলেকট্রন বিন্যাস হলো :



$Be$  বা D হলো ২য় পর্যায়বৃত্ত মৌল এবং  $Ca$  বা G হলো ৪র্থ পর্যায়বৃত্ত মৌল। একই গ্রুপভিত্তিক মৌলের আয়নীকরণ শক্তির সম্পর্ক মতে পরমাণুর আকার বৃদ্ধিতে আয়নীকরণ শক্তি হ্রাস পায়।

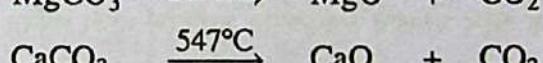
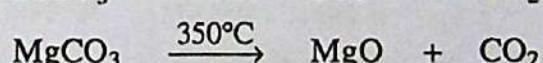
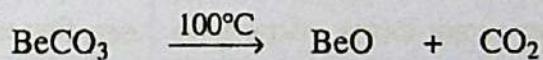
এক্ষেত্রে  $Be$  পরমাণুর দ্বিতীয় শক্তিশত্রুর যোজ্যতা ইলেকট্রন নিউক্লিয়াস দ্বারা অধিক আকৃষ্ট থাকে। তাই গ্যাসীয় অবস্থায় এক মৌল  $Be$  পরমাণু থেকে একটি করে ইলেকট্রন সরিয়ে গ্যাসীয় অবস্থায় এক মৌল  $Be^+$  আয়ন তৈরিতে অধিক শক্তি ব্যয় হয়।

অপরদিকে,  $Ca$  পরমাণুর ৪র্থ শক্তিশত্রুর যোজ্যতা ইলেকট্রন এর নিউক্লিয়াস থেকে অপেক্ষাকৃত দূরে হওয়ায় নিউক্লিয়াস দ্বারা কম আকৃষ্ট থাকে। তাই গ্যাসীয় অবস্থায় এক মৌল  $Ca$  পরমাণু থেকে একটি করে ইলেকট্রন সরিয়ে গ্যাসীয় অবস্থায় এক মৌল  $Ca^+$  আয়ন তৈরি করতে তুলনামূলক কম শক্তি প্রয়োজন হয়। যেমন,



সমাধান (খ)  $DCO_3$ ,  $ECO_3$  ও  $GCO_3$  এর বিযোজন তাপমাত্রার ব্যাখ্যা :

উদ্দীপক মতে, D হলো  $Be(4)$ , E হলো  $Mg(12)$  এবং G হলো  $Ca(20)$ । সুতরাং  $DCO_3$  হলো  $BeCO_3$ ,  $ECO_3$  হলো  $MgCO_3$ ,  $GCO_3$  হলো  $CaCO_3$ । এক্ষেত্রে  $Be$ ,  $Mg$  ও  $Ca$  মৌলগুলো গ্রুপ-2 এর অন্তর্ভুক্ত। গ্রুপ-2 এর ধাতব আয়নসমূহ ( $Be^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ) এর আয়নিক পটেনসিয়াল এদের আকার বৃদ্ধির সাথে এন্ট্রেপি ওপর থেকে নিচের দিকে কমে। যেমন  $Be^{2+} > Mg^{2+} > Ca^{2+}$ । তাই এসব ক্যাটায়নের কার্বনেটের স্থিতি একই ক্রমানুসারে বাড়তে থাকে অর্থাৎ এদের বিযোজন তাপমাত্রা ক্রমশ বাড়তে থাকে। সুতরাং উদ্দীপকের তিনটি ধাতব কার্বনেটের তাপ বিযোজন তাপমাত্রার ক্রম হলো  $CaCO_3 > MgCO_3 > BeCO_3$  অর্থাৎ  $BeCO_3$  এর বিযোজন তাপমাত্রা সবচেয়ে কম হবে এবং তা হলো  $100^\circ C$ ।



### ব্যবহারিক (Practical)

**ল্যাবরেটরিতে শিক্ষার্থীর কাজ :** শ্রেণি শিক্ষকের সহায়তায় চারজনের গঠন করে নিম্নোক্ত মূলনীতি সহকারে কাজের ধারা অনুসরণ করে নিচের চিত্রমতে পানির ডাইপোলের উপস্থিতি প্রমাণ কর।

পরীক্ষা নং-১২

তারিখ : .....

পরীক্ষার সময় : ১ পিরিয়ড

#### ৩.১৬ পরীক্ষার নাম : পানির ডাইপোলের উপস্থিতি প্রমাণ-এর পরীক্ষা

**মূলনীতি :** পানি একটি পোলার সমযোজী ঘোগ অণু। অঙ্গীজেন পরমাণুর তড়িৎ ঝণাঞ্চকতা  $3.5$  এবং হাইড্রোজেন পরমাণুর তড়িৎ ঝণাঞ্চকতা  $2.1$ ; উভয় পরমাণুর তড়িৎ ঝণাঞ্চকতার পার্থক্য হলো  $(3.5 - 2.1) = 1.4$ , যা  $0.5$  থেকে  $1.9$  এর মধ্যে রয়েছে। শর্ত অনুসারে পানি অণু পোলার ( $H_2O$ ) হয়েছে। তাই সাবানের ঝণাঞ্চক আয়ন স্টিয়ারেট আয়ন ( $C_{17}H_{35}COO^-$ ) দ্বারা পানি অণু বিকর্ষিত হয় এবং চার্জযুক্ত প্লাস্টিক রড দ্বারা পানি অণু আকৃষ্ট হয়ে থাকে।



চিত্র-৩.৩৫ : পানিতে ডাইপোলের উপস্থিতি প্রমাণের পরীক্ষা।

**প্রয়োজনীয় উপকরণ :** (১) ১টি বড় বিকার অথবা বড় বাটি ও ১টি ছোট বিকার, (২) সামান্য পরিমাণ মসলা যেমন মরিচ-গুঁড়া অথবা হলুদ-গুঁড়া, (৩) হ্যান্ড ওয়াশ (তরল সাবান), (৪) দুটি সরু কাঠি বা দেয়াশলাই কাঠি, (৫) পানি।

**কাজের ধারা :** (১) বড় বিকারে বা বড় বাটিতে পানি ঢেলে নাও।

(২) ঐ পানির ওপর এক চিমটা হলুদের গুঁড়া অথবা মরিচের গুঁড়া বা উভয়ের গুঁড়া ছড়িয়ে দাও। দেখতে পাবে পানির ওপর মসলার সূক্ষ্ম গুঁড়া পাতলা স্তরক্রপে ভাসমান আছে। তারী গুঁড়াগুলো পাত্রের তলায় পড়ে আছে।

(৩) ছোট বিকারটিতে পানি নিয়ে একটু সাবান শুলিয়ে নাও।

(৪) দুটি ছোট কাঠির একটির মাথা সাবানের পানিতে ভিজিয়ে নাও এবং বড় বিকারে নেয়া মসলার পানিতে চুকাও। লক্ষ কর মসলার গুঁড়ার পাতলা স্তরে কোনো নড়াচড়া হচ্ছে কী-না।

**পর্যবেক্ষণ :** এখন সাবানের কাঠি পানিতে চুকানোর সাথে সাথে মসলার কণাগুলো দূরে সরে যাচ্ছে। এরপর দ্বিতীয় কাঠিকে বাম হাতে নিয়ে সরাসরি মসলার পানিতে চুকাও। এবার মসলার গুঁড়ার স্তর সরে যায় না। দ্বিতীয় কাঠিটি ডুবানো অবস্থায় রেখে প্রথম কাঠিটি সাবানের পানিতে ভিজিয়ে আবার মসলার পানিতে চুকাও। এবার কিন্তু মসলার গুঁড়ার স্তর সরে যাচ্ছে।

**সিদ্ধান্ত :** (১) তরল সাবানের ঝণাঞ্চক আয়নিক অংশ মসলার সূক্ষ্ম কণার সংশ্পর্শে থাকা পানির সদৃশ মেরুকে বিকর্ষণ করছে। এতে প্রমাণিত হয় পানি পোলার অণু অর্থাৎ পানি অণুতে আংশিক ধনাঞ্চক ( $+/-$ ) ও আংশিক ঝণাঞ্চক ( $-/+$ ) ডাইপোল আছে।

### ৩.১৭ ভ্যানডার ওয়ালস বল : আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল Vander Waals Force : Inter-Molecular Force

আমরা জানি, রাসায়নিক বন্ধন শক্তি বা আন্তঃপদ্ধতিমূল্যবিক আকর্ষণ বল (Bonding forces) ও আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল—এ উভয় প্রকার বলের প্রকৃতি হলো বিপরীত চার্জের স্থিরবৈদ্যুতিক আকর্ষণ বল। বন্ধন শক্তি হলো—(১) ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের মধ্যে আকর্ষণ (আয়নিক বন্ধনে), (২) নিউক্লিয়াসমূহ ও ইলেকট্রন যুগলের মধ্যে আকর্ষণ (সমযোজী বন্ধনে) অথবা (৩) ধাতুর ক্যাটায়ন ও সঞ্চরণশীল যোজ্যতা ইলেকট্রনের মধ্যে আকর্ষণ (ধাতব বন্ধনে)।

অপরদিকে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল অণুসমূহের মধ্যে আংশিক চার্জ সৃষ্টির কারণে অথবা আয়ন ও অণুর মধ্যে আকর্ষণের কারণে উভৰ ঘটে। এ উভয় প্রকার বল মূলত আকর্ষণ শক্তির মাত্রায় ভিন্ন হয় মাত্র।

**ভ্যানডার ওয়ালস বলের সংজ্ঞা :** রাসায়নিক বন্ধন শক্তি বা আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল (intra molecular force) ছাড়া অণুসমূহের মধ্যে যত প্রকার কার্যকর বল রয়েছে তাদেরকে একত্রে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল বা সাধারণভাবে ভ্যানডার ওয়ালস বলও বলা হয়। তবে অপোলার সমযোজী অণুসমূহের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলকে ভ্যানডার ওয়ালস আকর্ষণ বল বলা হয়।

নন্বিড়িং আন্তঃআণবিক বল নিম্নোক্ত শ্রেণিতে বিভক্ত। যেমন (১) আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণ, (২) হাইড্রোজেন বন্ধন, (৩) ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ, (৪) আয়ন-আবিষ্ট ডাইপোল আকর্ষণ, (৫) ডাইপোল-আবিষ্ট ডাইপোল আকর্ষণ, (৬) লভন বল বা বিস্তারণ (dispersion) বল। নিচের সারণিতে বিড়িং ও নন্বিড়িং আকর্ষণ শক্তির মাত্রাগত তুলনা দেখানো হলো :

সারণি-৩.৭ : বিড়িং ও নন্বিড়িং আকর্ষণ শক্তির মাত্রাগত তুলনা :

কার্যকর আকর্ষণ শক্তি	বন্ধনের ভিত্তি	শক্তির মাত্রা kJ/mol	উদাহরণ
বিড়িং এর বেলায় :			
(১) আয়নিক বন্ধন :	ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন :	400 – 4000	NaCl এর কেলাসে।
(২) সমযোজী বন্ধন :	নিউক্লিয়াসমূহ ও শেয়ারকৃত ইলেকট্রন যুগল :	150 – 1100	H-H অণুতে।
(৩) ধাতব বন্ধন :	ক্যাটায়ন ও সঞ্চরণশীল যোজ্যতা ইলেকট্রন :	75 – 1000	Fe ও ধাতুসমূহে।
নন্বিড়িং-এর বেলায় :			
(১) আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণ :	আয়ন চার্জ ও ডাইপোল চার্জ	10 – 50	$\text{Na}^+ \cdots \delta-\text{O}-\text{H}^{\delta+}$
(২) H-বন্ধন (পোলার অণু) [N, O, F যৌগসমূহে]	পোলার বন্ধন ও H-ডাইপোল চার্জ	10 – 40	$\delta+\text{H}-\ddot{\text{O}}:\cdots \text{H}-\ddot{\text{O}}^{\delta-}$
(৩) ডাইপোল-ডাইপোল	ডাইপোল চার্জসমূহ	3 – 4	$\delta-\text{Cl}-\text{I} \cdots \delta-\text{Cl}-\text{I}^{\delta+}$
(৪) আয়ন-আবিষ্ট ডাইপোল	আয়নের চার্জসমূহ ও পোলারাইজ e- মেঘ	3 – 15	$\text{Fe}^{2+} \cdots \text{O}_2$
(৫) ডাইপোল-আবিষ্ট ডাইপোল	ডাইপোল চার্জ ও পোলারাইজ e- মেঘ	2 – 10	$\delta+\text{H}-\text{Cl} \cdots \delta-\text{Cl}-\text{Cl}$
(৬) লভন বল বা বিস্তারণ বল	পোলারাইজযোগ্য e- মেঘ	1 – 10	$\text{F}-\text{F} \cdots \text{F}-\text{F}$

ভ্যানডার ওয়ালস আকর্ষণ বল উৎস অনুসারে দু শ্রেণিতে বিভক্ত। যেমন, (ক) স্থায়ী ডাইপোল ও আবিষ্ট ডাইপোল আকর্ষণ, (খ) বিস্তারণ বল বা লভন বল।

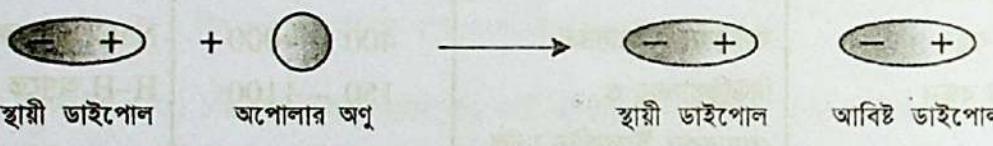
**আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণ :** যখন একটি আয়ন ও পোলার তরল নিকটে আসে, তখন আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণের উদ্বৃং  
ঘটে। যেমন পানিতে  $\text{Na}^+$  আয়ন ও পানি অণুর ঝণাঝক প্রান্ত অঙ্গীজেন পরমাণুর মধ্যে এবং অপরদিকে  $\text{Cl}^-$  আয়ন ও পানি  
অণুর ধনাঝক প্রান্ত  $\text{H}^-$ -পরমাণুর মধ্যে আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণ সৃষ্টি হয়। এ আকর্ষণ বলের পরিমাণ ( $E$ ) নির্ভর করে—

(i) আয়নের চার্জ ( $z$ ), (ii) পোলার অণুর ডাইপোল মোমেন্ট ( $\mu$ ) এবং (iii) আয়ন ও ডাইপোলের মধ্যবর্তী দূরত্ব ( $r$ ) এর বর্গের ব্যস্তানুপাতিক হারে :  $E \propto \mu z / r^2$ . আবার ডাইপোল মোমেন্ট,  $\mu = Q \times r$ ; এক্ষেত্রে  $Q =$  ইলেকট্রনের চার্জ  $1.6 \times 10^{-19} C$ ,  $r =$  বিপরীত চার্জের দূরত্ব মিটার এককে। **ডাইপোল মোমেন্ট ( $\mu$ )** এর একক হলো ডিবাই (D) :  $1D = 3.336 \times 10^{-30}$  coulomb meters (C.m)। পোলার অণুতে পোলারিটির পরিমাণগত মাত্রাকে ডাইপোল মোমেন্ট ( $\mu$ ) বলে, যা বিপরীত চার্জের দূরত্ব ( $r$ ) ও চার্জের মাত্রার ( $Q$ ) গুণফলের সমান;  $\mu = Q \times r$

(2) ଡାଇପୋଲ-ଡାଇପୋଲ ଆକର୍ଷଣ : ଅଧିକ ତଡ଼ିଏ ଝଗାଉକ ମୌଳଦୟର ମଧ୍ୟେ ସୃଷ୍ଟି ସମୟୋଜୀ ଯୋଗ ଅଣୁତେ ସୃଷ୍ଟି ଭିନ୍ନ ଚାର୍ଜ ବା ମେରକେ ଡାଇପୋଲ ବଲେ । ଡାଇପୋଲ ଦୁ ପ୍ରକାର । ଯେମନ, (i) ସ୍ଥାଯୀ ଡାଇପୋଲ ଓ (ii) ଅସ୍ଥାଯୀ ଡାଇପୋଲ । ସ୍ଥାଯୀ ଡାଇପୋଲାର ଅଣୁ ହଲୋ  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  ।

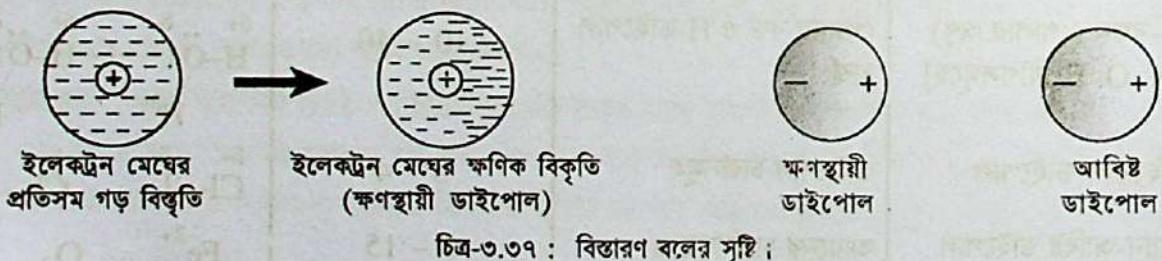
ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণকে অনেক সময় স্থিতিশীল ডাইপোল-স্থিতিশীল ডাইপোল আকর্ষণও বলা হয় এবং এ আকর্ষণ কেবল পোলার অণুর বেলায় ঘটে।

(৩) স্থায়ী ডাইপোল ও আবিষ্ট ডাইপোলের মধ্যে আকর্ষণ : যখন কোনো অণু বা আয়নের ইলেকট্রন মেঘ বৃহৎ স্থান দখল করে থাকে (diffuse) এবং আরেকটি অণু বা আয়নের একটি ধনাত্মক চার্জযুক্ত প্রান্ত তার নিকটে আসে, তখন প্রথম অণু বা আয়নের ইলেকট্রন মেঘ সেদিকে আকৃষ্ট হয় এবং ফলে সেদিকে আংশিক ঝণাত্মক চার্জের সৃষ্টি হয়। এর ফলে অন্য প্রান্তে আংশিক ধনাত্মক চার্জের সৃষ্টি হয়। এভাবে আবিষ্ট চার্জ সৃষ্টি হওয়াকে পোলারাইজেশন (polarisation) বলা হয়।



চিত্র-৩.৩৬ : স্থায়ী ডাইপোল ও আবিষ্ট ডাইপোলের মধ্যে আকর্ষণ সৃষ্টি।

(8) ବିନ୍ଦୁରଣ ବଲ ବା ଲଭନ ବଲ : ବିନ୍ଦୁରଣ ବଲକେ କ୍ଷଣଶ୍ଵାସୀ ଡାଇପୋଲ ପ୍ରଭାବିତ ଆବିଷ୍ଟ ଡାଇପୋଲ ଆକର୍ଷଣ ଓ ବଲା ହୁଏ । ଏହି ସବ ଧରନେର ଅପୋଲାର ଅଣ୍ଟ ଓ ପରମାଣୁର ବେଳାୟ କାର୍ଯ୍ୟକର । ତବେ ଏକଟି ପରମାଣ୍ଟ ବା ଅଣ୍ଟରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟା ଯତ ବୈଶି ହୁଏ ଏବଂ ବହିସ୍ତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନେର ଓପର ନିଉକ୍ଲିଆସେର ଆକର୍ଷଣ ଯତ କମ ହୁଏ, ତତେ ବିନ୍ଦୁରଣ ବଲ ବା ଲଭନ ବଲ ବାଢ଼େ । ପଦାର୍ଥବିଦ Fritz London ଏର ନାମାନୁସାରେ ଏକଥିଲା ନାମକରଣ । ଫ୍ରିଜ ଲଭନ (୧୯୩୦ ଖ୍ରିଷ୍ଟାବ୍ଦେ) ସର୍ବପ୍ରଥମ noble gas ପରମାଣ୍ଟ (ଯେମନ He, Ne, Ar ଇତ୍ୟାଦିର ପରମାଣ୍ଟ) ସମ୍ବ୍ରଦିତ କେନ ଆକଟ୍ ଥାକେ, ତା ବିନ୍ଦୁରଣ ବଲ ଦ୍ୱାରା ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରେନ ।



যে কোনো অণু বা পরমাণুতে দ্রুত ঘূর্ণনরত ইলেকট্রনসমূহের বিস্তারণ যে কোনো মুহূর্তে সব অবস্থানে সমভাবে হতে পারে না। নিউক্লিয়াসের কোনো একটি অংশে ইলেকট্রন মেঘ-এর ঘনত্ব বেশি হবে, অর্থাৎ ইলেকট্রন মেঘের ক্ষণিক বিকৃতি ঘটে এবং সে স্থানে আংশিক ঝণাঝক চার্জের সৃষ্টি হয়, যা খুবই ক্ষণস্থায়ী। একই সাথে অন্যত্র ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব হ্রাস পায়। সেখানে ক্ষণস্থায়ী আংশিক ঝণাঝক চার্জের সৃষ্টি হয়।

**বিস্তারণ বল বা লভন বলের সংজ্ঞা :** কোনো অপোলার অণু বা পরমাণুতে ইলেকট্রন মেঘের ক্ষণিক অসম বিস্তৃতি বা ক্ষণিক বিকর্তির কারণে সৃষ্টি 'ক্ষণস্থায়ী ডাইপোল' প্রভাবিত নিকটতম অণু বা পরমাণুসমূহে যে আবিষ্ট ডাইপোল সৃষ্টি হয়, সে সব 'আবিষ্ট ডাইপোল' এর আকর্ষণ বলকে বিস্তারণ বল বা লভন বল বলে। **লভন বিস্তারণ বল হলো সবচেয়ে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস বল; যা  $1 - 10 \text{ kJ mol}^{-1}$  হয়ে থাকে।**

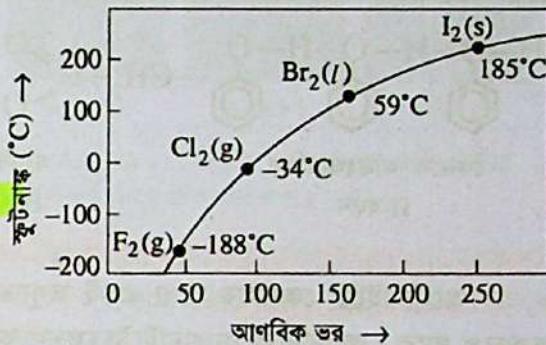
**বিস্তারণ বলের প্রভাব :** অপোলার অণুতে বা পরমাণুতে ইলেকট্রন মেঘের বিকৃত হওয়ার ক্ষমতাকে পোলারাইন ক্ষমতা বলা হয়। যে অণু বা পরমাণু সর্বিকভাবে পুরোপুরি অপোলার তাতেও সর্বদা ক্ষণস্থায়ী ডাইপোলের সৃষ্টি হয়। এর ফলে নিকটস্থ আরেকটি অণু বা পরমাণুতেও আবিষ্ট ডাইপোল সৃষ্টি এবং এদের মধ্যে আকর্ষণের সৃষ্টি হয়। এরপে ক্ষণস্থায়ী ডাইপোল প্রভাবিত আবিষ্ট ডাইপোলের সৃষ্টি ও আকর্ষণকে বিস্তারণ বল বা লভন বল বলে। এরপে বিস্তারণ বল অণু বা পরমাণুতে সব সময় ঘটতে থাকে।

(১) হ্যালোজেন সদস্যদের গ্যাসীয়, তরল ও কঠিন ভৌত অবস্থা বিস্তারণ বল প্রভাবিত হয়।

(২) বিস্তারণ বলের প্রভাবে ন্যানো ক্ষেলের সূক্ষ্ম ওঁড়া সাসপেনশন তৈরি করে; যেমন গোল্ড সাসপেনশন।

**হ্যালোজেনের ভৌত অবস্থার ওপর বিস্তারণ বলের প্রভাব :**

হ্যালোজেন অণুসমূহের আণবিক ভর বৃদ্ধির সাথে ইলেকট্রন সংখ্যাও বৃদ্ধি পায়। ফলে বিস্তারণ বলজনিত অণুতে পোলারাইন ক্ষমতা ও বৃদ্ধি পায়। তাই এদের ভৌত অবস্থা গ্যাস থেকে তরল ও শেষে আয়োডিন কঠিন অবস্থা লাভ করে। আণবিক ভর বৃদ্ধির সাথে চি-৩.৩৭(ক) : হ্যালোজেনসমূহের স্ফুটনাক্ষের পরিবর্তন ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ বৃদ্ধি সহ ভ্যানডার ওয়ালস আকর্ষণ বল বৃদ্ধি পায়। তাই হ্যালোজেন সদস্যসমূহের গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষে ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি ঘটে। ওপরের লেখচিত্রে এদের স্ফুটনাক্ষের পরিবর্তন দেখানো হয়েছে।

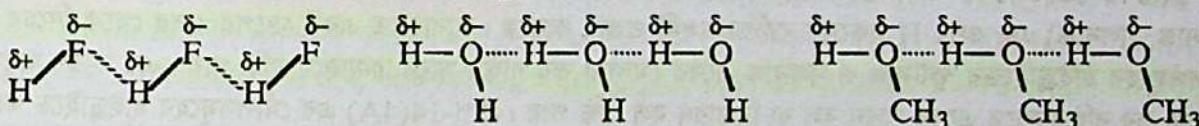


### ৩.১৮ হাইড্রোজেন বন্ধন

#### Hydrogen Bond

**সংজ্ঞা :** হাইড্রোজেন পরমাণু ও নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল যুক্ত অধিক তড়িৎ ঝণাঝক ছোট আকারের পরমাণু যেমন N, O এবং F; এর মধ্যে সৃষ্টি H—N, H—O, H—F বন্ধন অধিকতর পোলার হয়। ফলে H-পরমাণুর ইলেকট্রন মেঘের ঘনত্ব অধিক হ্রাস পায়। এরপে পোলার অণুসমূহের মধ্যে ধনাত্মক ও ঝণাঝক প্রাপ্তে নতুনভাবে এক আকর্ষণ বল সৃষ্টি হয়, তাকে হাইড্রোজেন বন্ধন বলে। H-বন্ধনকে ডট ডট "...." চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

হাইড্রোজেন ফ্লোরাইড ( $\text{H}^+\text{F}^-$ ), পানি ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ও মিথানল ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) অণুর মধ্যে H-বন্ধন ঘটে। যেমন,



H-বন্ধন গঠনের অত্যাবশ্যক দুটি কারণ হলো— (১) অধিক তড়িৎ ঝণাঝক ও ছোট আকারের N,O,F এর সাথে H-পরমাণুর সমযোজী বন্ধনের অধিক পোলারাইন ঘটে। (২) ছোট আকারের N,O,F পরমাণুর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল H-পরমাণুর নিকটে এসে দুর্বল H-বন্ধন করতে পারে।

\* H-বন্ধনের শক্তিক্রম হলো  $\text{H} \dots \text{F} > \text{H} \dots \text{O} > \text{H} \dots \text{N}$

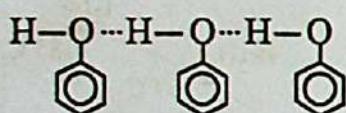
\* একটি HF অণু অপর দুটি HF অণুর সাথে H-বন্ধন করতে পারে। তাই HF এর স্ফুটনাক্ষ হলো  $19.5^\circ\text{C}$ । একটি  $\text{H}_2\text{O}$  অণুর সাথে অপর চারটি  $\text{H}_2\text{O}$  অণুর H-বন্ধন ঘটে; তাই  $\text{H}_2\text{O}$  এর স্ফুটনাক্ষ  $100^\circ\text{C}$  হয়।

\* অর্থাৎ একটি HF অণুকে মুক্ত করতে দুইটি H-বন্ধন ভাঙ্গতে হয় এবং এজন্য যে তাপশক্তি প্রয়োজন হয়; এর তুলনায় একটি  $\text{H}_2\text{O}$  অণুকে মুক্ত করতে চারটি H-বন্ধন ভাঙ্গার প্রয়োজন হয় এবং তাপশক্তি HF এর তুলনায় প্রায় দ্বিগুণ ব্যয়িত হয়। এজন্য পানির ( $\text{H}_2\text{O}$  এর) স্ফুটনাক্ষ HF এর স্ফুটনাক্ষের চেয়ে বেশি। কক্ষতাপমাত্রায় বা  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় পানি তরল; কিন্তু HF গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে।

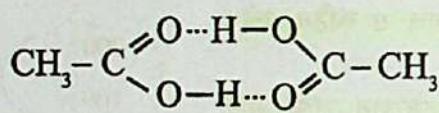
**H-বন্ধন দু'প্রকার-** যেমন আন্তঃআণবিক H-বন্ধন ও অন্তঃআণবিক H-বন্ধন।

১। আন্তঃআণবিক H-বন্ধন পাশাপাশি দুটি বা বহু অণুর মধ্যে ঘটতে থাকে। (১) যেমন HF, H<sub>2</sub>O, অ্যালকোহল (CH<sub>3</sub>OH) ও ফেনল (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH) ইত্যাদির মধ্যে ঘটে। কিন্তু (২) অ্যাসিটিক এসিড (CH<sub>3</sub>COOH) এর দুটি অণুর দুটি -COOH গ্রুপের মধ্যে আন্তঃআণবিক H-বন্ধন দ্বারা বলয় সৃষ্টি করে ডাইমার অণু গঠিত হয়।

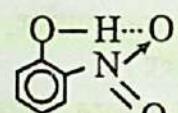
২। অন্তঃআণবিক H-বন্ধন একই অণুর দুটি ভিন্ন মূলকের মধ্যে ঘটে বলয় সৃষ্টি করে। যেমন— (১) অর্থো নাইট্রো ফেনলের -OH ও -NO<sub>2</sub> গ্রুপের মধ্যে এবং (২) স্যালিসাইল অ্যালডিহাইড বা অর্থো হাইড্রোক্সিলিক এসিডের -OH ও -CHO গ্রুপের মধ্যে বলয় সৃষ্টি হয়। একইভাবে (৩) স্যালিসাইলিক এসিড বা অর্থো হাইড্রোক্সিলিক এসিডের মধ্যে অন্তঃআণবিক H-বন্ধন একই অণুর মধ্যে ঘটে।



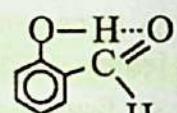
ফেনলে আন্তঃআণবিক  
H-বন্ধন



অ্যাসিটিক এসিডের  
H-বন্ধনে ডাইমার

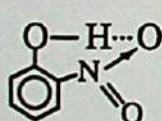


অন্তঃআণবিক  
H-বন্ধন অর্থো  
নাইট্রোফেনলে

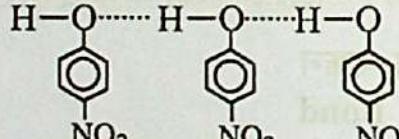


অন্তঃআণবিক H-  
বন্ধন অর্থো হাইড্রো  
ক্সিলিক এসিডের

\* অর্থোনাইট্রো ফেনলের মধ্যে একই অণুতে অন্তঃআণবিক H-বন্ধন দ্বারা বলয় সৃষ্টি হয়। তখন এসব অণু একক অণুরূপে থাকে। অপরদিকে প্যারানাইট্রো ফেনল অণুসমূহের পাশাপাশি দুটি -OH মূলকের মধ্যে আন্তঃআণবিক H-বন্ধন গঠন সম্ভব হয়। তখন প্যারানাইট্রো ফেনল অণুসমূহ শুচ্ছ অণুরূপে থাকে। তাই প্যারানাইট্রো ফেনলের গলনাক্ষ বেশি হয়। কারণ আন্তঃআণবিক H-বন্ধন ভাঙ্গার জন্য কিছু তাপ-শক্তি প্রয়োজন হয়। অর্থো নাইট্রোফেনলের গলনাক্ষ কম হয়।



অর্থোনাইট্রো ফেনলে  
আন্তঃআণবিক H-বন্ধন (....)



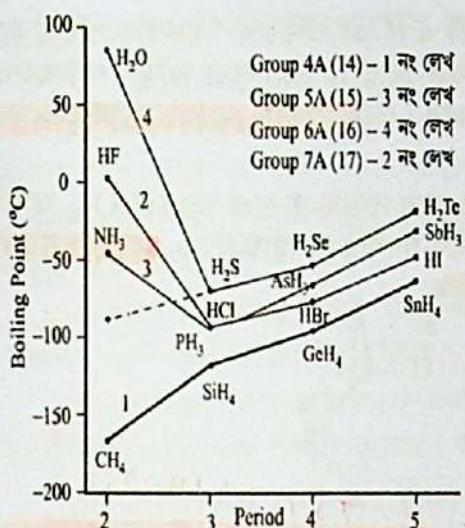
প্যারা নাইট্রো ফেনলে  
আন্তঃআণবিক H-বন্ধন (....)

ফলে প্যারানাইট্রোফেনলের গলনাক্ষ অর্থোনাইট্রোফেনলের গলনাক্ষ থেকে বেশি হয়। কারণ আন্তঃআণবিক H-বন্ধন ভাঙ্গতে কিছু তাপশক্তি ব্যয়িত হয়। অর্থোনাইট্রোফেনলের গলনাক্ষের বেলায় অন্তঃআণবিক H-বন্ধনের কোনো প্রভাব নেই।

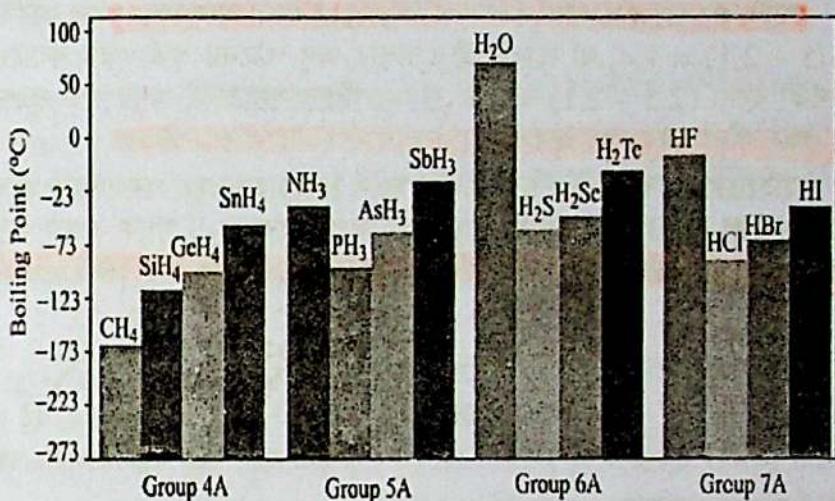
যৌগের ভৌতধর্মের ওপর H-বন্ধনের প্রভাব : গ্রুপভিত্তিক মৌলসমূহের হাইড্রাইডের ভৌতধর্ম (ভৌত অবস্থা, স্ফুটনাক্ষ, গলনাক্ষ) এর ওপর H-বন্ধনের ব্যতিক্রমধর্মী প্রভাব রয়েছে। সাধারণত একই গ্রুপের ওপর থেকে নিচের দিকের মৌলসমূহের হাইড্রাইডের স্ফুটনাক্ষ ও গলনাক্ষ এদের মৌলার ভর বৃদ্ধির সাথে ক্রমাবয়ে বৃদ্ধি পায়। এর কারণ অণুসমূহের মৌলার ভর বৃদ্ধির সাথে এদের লভন বল বা বিস্তারণ বল বৃদ্ধি পায়। গ্রুপ-14(4A) এর মৌলসমূহের হাইড্রাইডে তা সুস্পষ্ট [চিত্র ৩.৩৮]; CH<sub>4</sub> < SiH<sub>4</sub> < GeH<sub>4</sub> < SnH<sub>4</sub>।

কিন্তু গ্রুপ 15(5A), 16(6A), 17(7A) এর প্রথম মৌল যথাক্রমে N, O ও F এর হাইড্রাইড যেমন, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O ও HF এর বেলায় ব্যতিক্রম দেখা যায়। এর কারণ এ সব হাইড্রাইডের অণুসমূহের মধ্যে কার্যকর আন্তঃআণবিক H-বন্ধন থাকায় আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল বৃদ্ধি পায়। ফলে NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O ও HF এর স্ফুটনাক্ষ ও গলনাক্ষ একই গ্রুপের অন্যসব হাইড্রাইডের তুলনায় বেশি হয়ে থাকে, (চিত্র-৩.৩৯)।

বিশেষত গ্রুপ-6A(16) এর মৌলসমূহের হাইড্রাইডের লেখচিত্র ও কলাম গ্রাফ থেকে জানা যায় H<sub>2</sub>S এর স্ফুটনাক্ষ হলো - 60.7°C এবং H<sub>2</sub>S হলো গ্যাস; কিন্তু H<sub>2</sub>O হলো তরল এর স্ফুটনাক্ষ হলো 100°C। গ্রুপ-6A(16) এর হাইড্রাইডের বর্ধিত লেখ (ডেশ লাইন) থেকে সুস্পষ্ট যে, H<sub>2</sub>O এর মধ্যে যদি H-বন্ধন না থাকতো, তবে পানির বর্তমান স্ফুটনাক্ষ প্রায় 200°C-এর পেয়ে প্রায় -100°C এর কাছাকাছি হতো।



চিত্ৰ-৩.৩৮ : গ্রুপ-৪A(14) – ৭A(17) মৌলসমূহেৰ হাইড্রাইডেৰ স্ফুটনাক্ষ বনাম পৰ্যায় নথৰ লেখচিৰ্ট



চিত্ৰ-৩.৩৯ : গ্রুপ-৪A(14) – ৭A(17) মৌলসমূহেৰ হাইড্রাইডেৰ স্ফুটনাক্ষ বনাম গ্রুপ নথৰ কলাম গ্রাফ

অনুৰূপভাৱে, অন্তঃআণবিক H-বন্ধনেৰ কাৱণে একই অ্যারোমেটিক জৈব অণুৰ মধ্যে নতুন রিং (ring) বা বলয় সৃষ্টি হয়, একে H-বন্ধনেৰ বিলেশন (chelation উচ্চারণ key-lation) বলে। এৱে জৈব অ্যারোমেটিক যোগেৰ অৰ্থো সমাণুৰ গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ প্যারা সমাণুৰ গলনাক্ষ ও স্ফুটনাক্ষ থেকে কম হয়। যেমন,

অৰ্থোনাইট্রো ফেনলেৰ গলনাক্ষ  $45^{\circ}\text{C}$ , কিন্তু এটিৰ প্যারা সমাণুৰ গলনাক্ষ  $114^{\circ}\text{C}$  হয়। এৱে কাৱণ হলো অৰ্থো নাইট্রোফেনলেৰ বেলায়  $-\text{OH}$  ও  $-\text{NO}_2$  গ্রুপ বেনজিন বলয়ে খুব নিকটে দুটি C-পৰমাণুতে 1:2 অবস্থানে থাকায় উভয় গ্রুপেৰ মধ্যে অন্তঃআণবিক H-বন্ধন দ্বাৰা বলয় সৃষ্টি এবং একক অণুৰপে থাকে। অপৰদিকে,

প্যারা নাইট্রোফেনলেৰ অণুতে  $-\text{OH}$  ও  $-\text{NO}_2$  গ্রুপ বেনজিন বলয়ে সবচেয়ে দূৰে 1:4 অবস্থানে থাকায় অন্তঃআণবিক H-বন্ধন ঘটা সম্ভব হয় না; বৰঞ্চ অন্তঃআণবিক H-বন্ধন দ্বাৰা বহু সংখ্যক অণু পৰম্পৰেৰ সাথে 'সংবন্ধ' (associated) থাকে। তাই এৱে অৰ্থো-সমাণুৰ তুলনায় প্যারা সমাণুৰ গলনাক্ষ ( $114^{\circ}\text{C}$ ) ও স্ফুটনাক্ষ বেশি হয়।

**H-বন্ধন ও সমযোজী বন্ধনেৰ তুলনা :** হাইড্রোজেন বন্ধন স্থিৰ বৈদ্যুতিক প্ৰকৃতিৰ এবং দুৰ্বল প্ৰকৃতিৰ বন্ধন। হাইড্রোজেন বন্ধন শক্তি সাধাৱণত  $10 - 40 \text{ kJ mol}^{-1}$  অপেক্ষা বেশি হয় না। সমযোজী বন্ধনসমূহ বহুগুণ বেশি শক্তিশালী (সাধাৱণত  $150 - 1100 \text{ kJ mol}^{-1}$ )। H-বন্ধনেৰ উপস্থিতিৰ ফলে সমযোজী যোগেৰ ধৰ্মে বিশেষ পৰিবৰ্তন ঘটে। তাই যোগেৰ ধৰ্ম নিৰ্ণয়ে ও ব্যাখ্যায় এটি বিশেষভাৱে গুৱাত্পূৰ্ণ।

**H-বন্ধন ও ভ্যানডার ওয়ালস বলেৰ তুলনা :** H-বন্ধনশক্তি অবস্থাভেদে প্ৰায়  $10 - 40 \text{ kJ mol}^{-1}$  পৰ্যন্ত হয়। অপৰদিকে অন্যান্য ননবেঙ্গিং ভ্যানডার ওয়ালস বল যেমন আয়ন-ডাইপোল আকৰ্ষণ বল  $10 - 50 \text{ kJ mol}^{-1}$  এবং বিভিন্ন প্ৰকাৰ ডাইপোল-আবিষ্ট ডাইপোলেৰ মধ্যে আকৰ্ষণ বল  $2 - 10 \text{ kJ mol}^{-1}$ ; বিস্তাৱণ বলেৰ মান  $1 - 10 \text{ kJ mol}^{-1}$  পৰ্যন্ত হয়।

### শিক্ষার্থীৰ কাজ :

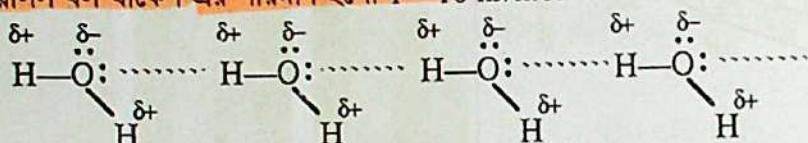
#### ৩.১৯ $\text{H}_2\text{O}$ এবং $\text{H}_2\text{S}$ এৱে H-বন্ধন, H-বন্ধন ও ভ্যানডার ওয়ালস বলেৰ তুলনা Comparison Among Bonds in $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{H}_2\text{S}$ , H-Bond and Vander Waals' force

নিম্নোক্ত তিনটি বিষয়েৰ ভিত্তিতে তুলনা কৱতে হবে। যেমন—

- (১)  $\text{H}_2\text{O}$  এবং  $\text{H}_2\text{S}$  হলো গ্রুপ-১৬ এৱে মৌল O এবং S এৱে হাইড্রাইড। গ্রুপভিত্তিক উভয় হাইড্রাইডেৰ ধৰ্মে মিল থাকাৰ কথা। (২) বাস্তবে  $\text{H}_2\text{O}$  তৰল; কিন্তু  $\text{H}_2\text{S}$  হলো গ্যাস। এৱে কাৱণ উভয়েৰ মধ্যে কেবল  $\text{H}_2\text{O}$  অণুতে H-বন্ধন ঘটে। (৩) ছাড়া আন্তঃআণবিক আকৰ্ষণ বলৱত্তপে H-বন্ধন ও ভ্যানডার ওয়ালস বলেৰ মধ্যে পাৰ্থক্য উভয় যোগেৰ ভৌত অবস্থার নিয়ামকৱত্তপে কাজ কৰে।

পানি অণু ( $H_2O$ ) হলো পোলার; কিন্তু  $H_2S$  হলো অপোলার। এর কারণ, O ও H এর তড়িৎ ঝণাঞ্চকতার পার্থক্য হলো  $(3.5 - 2.1) = 1.4$ , যা সমযোজী পোলার অণু গঠনের শর্ত পূরণ করে। কিন্তু S ও H এর মধ্যে তড়িৎ ঝণাঞ্চকতার পার্থক্য হলো  $(2.5 - 2.1) = 0.4$ , যা অপোলার সমযোজী অণুর শর্ত পূরণ করে। তাই পোলার  $H_2O$  অণুসমূহের মধ্যে H-বন্ধন গঠন সম্ভব। অপোলার  $H_2S$  অণুর মধ্যে H-বন্ধন সম্ভব নয়।

হাইড্রোজেন বন্ধন উপস্থিতি থাকার ফলে  $H_2O$  অণুসমূহ পরম্পরাকে আকৃষ্ট করে সংবন্ধ বা গুচ্ছ অণু ( $H_2O$ )<sub>n</sub> আকারে রাখে। ফলে  $H_2O$  তরল অবস্থা প্রাণী হয়। অপরদিকে  $H_2S$  পৃথক একক অণুরূপে গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে।  $H_2S$  অণুগুলোর মধ্যে দুর্বল ভ্যানডার ওয়ালস বল থাকে। এর পরিমাণ হলো 1 – 10 kJ/mol মাত্র।



চিত্র-৩.৪০ : পানি অণুর মধ্যে H-বন্ধন

DAT: 19-20

আবার H-বন্ধন শক্তির পরিমাণ ভ্যানডার ওয়ালস বলের তুলনায় বেশি। H-বন্ধন শক্তি পোলারিটির মাত্রাতে দে 10 – 40 kJ/mol হয়। HF এর বেলায় H-বন্ধন শক্তি সর্বাধিক হয় এবং এরপর তা  $H_2O$  এর বেলায় প্রযোজ্য।

HCl, HBr, HI সাধারণ তাপমাত্রায় গ্যাসীয় দ্বিপরমাণুক অণু হিসেবে থাকলেও HF অণুসমূহ আন্তঃআণবিক H-বন্ধন দ্বারা সংযোজিত অণু ( $HF$ )<sub>n</sub> রূপে (associated) থাকে এবং HF এর স্ফুটনাক্ষ 19.5 হয়। অর্থাৎ 19.5°C নিচে HF তরল অবস্থায় এবং কক্ষতাপমাত্রায় (25°C) গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৭ : আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল শনাক্তকরণভিত্তিক : নিম্নোক্ত পদার্থে উপস্থিতি আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলকে শ্রেণিগতভাবে শনাক্ত কর : (ক) HCl, (খ)  $CH_3CH_3$ , (গ)  $CH_3NH_2$ , (ঘ) Kr।

**দক্ষতা (Strategy) :** প্রত্যেকের আণবিক গঠন জেনে আন্তঃআণবিক বল শনাক্ত কর। সব প্রকারের অণুর মধ্যে থাকে—বিস্তারণ বল; পোলার অণুর মধ্যে থাকে ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ বল এবং O-H, N-H ও H-F এর মধ্যে থাকে H-বন্ধন।

**সমাধান :** (ক) HCl হলো পোলার অণু; কিন্তু H-বন্ধন করতে পারে না। এটির অণুতে ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ বল এবং বিস্তারণ বল থাকে।

(খ)  $CH_3CH_3$  হলো অপোলার; এর অণুতে কেবল বিস্তারণ বল থাকে।

(গ)  $CH_3NH_2$  হলো পোলার অণু; এর অণুতে H-বন্ধন, ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ বল ও বিস্তারণ বল থাকে।

(ঘ) Kr হলো অপোলার; এতে কেবল বিস্তারণ বল থাকে।

**শিক্ষার্থী নিজে কর-৩.১৬ : H-বন্ধনভিত্তিক সমস্যা :**

প্রশ্ন-৩.৩৪ | হাইড্রোজেন বন্ধন কী?

[ঢ. বো. ২০১৫]

প্রশ্ন-৩.৩৫ |  $H_2O$  তরল, কিন্তু  $H_2S$  গ্যাস; এর কারণ ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০১৬; য. বো ২০১৬; ঢ. বো. ২০১৫]

প্রশ্ন-৩.৩৬(ক) | কক্ষ তাপমাত্রায়  $H_2O$  ও  $CO_2$  এর ভৌত অবস্থা ভিন্ন কেন—ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. ২০১৫]

প্রশ্ন-৩.৩৬(খ) | অর্থোনাইট্রোফেনল ও প্যারানাইট্রোফেনলের মধ্যে কোনটির গলনাক্ষ বেশি হবে ও কেন তা ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. ২০১৬]

প্রশ্ন-৩.৩৬(গ) | কক্ষ তাপমাত্রায়  $H_2O$  তরল; কিন্তু HF গ্যাস কেন; ব্যাখ্যা কর।

অথবা, HF এর স্ফুটনাক্ষ (19.5°C) পানির স্ফুটনাক্ষের চেয়ে কম কেন; ব্যাখ্যা কর। [য. বো. ২০১৭]

**সমস্যা-৩.৩৭ :**  $CCl_4$ ,  $Cl_2$ , Ar ও  $HNO_3$  এর মধ্যে—

(ক) কোন্টির সবচেয়ে বেশি ডাইপোল-ডাইপোল আকর্ষণ বল রয়েছে?

(খ) কোন্টির সবচেয়ে বেশি H-বন্ধন আকর্ষণ বল আছে?

(গ) কোন্টিতে সবচেয়ে কম বিস্তারণ বল থাকে?

**সমস্যা-৩.৩৮ :** নিম্নোক্ত অণুতে কোন্ প্রকারের আন্তঃআণবিক বল কার্যকর আছে? এর ভিত্তিতে এদের স্ফুটনাক্ষের ক্রমবৰ্ধক দেখাও : (ক)  $H_2S$  (34 amu), (খ)  $CH_3OH$  (32 amu), (গ)  $C_2H_6$  (30 amu), (ঘ) Ar (40 amu).

### ৩.২০ হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব

#### Importance of H-bond

তোমরা কী জান এ H-বন্ধন বায়োলজিকেল সিটেমকে কীভাবে প্রভাবিত করে জীবজগতের টিকে থাকার জন্য অনন্য ভূমিকা পালন করে চলেছে। তিনটি প্রধান বায়োঅণু যেমন প্রোটিন, নিউক্লিক এসিড (DNA, RNA) ও কার্বোহাইড্রেট যৌগসমূহে H-বন্ধনের প্রধান ভূমিকা রয়েছে, (যা তোমরা উচ্চতর শ্রেণিতে অধিক জানতে পারবে।) নিচে কিছু H-বন্ধনের গুরুত্ব উল্লেখ করা হলো।

(i) আমাদের দেহের ভরের 70% হলো পানি। তরল পানি ছাড়া প্রাণীর দেহ গঠন ও রক্ষা অসম্ভব। আর H-বন্ধনের কারণেই পানি তরল অবস্থা লাভ করেছে।

(ii) আমাদের দেহে শক্তিদায়ক প্রধান খাদ্য হলো কার্বোহাইড্রেট ও প্রোটিন। প্রথম যৌগে O এবং ২য় যৌগে O,N, ইত্যাদি ভড়িৎ ঝণাঝক পরমাণু রয়েছে। তাই এদের অণুতে H-বন্ধন বিশেষ ভূমিকা পালন করে।

(iii) প্রাণিদেহের বিভিন্ন তত্ত্ব যেমন চর্ম, অঙ্গ, টিস্যু, রক্ত, চুল ইত্যাদির প্রোটিন গঠনে H-বন্ধনের ভূমিকা বর্তমান। প্রতিটি কোষের DNA ও RNA তে রয়েছে H-বন্ধনের ভূমিকা। বায়োকেমিস্ট্রির আলোচিত বায়োঅণুসমূহের আণবিক গঠনভিত্তিক ধর্ম যেমন টারসিয়ারি প্রোটিনভূক্ত এনজাইমের ও হরমোনসমূহের ভূমিকা এদের গঠনের ওপর নির্ভরশীল, যা H-বন্ধন দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়।

#### শিক্ষার্থীর কাজ :

##### হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব

শিখনফল : জীবজগতে টিকে থাকার জন্য হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব বিশ্লেষণ করতে হবে।

জীবজগৎ বলতে উদ্ভিদ ও প্রাণী জগতকে বোঝায়। এ পরিমণ্ডল বিবেচনায় রেখে নিম্নোক্ত বিষয়সমূহে হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব আলোচনা করতে হবে। যেমন—

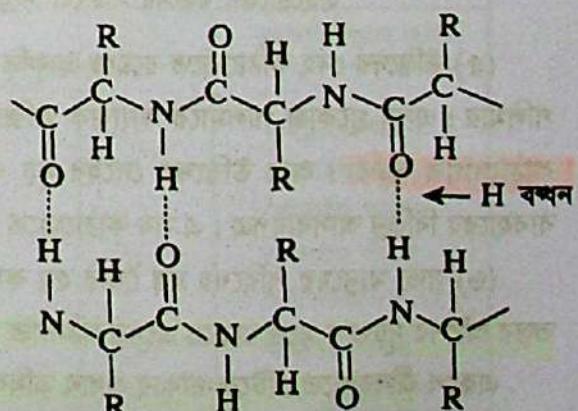
- (১) দেহের গঠনগত এককরূপে উদ্ভিদ ও প্রাণীর রয়েছে যথাক্রমে উদ্ভিদ কোষ ও প্রাণিকোষ।
- (২) জীবনধারণের জন্য প্রত্যেক জীবের খাদ্য প্রয়োজন।
- (৩) খাদ্যের পরে মানুষের জন্য বন্ত, বাসস্থান, শিক্ষা, চিকিৎসা ইত্যাদি উন্নত জীবনযাপনের জন্য অপরিহার্য বিভিন্ন উপকরণের প্রয়োজন রয়েছে।

উপরোক্ত বিষয়ের আলোকে হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব বিশ্লেষণ করতে হবে।

(১) জীবজগতের উৎপত্তি ও অস্তিত্বের মূলে রয়েছে উপাদানগত পানি। যে সব গ্রহে পানি নেই সেখানে প্রাণের বা জীবের অস্তিত্ব নেই। তাই বলা হয়, 'পানির অপর নাম জীবন'। পানির অণুতে রয়েছে হাইড্রোজেন বন্ধন। এ কারণেই পানি তরল অবস্থায় থাকে। তরল পানির মাধ্যমে উদ্ভিদ ও প্রাণিজগতের জীবনের উত্তৰ, জীবন-ধারণ ও জীবন প্রবাহ অনন্দিকাল বয়ে চলেছে। তাই জীবন-রসায়নেই হাইড্রোজেন বন্ধনের গুরুত্ব রয়েছে।

(২) সব প্রাণীর দেহ কাঠামোর 'একক কোষ' প্রোটিন অণু দ্বারা গঠিত। প্রোটিন হলো বিভিন্ন অ্যামাইড এসিড [R-CH(NH<sub>2</sub>)-C(=O)OH] সমূহের অ্যামাইড বন্ধনে গঠিত প্রাকৃতিক পলিমার। প্রোটিনের পলি-অ্যামাইড শিকলের সেকেভারি ও টারসিয়ারি কাঠামোতে রয়েছে হাইড্রোজেন বন্ধন।

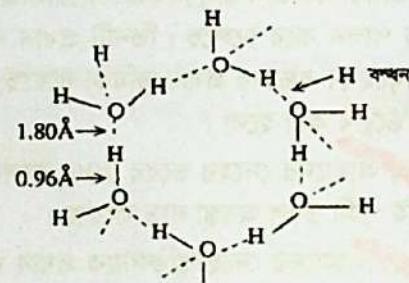
(৩) তরল পদার্থ জমাট বেঁধে কঠিন হলে আয়তনে কমে এবং ঘনত্ব বাড়ে। কিন্তু পানির বেলায় নিম্ন তাপমাত্রায় পানি জমাট বেঁধে বরফ হয়; এতে বরফের ঘনত্ব কম হয়। বরফ পানির ওপর ভাসে। এর মূলে রয়েছে পানির অণুতে হাইড্রোজেন বন্ধন গঠনের ভূমিকা। বরফ কাঠামোতে সব পানি অণু সর্বাধিক সংখ্যক H-বন্ধন দ্বারা আবদ্ধ



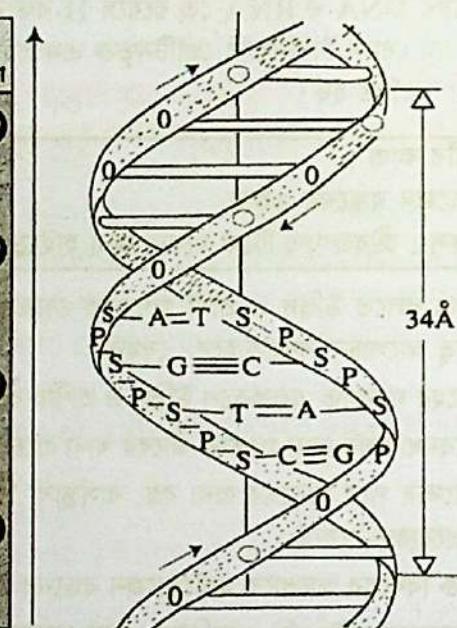
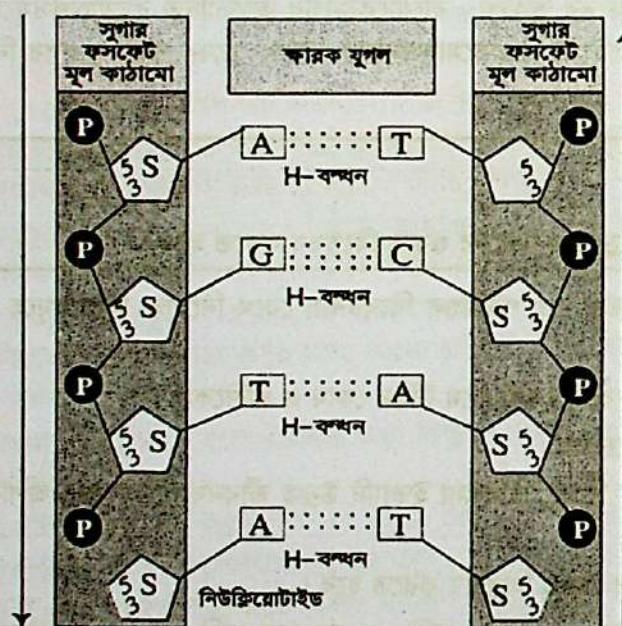
চিত্র-৩.৪১ : প্রোটিনের সেকেভারি গঠনে H-বন্ধন।

থাকে। তখন বরফের কেলাস গঠনে ফাঁকা স্থান থাকে। তখন পানির আয়তনের তুলনায় বরফের আয়তন বাড়ে, ঘনত্ব কমে যায়। এ অবস্থায় বরফ খও পানির ওপর ভেসে থাকে এবং এর নিচের পানি তরল অবস্থায় থাকে। তাই শীতপ্রধান মেরু অঞ্চলের সব জলাশয়ে জলজ প্রাণীর অস্তিত্ব সম্ভব হয়েছে।

(৪) প্রাণিকোষের নিউক্লিয়াসের রয়েছে জেনেটিক উপাদান দুটি নিউক্লিক এসিড DNA ও RNA (DNA = ডিঅ্যুরাইবো নিউক্লিক এসিড; RNA = রাইবো নিউক্লিক এসিড)। নিউক্লিক এসিডের দ্বিহেলিক্স বা জোড়-কুণ্ডলীতে রয়েছে ক্ষারক যুগলের মধ্যে H-বন্ধন। ক্ষারক যুগল এডিনিন-থাইমিন (A-T) এর মধ্যে থাকে দুটি H-বন্ধন এবং গুয়ানিন-সাইটোসিন (G-C) এর মধ্যে থাকে তিনটি করে H-বন্ধন। এ H-বন্ধন দ্বারা DNA এর দ্বি-হেলিক্স সুস্থিতি লাভ করে।



চিত্র-৩.৪২ : বরফের কেলাস গঠন একক।



চিত্র-৩.৪৩: DNA এর রাসায়নিক রৈখিক গঠনচিত্র। (এডিনিন-থাইমিন (A-T) দুটি এবং গুয়ানিন-সাইটোসিন (G-C) তিনটি হাইড্রোজেন বন্ধনের সাহায্যে সংযুক্ত।

DNA এর দ্বিহেলিক্স মডেল (... H-বন্ধন)।  
এখানে S = ডিঅ্যুরিল রাইবোজ টিনি P = ফসফেট  
A = এডিনিন; G = গুয়ানিন; T = থাইমিন; C = সাইটোসিন

(৫) উদ্ভিদের দেহ কাঠামোতে রয়েছে প্রাকৃতিক গুকোজ পলিমার সেলুলোজ এবং উদ্ভিদ ও প্রাণীর প্রধান খাদ্য হলো স্টার্ট পলিমার। এসব গুকোজ পলিমারে ঝগাঞ্চক অক্সিজেন পরমাণুর সাথে H-বন্ধন রয়েছে। এ H-বন্ধন সেলুলোজকে দিয়েছে কাঠামোগত দৃঢ়তা। আর উদ্ভিদের দেহের দৃঢ় কাঠামো ব্যবহার করে মানুষ তৈরি করেছে নিজের বসবাসের গৃহ এবং ব্যবহারের বিভিন্ন আসবাবপত্র। এ সব কাঠামোতে রয়েছে H-বন্ধনের ভূমিকা।

(৬) সভ্য মানুষের পরিধেয় বস্ত্র তৈরি হয় কার্পাস তুলা, উল, কৃত্রিম সিল্ক এবং বিভিন্ন সাংশেষিক তত্ত্ব থেকে। এসব তত্ত্বের আঁশের দৃঢ়তার মূলে রয়েছে এদের গঠনগত রাসায়নিক পদার্থের আণবিক গঠনে H-বন্ধনের উপস্থিতি।

একাপে জীবজগতের টিকে থাকার প্রধান ভূমিকায় রয়েছে সংশ্লিষ্ট সব উপাদানের মধ্যে H-বন্ধনের গুরুত্ব।

### ৩.২১ অজৈব ঘোগের নামকরণ

#### Nomenclature of Inorganic Compounds

1A		18 8A						
H <sup>+</sup>	H <sup>-</sup>							
Hydride	2A							
Li <sup>+</sup>	Be <sup>2+</sup>			N <sup>3-</sup>	O <sup>2-</sup>	F <sup>-</sup>		
Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>		Al <sup>3+</sup>		S <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>		
K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>		Ga <sup>3+</sup>		Se <sup>2-</sup>	Br <sup>-</sup>		
Rb <sup>+</sup>	Sr <sup>2+</sup>		In <sup>3+</sup>	Sn <sup>2+</sup> Sn <sup>4+</sup>	Te <sup>2-</sup>	I <sup>-</sup>		
Cs <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>		Tl <sup>+</sup> Tl <sup>3+</sup>	Pb <sup>2+</sup> Pb <sup>4+</sup>				

চিত্র-৩.৪৪ : প্রধান গ্রুপসমূহের ক্যাটাইন ও আয়নায়ন।

(ক) বাইনারি আয়নিক ঘোগ : দুটি মাত্র

মৌল দ্বারা গঠিত ঘোগকে Binary Compound বলে। ধনাত্মক আয়নটি 'ধাতুর নাম' এবং ঋণাত্মক আয়নটিতে অধাতুর নামের প্রথম অংশের সাথে 'আইড' (ide) যুক্ত হয়। যেমন NaCl এর নাম সোডিয়াম ক্লোরাইড। ৩.৪৮ নং চিত্রে পর্যায় সারণির প্রধান গ্রুপের সাধারণ আয়নসমূহকে চার্জসহ দেখানো হলো। ৩.৪৫ নং চিত্রে অবস্থান্তর ধাতুসমূহের সাধারণ আয়নসমূহকে চার্জসহ দেখানো হলো।

এখন 'ion formulas' সম্বন্ধে বিশেষ তথ্য মনে রাখতে হবে। যেমন—

(১) ক্যাটাইন বা ধনাত্মক আয়নে একই গ্রুপের মৌলসমূহের আয়নের চার্জ গ্রুপ সংখ্যার সমান হয়। যেমন গ্রুপ-IA এর সব মৌল একক ধনাত্মক আয়ন ( $M^+$ ), গ্রুপ-2A এর মৌল দ্বি-ধনাত্মক আয়ন ( $M^{2+}$ ), গ্রুপ-3A এর মৌল ত্রিধনাত্মক আয়ন  $A_1^{3+}$ , ব্যতিক্রম গ্রুপ-4A এর মৌলের বেলায়  $Sn^{2+}$ ,  $Sn^{4+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Pb^{4+}$  চিত্র-৩.৪৮ দেখ।

(২) ঋণাত্মক আয়ন বা অ্যানায়নে, আয়নের চার্জ = (গ্রুপ সংখ্যা - 8)। যেমন S হলো গ্রুপ-6A এর মৌল। সূতরাং S এর আয়নের চার্জ হবে  $(6 - 8) = -2$  অর্থাৎ আয়নটি হবে  $S^{2-}$ । গ্রুপ-7A এর হ্যালোজেনের বেলায় আয়নের চার্জ সংখ্যা =  $(7 - 8) = -1$  অর্থাৎ আয়ন হবে  $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ।

সারণি-৩.৮ : এক পরমাণুক আয়ন

চার্জ ক্যাটাইন :	সংকেত	নাম
1+	H <sup>+</sup> Li <sup>+</sup> Na <sup>+</sup> K <sup>+</sup> Rb <sup>+</sup> Cs <sup>+</sup> Ag <sup>+</sup>	হাইড্রোজেন আয়ন লিথিয়াম আয়ন সোডিয়াম আয়ন পটাসিয়াম রুবিডিয়াম সিঞ্জিয়াম আয়ন সিলভার আয়ন
2+	Mg <sup>2+</sup> Ca <sup>2+</sup> Sr <sup>2+</sup> Ba <sup>2+</sup> Zn <sup>2+</sup> Cd <sup>2+</sup>	ম্যাগনেসিয়াম আয়ন ক্যালসিয়াম আয়ন স্ট্রেন্সিয়াম আয়ন বেরিয়াম আয়ন জিঙ্ক আয়ন ক্যাডমিয়াম আয়ন
3+	Al <sup>3+</sup>	অ্যালুমিনিয়াম আয়ন
অ্যানায়ন :		
1-	H <sup>-</sup> F <sup>-</sup> Cl <sup>-</sup> Br <sup>-</sup> I <sup>-</sup>	হাইড্রাইড আয়ন ফ্লোরাইড আয়ন ক্লোরাইড আয়ন ব্রোমাইড আয়ন আয়োডাইড আয়ন
2-	O <sup>2-</sup> S <sup>2-</sup>	অক্সাইড আয়ন সালফাইড আয়ন
3-	N <sup>3-</sup>	নাইট্রাইড আয়ন

କୀରଣେ ଏ ସବ ଆୟନେର ନାମ ଓ ସଂକେତ ମନେ ରାଖିବେ ଦେ ସବଙ୍କେ କିଛୁ ସାଜେଶନ :

(১) একপরমাণুক আয়নসমূহ (monatomic ions) থেকে বাইনারি আয়নিক যৌগের নামকরণের বেলায়— (ক) ক্যাটায়নের নাম আগে ও অ্যানায়নের নাম পরে হয়। ধাতুর নামানুসারে ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়নের বেলায় অধাতুর নামের প্রথম অংশের সাথে 'আইড' (-ide) যোগ হয়।

(২) বাইনারি আয়নিক যৌগের সংকেত লেখার বেলায় ধনাত্মক আয়ন ও ঋণাত্মক আয়নদ্বয়ের মৌলের প্রতীক লেখার পর আয়নদ্বয়ের চার্জ সংখ্যাদ্বয়কে (চিহ্নবাদে) বিপরীতভাবে উভয় প্রতীকের ডানদিকে একটু নিচে করে লেখা হয়। যেমন, ক্যালসিয়াম আয়ন ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ও ব্রোমাইড আয়ন ( $\text{Br}^-$ ) এর যৌগের সংকেত হলো  $\text{Ca}_1\text{Br}_2$  বা,  $\text{CaBr}_2$  এবং এটির নাম ক্যালসিয়াম ব্রোমাইড।

(৩) চিত্র-৩.৪৫ এ সাধারণ অবস্থান্তর ধাতুর জলীয় দ্রবণে সুস্থিত আয়নসমূহকে দেখানো হলো।

	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8 8B	9 9B	10 10B	11 11B	12 12B	
	$\text{Sc}^{3+}$	$\text{Ti}^{3+}$	$\text{V}^{3+}$	$\text{Cr}^{2+}$ $\text{Cr}^{3+}$	$\text{Mn}^{2+}$	$\text{Fe}^{2+}$ $\text{Fe}^{3+}$	$\text{Co}^{2+}$	$\text{Ni}^{2+}$	$\text{Cu}^+$ $\text{Cu}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$	
	$\text{Y}^{3+}$					$\text{Ru}^{3+}$	$\text{Rh}^{3+}$	$\text{Pd}^{2+}$	$\text{Ag}^+$	$\text{Cd}^{2+}$	
										$\text{Hg}^{2+}$	

চিত্র-৩.৪৫ : সাধারণ অবস্থাত্তর ধাতুর আয়নসমূহ (জলীয় দ্রবণে সুস্থিত)

(8) অবস্থাত্বের ধাতুসমূহের একাধিক ধনাঘক আয়ন থাকে। এ সব যৌগের নামকরণে (Systematic name) এ ধাতুর আয়নের নামের শেষে বক্সনীর মধ্যে রোমান সংখ্যায় আয়নের চার্জ সংখ্যা লেখা হয়। যেমন আয়রন (II) ক্লোরাইড,  $\text{FeCl}_2$  (উচ্চারণ আয়রন-2 ক্লোরাইড) এবং আয়রন (III) ক্লোরাইড  $\text{FeCl}_3$  (উচ্চারণ আয়রন-3 ক্লোরাইড)

Common name এর বেলায় আয়রনের ল্যাটিন নামের শেষে 'আস' (-ous) ও 'ইক' (-ic) যোগ হয়। তাই আয়রন (II) ক্রোরাইডকে ফেরাস ক্রোরাইড এবং আয়রন (III) ক্রোরাইডকে ফেরিক ক্রোরাইডও বলা হয়।

### ସାରଣୀ-୩.୯ : ଅବସ୍ଥାନ୍ତର ଧାତୁର ଆସନ :

<b>Ion</b>	<b>Systematic name</b>	<b>Common name</b>
$\text{Cr}^{2+}$	ক্রেমিয়াম (II) আয়ন	ক্রেমাস আয়ন
$\text{Cr}^{3+}$	ক্রেমিয়াম (III) আয়ন	ক্রেমিক আয়ন
$\text{Fe}^{2+}$	আয়রন (II) আয়ন	ফেরাস আয়ন
$\text{Fe}^{3+}$	আয়রন (III) আয়ন	ফেরিক আয়ন
$\text{Cu}^+$	কপার (I) আয়ন	কিউপ্রাস আয়ন
$\text{Cu}^{2+}$	কপার (II) আয়ন	কিউপ্রিক আয়ন

**সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৮ : বাইনারি আয়নিক যৌগের নামকরণভিত্তিক :**

- Systematic নামকরণ পদ্ধতিতে নিচের যৌগসমূহের নাম লেখ ।

(ক)  $\text{BaCl}_2$       (খ)  $\text{CrCl}_3$       (গ)  $\text{PbS}$       (ঘ)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

**দক্ষতা (Strategy) :** অ্যানায়নের সংখ্যা ও চার্জ থেকে মোট ঝগাঞ্চক চার্জের সংখ্যা গণনা করে প্রতিটি ক্যাটায়নে ধনাঞ্চক চার্জের সংখ্যা ঠিক কর। প্রয়োজনে চি-৩.৪৪ ও চি-৩.৪৫ ব্যবহার কর।

### **সমাধান (Solution) :**

(ক)  $\text{BaCl}_2$  : বেরিয়াম ক্লোরাইড :  $\text{Ba}^{2+}$ -এন্ট্রি-2A এর মৌল হওয়ায়; একটি মাত্র আয়ন সম্পর্ক। তাই রোমান সংখ্যা ব্যবহার করতে হয় না।

(৷)  $\text{CrCl}_3$ : ক্রোমিয়াম (III) ক্লোরাইড : Cr অবস্থান্তর মৌল হওয়ায় এটির একাধিক আয়ন সম্ভব। তাই এক্ষেত্রে  $\text{Cr}^{3+}$  আয়নের জন্য রোমান সংখ্যা (III) ব্যবহার আবশ্যিক হয়েছে।

(গ) **PbS** : লেড (II) সালফাইড : Pb এর দুটি আয়ন আছে। এক্ষেত্রে সালফাইড আয়ন ( $S^{2-}$ ) এর দুটি ঋণাত্মক চার্জ থাকায় ক্যাটিওয়নের নামে রোমান সংখ্যা আবশ্যিক হয়েছে।

(घ)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  : आयरन (III) अस्क्राइट : तिनटि अस्क्राइट आयने ( $\text{O}^{2-}$ ) मोट छयाटि धनात्मक चार्ज आहे। ताई दुटी आयरन क्याटायनेवे छयाटि धनात्मक चार्ज व्हे। ताई प्रति क्याटायन  $\text{Fe(III)}$  हयेहे।

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.১৯ : নাম থেকে বাইনারি ঘোগের সংকেত লিখনভিত্তিক : নিচের নাম থেকে ঘোগের আণবিক সংকেত লেখ : (ক) ম্যাগনেসিয়াম ফ্লোরাইড, (খ) আয়রন (III) সালফাইড, (গ) টিন (IV) অক্সাইড।

**দক্ষতা (Strategy) :** একাধিক জারণ অবস্থাযুক্ত ধাতুর নামে রোমান সংখ্যা ক্যাটায়নের চার্জ নির্দেশ করছে। অ্যানায়নের চার্জ জেনে উভয় প্রকার চার্জ সংখ্যা সমান করার জন্য আয়ন সংখ্যা বিপরীত করে জেনে নাও।

### **সমাধান (Solution) :**

(ক) ম্যাগনেসিয়াম ফ্লোরাইড,  $MgF_2$  : Mg হলো প্রপ-2A মৌল ; এটির একটিমাত্র আয়ন সম্ভব, চার্জ সংখ্যা  $2+$ , তাই একক ঝণাঝুক চার্জের দুটি ফ্লোরাইড ( $F^-$ ) আয়ন দ্বারা উভয় প্রকার চার্জ সংখ্যা সমান করতে হয়েছে।

(क) आयरन (III) सालफाइड :  $\text{Fe}_2\text{S}_3$  : आयरन (III) एवं 3+ चार्ज आचे एवं सालफाइड आयन ( $\text{S}^{2-}$ ) एवं 2- चार्ज आचे । ताई विपरीतक्रमे दुटी आयरन ओ तिनटी सालफार निये चार्ज संख्या समान करते हयेहे ।

(গ) টিন (IV) অক্সাইড :  $\text{SnO}_2$  : টিন (IV) এর 4+ চার্জ আছে; তাই দ্বিখণ্ডক চার্জের দুটি অক্সাইড আয়ন ( $\text{O}^{2-}$ ) দ্বারা মোট চার্জ সংখ্যা সমান করা হয়েছে।

শিক্ষার্থী নিজে সমাধান কর-৩.১৭ : যৌগের নামকরণ :

**সমস্যা-৩.৩৯ :** Systematic নামকরণ পদ্ধতিতে নিচের যোগসমূহের নাম লেখ :

(क)  $\text{CsF}$       (ख)  $\text{K}_2\text{O}$       (ग)  $\text{CuO}$       (घ)  $\text{BaS}$

সমস্যা-৩.৪০ : Systematic নামকরণ পদ্ধতিতে নিচের যৌগের নাম থেকে সংকেত লেখ :

(ক) ম্যাসনিজ (IV) অস্ট্রাইড. (খ) আলগিনিয়াম অস্ট্রাইড. (গ) কপার (II) সালফাইড।

(খ) পলি অ্যাটমিক আয়নসহ যোগসমূহ :

বন্ধনে আবদ্ধ ও চার্জযুক্ত দুই বা ততোধিক পরমাণুর গ্রহণকে পলি অ্যাটমিক আয়ন বলে। যেমন  $\text{NH}_4^+$  (অ্যামোনিয়াম আয়ন),  $\text{NO}_3^-$  (নাইট্রেট আয়ন) হলো যথাক্রমে পলি অ্যাটমিক ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন। সারণি-৩.১০ এ দেয়া পলি অ্যাটমিক আয়নসমূহের নাম ও সংকেত মুখ্যস্থ রেখে ঘোগের নামকরণে অগ্রসর হতে হবে। ঐ সব অ্যানায়নের নামের বৈশিষ্ট্য ও মনে রাখার নিয়ম নিচে দেয়া হলো—

(১) লক্ষ কর অধিকাংশ পলি অ্যাটমিক আয়নের নামের শেষে 'আইট' ((ite)) ও 'এট' (-ate) আছে। যেমন **নাইট্রাইট** (Nitrite)  $\text{NO}_2^-$  ও নাইট্রেট (Nitrate)  $\text{NO}_3^-$  আয়ন। কেবল হাইড্রক্সাইড ( $\text{OH}^-$ ), সায়ানাইড ( $\text{CN}^-$ ), পার অক্সাইড ( $\text{O}_2^2-$ ) আয়নের শেষে - 'আইড' (ide) আছে।

(২) অক্সিজেনযুক্ত আয়ন বা অক্সোঅ্যানায়ন (oxoanion) সমূহে কোনো একটি মৌলের সাথে বিভিন্ন সংখ্যক O-পরমাণুযুক্ত আছে; এদের (কম O পরমাণু থাকলে) নামের শেষে -আইট' (-ite) বেশি O পরমাণু থাকলে - 'এট'(-ate) যুক্ত হয়। যেমন  $\text{SO}_3^{2-}$ -এর নাম সালফাইট (Sulphite),  $\text{SO}_4^{2-}$  এর নাম সালফেট (Sulphate)।

(৩) একই মৌলের যেমন হ্যালোজেনের (Cl, Br, I এর) দূয়ের চেয়ে বেশি অঙ্গোঅ্যানায়ন থাকলে এদেরকে প্রথমে O-পরমাণুর সংখ্যা মতে 'আইট' ও 'এট' আয়নকাপে দু-ভাগ করা হয়। পরে দুটি 'আইট' আয়নের যেটিতে সবচেয়ে কম O-পরমাণু আছে এর ক্ষেত্রে -'আইট' আয়নের নামের প্রথমেই 'হাইপো'- (hypo অর্থ less than) বসে। আবার সবচেয়ে বেশি O-পরমাণুযুক্ত অঙ্গো অ্যানায়নের নামের প্রথমে 'পার' (per অর্থ more than) বসে। যেমন-

$\text{ClO}^-$  আয়ন : এর নাম হাইপো ক্লোরাইট আয়ন (Hypochlorite ion)

$\text{ClO}_2^-$  আয়ন : এর নাম (গুড়) ক্লোরাইট আয়ন (Chlorite ion)

$\text{ClO}_3^-$  আয়ন : এর নাম (গুড়) ক্লোরেট আয়ন (Chlorate ion)

$\text{ClO}_4^-$  আয়ন : এর নাম পারক্লোরেট আয়ন (Per chlorate ion)

MCQ-3.21 :  $\text{XeF}_2$  এর  $\text{Xe}$

পরমাণুতে কোন প্রকারের সংকরণ

হটে? [দি. বো. ২০১৭]

(ক)  $\text{sp}$  (খ)  $\text{sp}^2\text{d}$

(গ)  $\text{sp}^3\text{d}^2$  (ঘ)  $\text{sp}^3\text{d}$

(৪) একই এসিড থেকে উৎপন্ন অঙ্গোঅ্যানায়নযুগল যেমন  $\text{HCO}_3^-$  ও  $\text{CO}_3^{2-}$  এবং  $\text{HSO}_4^-$  ও  $\text{SO}_4^{2-}$  আয়নধ্বনের একটিতে  $\text{H}^+$  আয়নযুক্ত আছে; অপরটিতে তা নেই। এদের নামকরণের বেলায়, যেটিতে  $\text{H}^+$  আয়নযুক্ত আছে; এর নামের পূর্বে 'বাই'-(bi-) অথবা 'হাইড্রোজেন' শব্দ যোগ হয়। যেমন,

$\text{CO}_3^{2-}$  হলো কার্বনেট আয়ন,  $\text{HCO}_3^-$  হলো হাইড্রোজেন কার্বনেট (বাই কার্বনেট) আয়ন

$\text{SO}_4^{2-}$  হলো সালফেট আয়ন,  $\text{HSO}_4^-$  হলো হাইড্রোজেন সালফেট (বাই সালফেট) আয়ন

সারণি-৩.১০ : কিছু সংখ্যক সাধারণ পলিঅ্যাটমিক আয়ন :

সংকেত	আয়নের নাম	সংকেত	আয়নের নাম
ক্যাটায়ন :			
$\text{NH}_4^+$	অ্যামোনিয়াম	$\text{ClO}_4^-$	পারক্লোরেট
$\text{NO}_2^-$	নাইট্রাইট	$\text{MnO}_4^-$	পারম্যাঞ্চানেট
$\text{NO}_3^-$	নাইট্রেট	$\text{CH}_3\text{CO}_2^-$	অ্যাসিটেট
$\text{OH}^-$	হাইড্রোকাইড	ট্রিচার্জযুক্ত	অ্যানায়নসমূহ :
$\text{CN}^-$	সায়ানাইড	$\text{CO}_3^{2-}$	কার্বনেট
$\text{HCO}_3^-$	হাইড্রোজেন কার্বনেট	$\text{SO}_3^{2-}$	সালফাইট
$\text{HSO}_4^-$	হাইড্রোজেন সালফেট	$\text{SO}_4^{2-}$	সালফেট
$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	ডাইহাইড্রোজেন ফসফেট	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	থায়োসালফেট
$\text{ClO}^-$	হাইপো ক্লোরাইট	$\text{HPO}_4^{2-}$	হাইড্রোজেন ফসফেট
$\text{ClO}_2^-$	ক্লোরাইট	$\text{CrO}_4^{2-}$	ক্রোমেট
$\text{ClO}_3^-$	ক্লোরেট	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	ডাইক্রোমেট
		$\text{O}_2^{2-}$	পারঅক্সাইড
		ট্রিচার্জযুক্ত	অ্যানায়ন :
		$\text{PO}_4^{3-}$	ফসফেট

সমাধানকৃত সমস্যা-৩.২০ : পলিঅ্যাটমিক আয়নযুক্ত যৌগের নামকরণভিত্তিক :

নিচের যৌগসমূহের নামকরণ Systematic পদ্ধতিতে কর :

(ক)  $\text{LiNO}_3$  (খ)  $\text{KHSO}_4$  (গ)  $\text{CuCO}_3$  (ঘ)  $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3$

দক্ষতা (Strategy) : সাধারণ পলিঅ্যাটমিক আয়নসমূহের নাম ও চার্জযুক্ত সংকেত স্বরণে রেখে অথবা প্রয়োজনে সারণি-৩.১০ এর সাহায্য নিয়ে নামকরণ করা যাবে।

**সমাধান (Solution) :**

(ক)  $\text{LiNO}_3$  : লিথিয়াম নাইট্রেট : লিথিয়াম (Li) গ্রুপ-IA এর মৌল; এর একমাত্র আয়ন  $\text{Li}^+$  হওয়ায় নামকরণে রোমান সংখ্যা অপ্রয়োজনীয়।

(খ)  $\text{KHSO}_4$  : পটাসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট : K গ্রুপ-IA এর মৌল; এটির একমাত্র আয়ন  $\text{K}^+$ ।

(গ)  $\text{CuCO}_3$  : কপার (II) কার্বনেট : এক্ষেত্রে কার্বনেট ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) আয়নের চার্জ হলো 2 $-$ ; তাই কপার পরমাণুর আয়নের চার্জ 2 $+$  হতে হবে। Cu এর দুটি আয়ন সম্ভব। তাই নামকরণে চার্জসংখ্যা রোমান সংখ্যায় ব্যবহার করা হয়েছে।

(ঘ)  $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3$  : আয়রন (III) পারক্লোরেট : তিনটি পারক্লোরেট আয়ন ( $\text{ClO}_4^-$ ) আছে, প্রত্যেকের চার্জ 1 $-$  হওয়ায় আয়রন আয়নে চার্জ 3 $+$  হবে। এটি অবস্থান্তর মৌল, তাই রোমান সংখ্যা ব্যবহৃত হয়েছে।

**(গ) অক্সো-এসিডসমূহ ও এদের নামকরণ (Oxo-acids & Their Nomenclature) :**

**অক্সো-এসিড :** যে সব অন্ধর্মবিশিষ্ট যৌগের অণুতে হাইড্রোজেন (H), অক্সিজেন (O) ও অপর একটি কেন্দ্রীয় অধাতব বা ধাতব মৌল থাকে, তাদের অক্সো-এসিড বলে। সাধারণত অধাতব অক্সো-এসিডসমূহ স্থায়ী যেমন,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; কিন্তু ধাতব অক্সো-এসিডসমূহ তুলনামূলক কম স্থায়ী এবং এদের লবণসমূহ স্থায়ী যেমন অ্যালুমিনিক এসিড ( $\text{HAIO}_2$ ) ও এর লবণ সোডিয়াম অ্যালুমিনেট ( $\text{NaAlO}_2$ ), ক্রোমিক এসিড ( $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) ও এর লবণ পটাসিয়াম ডাইক্লোরেট [ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ]। সাধারণত বেশির ভাগ ক্ষেত্রে অধাতব মৌলের একাধিক অক্সো-এসিড থাকে। যেমন,

ক্লোরিন (Cl) এর হাইড্রাসিড হাইড্রোক্লোরিক এসিড [HCl(aq)] ছাড়া আরো ৪টি অক্সো-এসিড যেমন,  $\text{HClO}$ ,  $\text{HClO}_2$ ,  $\text{HClO}_3$ ,  $\text{HClO}_4$  আছে। একই মৌলের একাধিক অক্সো-এসিডের নামকরণের বেলায় কেন্দ্রীয় মৌলের জারণ-সংখ্যাকে ভিত্তি ধরা হয়। উপরোক্ত ক্লোরিনের ৪টি অক্সো-এসিডের অণুতে ক্রমাবয়ে অক্সিজেন পরমাণু বেড়েছে। ফলে কেন্দ্রীয় পরমাণু Cl এর জারণ সংখ্যাও দুই একক করে বেড়েছে। যেমন-  $\text{H}^{+1}\text{ClO}$ ,  $\text{H}^{+3}\text{ClO}_2$ ,  $\text{H}^{+5}\text{ClO}_3$ ,  $\text{H}^{+7}\text{ClO}_4$ । এসব অক্সো-এসিডের নামকরণ নিয়ম অনুসরণ করা হয়।

(১) যে অক্সো-এসিডের মধ্যে তৃতীয় অধাতব মৌলের জারণ মান তুলনামূলকভাবে সবচেয়ে কম এর নামকরণের ক্ষেত্রে (হাইপো + তৃতীয় মৌল + আস্ এসিড) এ নিয়ম অনুসরণ করা হয়। যেমন :

HClO হাইপোক্লোরাস এসিড, এখানে Cl এর জারণ-সংখ্যা = +1

HBrO হাইপোব্রোমাস এসিড, এখানে Br এর জারণ সংখ্যা = +1

HIO হাইপোআয়োডাস এসিড, এখানে I এর জারণ সংখ্যা = +1

$\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$  (হাইপোনাইট্রাস এসিড, এখানে N এর জারণ-সংখ্যা = +1

**MCQ-3.22 :** নিচের কোনটি অধিক

সমযোজী? [চ. বো. ২০১৭]

(ক) LiCl (খ) NaCl

(গ) KCl (ঘ) CsCl

(২) যে অক্সো-এসিডের তৃতীয় মৌলের জারণ সংখ্যা হাইপো-এসিড অপেক্ষা বেশি এর ক্ষেত্রে (তৃতীয় মৌল + আস্ এসিড) নিয়ম অনুসরণ করা হয়।

যেমন-  $\text{HClO}_2$  ক্লোরাস এসিড, এখানে Cl এর জারণ-সংখ্যা = +3

$\text{HBrO}_2$  ব্রোমাস এসিড, এখানে Br এর জারণ-সংখ্যা = +3

$\text{HIO}_2$  আয়োডাস এসিড, এখানে I এর জারণ-সংখ্যা = +3

$\text{H}_2\text{SO}_3$  সালফিটাস এসিড, এখানে S এর জারণ-সংখ্যা = +4

(৩) যে অক্সো-এসিডের তৃতীয় মৌলের জারণ সংখ্যা আস্ এসিড অপেক্ষা বেশি এর ক্ষেত্রে (তৃতীয় মৌল + ইক্ এসিড) নিয়ম অনুসরণ করা হয়।

যেমন :  $\text{HClO}_3$  ক্লোরিক এসিড, এখানে Cl-এর জারণ-সংখ্যা = +5

$\text{HBrO}_3$  ব্রোমিক এসিড, এখানে Br এর জারণ-সংখ্যা = +5

$\text{HIO}_3$  আয়োডিক এসিড, এখানে I এর জারণ-সংখ্যা = +5

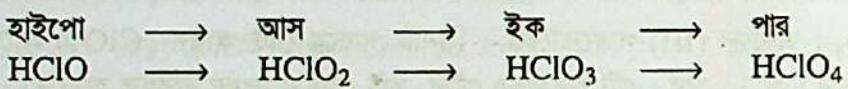
$\text{H}_2\text{SO}_4$  সালফিলিক এসিড, এখানে S এর জারণ-সংখ্যা = +6

(৪) যে অক্সো-এসিডের তৃতীয় মৌলের জারণ সংখ্যা ইক এসিড অপেক্ষা বেশি এর ক্ষেত্রে (পার + তৃতীয় মৌল + ইক এসিড) নিয়ম অনুসরণ করা হয়।

যেমন :  $\text{HClO}_4$  পারক্লোরিক এসিড, এখানে Cl এর জারণ-সংখ্যা = + 7

$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$  পারসালফিউরিক এসিড, এখানে S এর জারণ-সংখ্যা = + 7

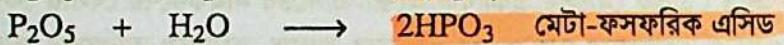
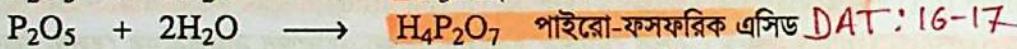
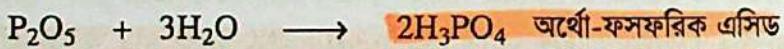
উপরোক্ত নিয়ম মতে দেখা যায় অক্সো-এসিডসমূহের জারণ সংখ্যা বৃদ্ধির ক্রম অনুসারে এদের নামকরণের ক্রম পরিবর্তন হলো :



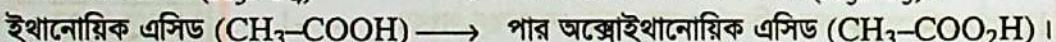
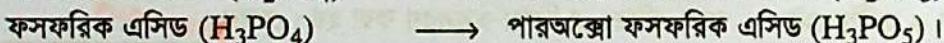
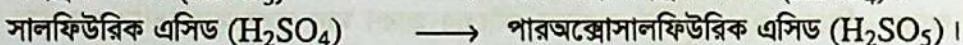
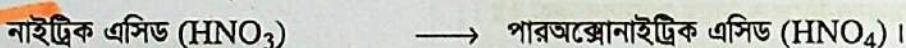
(৫) অধাতব মৌলের অন্ধধর্মী অক্সাইডের অণুতে বিভিন্ন পানি অণুর সংখ্যা যুক্ত হওয়ার উপর ভিত্তি করে উৎপন্ন একাধিক অক্সো-এসিডে কেন্দ্রীয় মৌলের জারণ-সংখ্যা সমান হলে তখন এদের নিম্ন মতে নামকরণ করা হয়।

অক্সাইডের সাথে সবচেয়ে বেশি সংখ্যক পানির অণুর সংযোজন ঘটলে মূল এসিডের নামের পূর্বে 'অর্থো', কম পানির অণুর সংযোজন ঘটলে 'মেটা' এবং এ দুইয়ের মাঝামাঝি সংখ্যায় পানির অণুর সংযোজন ঘটলে 'পাইরো' শব্দ যুক্ত করে নামকরণ করা হয়। যেমন :

$\text{P}_2\text{O}_5$  হলো একটি অন্ধধর্মী অক্সাইড। এর সাথে বিভিন্ন সংখ্যক পানি অণুর সংযোজনের মাধ্যমে উৎপন্ন এসিডের নামকরণ নিচে দেয়া হলো।



(৬) পার অক্সো-এসিড : অক্সো-ইক এসিডের একটি অক্সিজেন পরমাণু পার-অক্সাইড (-O-O-) গ্রুপ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে পার অক্সো-এসিড উৎপন্ন হয়।



\* হ্যালোজেনের অক্সো-এসিড : (F এর অক্সো-এসিড নেই।)

১. হাইপোহ্যালাস এসিড : হাইপোক্লোরাস এসিড ( $\text{HOCl}$ ), হাইপোব্রোমাস এসিড ( $\text{HOBr}$ ), হাইপোআয়োডাস এসিড ( $\text{HOI}$ )।

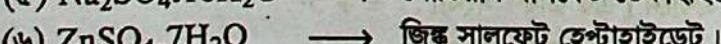
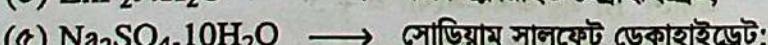
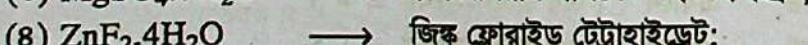
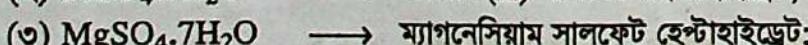
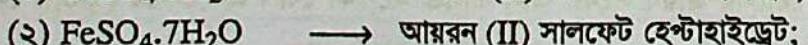
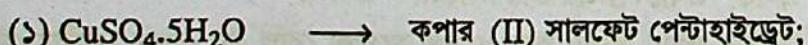
২. হ্যালাস এসিড : ক্লোরাস এসিড ( $\text{HClO}_2$ ), ব্রোমাস এসিড ( $\text{HBrO}_2$ ), আয়োডাস এসিড ( $\text{HI}_2\text{O}_2$ )।

৩. হ্যালিক এসিড : ক্লোরিক এসিড ( $\text{HClO}_3$ ), ব্রোমিক এসিড ( $\text{HBrO}_3$ ), আয়োডিক এসিড ( $\text{HI}_3\text{O}_3$ )।

৪. পারহ্যালিক এসিড : পারক্লোরিক এসিড ( $\text{HClO}_4$ ), পারআয়োডিক এসিড ( $\text{HI}_4\text{O}_4$ )।

\* পারক্লোরিক এসিড ( $\text{HClO}_4$ ) অক্সো-এসিডগুলোর মধ্যে সবচেয়ে তীব্র এসিড।

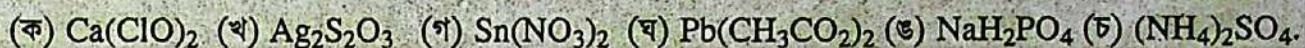
(৭) হাইড্রট যৌগের নামকরণ :



MCQ-3.23 : নিচের কোনটি
অপোলার যৌগ? [চ. বো. ২০১৭]
(ক) $\text{CCl}_4$ (খ) $\text{CHCl}_3$
(গ) $\text{CH}_3\text{OH}$ (ঘ) $\text{HF}$

শিক্ষার্থী নিজে সমাধান কর-৩.১৮ : Systematic নামকরণ পদ্ধতি :

সমস্যা-৩.৪১ : Systematic নামকরণ পদ্ধতিতে নিচের যোগসমূহের নাম লেখ :



সমস্যা-৩.৪২ : Systematic নামকরণ পদ্ধতিতে নিচের যোগসমূহের সংকেত লেখ : (ক) লিথিয়াম ফসফেট, (খ) ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট, (গ) ম্যাঙ্গানিজ (II) নাইট্রেট, (ঘ) ক্রোমিয়াম (III) সালফেট।

### ৩.২১.১ অবস্থান্তর ধাতুর জটিল যৌগের নামকরণ ও সংকেত লিখন

নিম্নোক্ত তিনটি নিয়ম (rules) ভিত্তিক সন্নিবেশ জটিল যৌগের সংকেত লেখা হয়। এদের প্রথম দুটি নিয়ম আয়নিক যৌগের সংকেত লেখার মতো।

\* ১। আণবিক সংকেতে ক্যাটায়নের পর অ্যানায়ন থাকে।

\* ২। ক্যাটায়নের মোট চার্জ সংখ্যা ও অ্যানায়নের মোট চার্জ সংখ্যা পরম্পর সমান থাকে।

\* ৩। জটিল আয়নে প্রথমে কেন্দ্রীয় ধাতব পরমাণু, এরপর নিরপেক্ষ লিগ্যান্ড ও শেষে অ্যানায়ন লিগ্যান্ড লিখতে হয়।

সমগ্র জটিল আয়নটিকে তৃতীয় বন্ধনী দ্বারা ঘিরে রাখা হয়।

অন্যান্য নিয়মসমূহ :

১। একাধিক লিগ্যান্ডকে এদের ইংরেজি নামের বর্ণ ক্রমানুসারে এবং সংখ্যাকে ডাই, ট্রাই, টেট্রা, পেন্টা, হেক্সা ইত্যাদি উপসর্গ দ্বারা লিখতে হয়। লিগ্যান্ড ঝণাঞ্চক হলে নামের শেষে ওকার যুক্ত হয়। যেমন  $\text{OH}^-$  আয়ন লিগ্যান্ডকে হাইড্রোক্সো (hydroxo),  $\text{Cl}^-$  আয়নকে ক্লোরো (chloro),  $\text{CN}^-$  আয়নকে সায়ানো (cyano) রূপে লেখা হয়। প্রশম বা নিরপেক্ষ লিগ্যান্ড  $\text{NH}_3$  কে 'অ্যাম্মিন' (ammine),  $\text{H}_2\text{O}$  কে 'অ্যাকুয়া' (aqua) লেখা হয়।

২। সমগ্র জটিল আয়নটি ক্যাটায়ন অথবা অ্যানায়ন হতে পারে। জটিল আয়নের মোট চার্জ-এর প্রকৃতি নির্ধারণ করে; জটিল আয়নটি অ্যানায়ন হলে অবস্থান্তর ধাতুর ইংরেজি নাম ও ল্যাটিন নামের শেষে – এট (- ate) বসে। যেমন- জিংকেট, ক্রোমেট, ফেরেট, কিউপ্রেট, আর্জেটেট।  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  এর নাম হলো হেক্সাসায়ানো ফেরেট (II) আয়ন।  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)\text{Cl}_5]^-$  এর নাম হলো অ্যাম্মিন পেন্টাক্লোরো প্লাটিনেট (IV) আয়ন।

জটিল আয়নের চার্জ = (অবস্থান্তর ধাতব আয়নের চার্জ + লিগ্যান্ডসমূহের মোট চার্জ)।

উদাহরণ :  $\text{K}_2[\text{Co}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$  এর বেলায় দুটি  $\text{K}^+$  আয়নের দুটি ধনাঞ্চক চার্জ দ্বারা জটিল আয়নটির দুটি ঝণাঞ্চক চার্জ প্রশমিত হয়েছে। জটিল আয়নটি হলো  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]^{2-}$ ; এক্ষেত্রে দুটি নিরপেক্ষ লিগ্যান্ড  $\text{NH}_3$ , চারটি একক ঝণাঞ্চক  $\text{Cl}^-$  আয়ন থাকায় এর কেন্দ্রীয় ধাতব আয়ন  $\text{Co}$  এর চার্জ + 2 হবে অর্থাৎ অবস্থান্তর ধাতুর আয়নটি  $\text{Co}^{2+}$  হবে। অর্থাৎ  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]^{2-}$  আয়নটির বেলায়—

জটিল আয়নের চার্জ = (ধাতব আয়নের চার্জ + লিগ্যান্ডসমূহের মোট চার্জ)

$$2 - = \text{ধাতব আয়নের চার্জ} + [(2 \times 0) + 4(1 -)]$$

$$\therefore \text{ধাতব আয়নের চার্জ} = (2-) - (4-) = 2+$$

তাই যৌগটির নাম হলো পটাসিয়াম ডাইঅ্যাম্মিন টেট্রাক্লোরো কোবাল্টেট (II)।

৩। জটিল আয়নের নামকরণে কেন্দ্রীয় অবস্থান্তর ধাতব আয়নের জারণ সংখ্যাকে রোমান সংখ্যা দ্বারা বৰ্ণনাতে রাখা হয়।

৪। জটিল আয়নের মোট লিগ্যান্ড সংখ্যাকে কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের সন্নিবেশ সংখ্যা (Co-ordination number) বলে। যেমন  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]^{2-}$  আয়নে  $\text{Co}^{2+}$  আয়নের সন্নিবেশ সংখ্যা হলো 6।

MCQ-3.24 : কোনটি রাসায়নিক

বৈশিষ্ট্য?

[য. বো. ২০১৭]

(ক) ঘনত্ব

(খ) দ্রব্যতা

(গ) অম্বত্ব

(ঘ) গলনাঙ্গ

সারণি-৩.১১ : কয়েকটি নিরপেক্ষ ও ঝণাঞ্চক লিগ্যাডের এবং জটিল ঝণাঞ্চক আয়নের নাম :

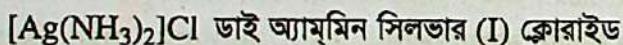
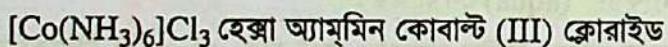
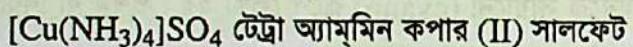
নিরপেক্ষ লিগ্যাড	লিগ্যাডের নাম	অ্যানায়ন লিগ্যাড	লিগ্যাডের নাম	জটিল আয়নে ধাতব আয়ন	জটিল ঝণাঞ্চক আয়নের নাম
$H_2O$	অ্যাকুয়া	$F^-$	ফ্লোরো	আয়রন	ফেরেট
$NH_3$	অ্যাম্মিন	$Cl^-$	ক্লোরো	কপার	কিউপ্রেট
CO	কার্বনিল	$Br^-$	ব্রোমো	লেড	প্লাষ্টেট
NO	নাইট্রোসিল	$I^-$	আয়োডো	সিলভার	আর্জেন্টেট
		$OH^-$	হাইড্রো	গোল্ড	অরেট
		$CN^-$	সায়ানো	টিন	স্ট্যানেট

উল্লেখ্য জটিল ঝণাঞ্চক আয়নের নামকরণের বেলায় ধাতব আয়নের ধাতব মৌলটির ল্যাটিন নাম-এর শেষের 'um' বাদ দিয়ে -ate (-এট) যোগ করা হয়। যেমন,

Ferrum - um + ate = Ferrate (ফেরেট); Cuprum - um + ate = Cuprate; Plumbum - um + ate = Plumate; Argentum - um + ate = Argentate; Aurum - um + ate = Aurate; Stannum - um + ate = Stannate.

জটিল যৌগের নামকরণের কিছু উদাহরণ নিচে দেয়া হলো :

(১) যদি কোনো জটিল যৌগে একই ধরনের একাধিক লিগ্যাড যুক্ত থাকে এবং জটিল আয়নটি ক্যাটায়ন হয়, তবে সেক্ষেত্রে জটিল যৌগের নামকরণের ক্ষেত্রে লিগ্যাডের সংখ্যানুসারে (মনো বা ডাই বা ট্রাই বা টেট্রা ইত্যাদি + লিগ্যাডের নাম + কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের জারণ মান + অ্যানায়নের নাম) এ নিয়ম অনুসরণ করা হয়। যেমন—



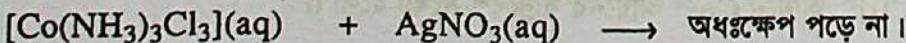
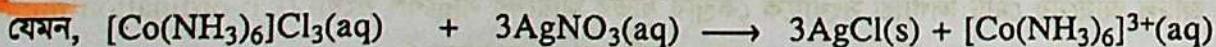
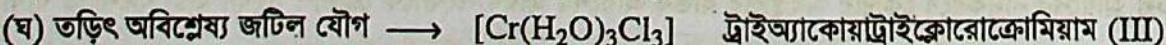
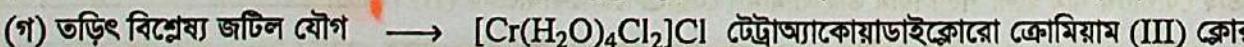
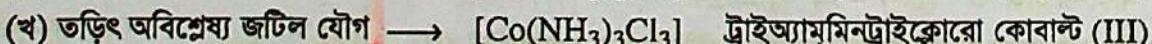
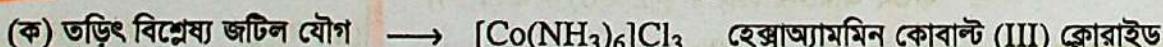
MCQ-3.25 : কোনটি 'হাইপো' এসিড?

[ঢ. বো. ২০১৬]

- (ক)  $H_3PO_3$       (খ)  $H_3PO_2$   
 (গ)  $H_3PO_4$       (ঘ)  $HPO_3$

(২) জটিল ক্যাটায়নবিশিষ্ট তড়িৎ বিশেষ্য জটিল যৌগগুলোর নাম দুই শব্দবিশিষ্ট হয়। প্রথমে ক্যাটায়ন ও পরে অ্যানায়নের নাম উল্লেখ করতে হয়। কিন্তু তড়িৎ অবিশেষ্য জটিল যৌগের নাম এক শব্দবিশিষ্ট হয়। এক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের জারণ অবস্থা প্রকাশের জন্য নামের শেষে রোমান সংখ্যা ব্যবহার করা হয়। [উদাহরণ (খ) ও (ঘ) দেখো।]

তড়িৎ-অবিশেষ্য জটিল যৌগের ক্ষেত্রে সব ঝণাঞ্চক লিগ্যাড কেন্দ্রীয় ধাতব আয়নের সাথে সন্নিবেশ বঙ্গনে আবদ্ধ থাকে এবং তৃতীয় বঙ্গনীর মধ্যে লেখা হয়। সন্নিবেশ বঙ্গনে আবদ্ধ লিগ্যাডকূপী ঝণাঞ্চক আয়ন পানিতে আয়নিত অবস্থায় থাকে না, বরঞ্চ 'সন্নিবেশ-বঙ্গয়' বা Co-ordination sphere এর মধ্যে আবদ্ধ থাকে। তাই ঐ সব ঝণাঞ্চক আয়ন জলীয় দ্রবণে পৃথক হতে পারে না। নিচের (খ) ও (ঘ) নং উদাহরণ হলো ঐরূপ তড়িৎ অবিশেষ্য জটিল যৌগ। এক্ষেত্রে ঐ সব তড়িৎ-অবিশেষ্য যৌগের দ্রবণের মধ্যে সিলভার নাইট্রেট ( $AgNO_3$ ) দ্রবণ যোগ করলে  $AgCl$  এর সাদা অধঃক্ষেপ পড়বে না। কিন্তু অপর দুইটি উদাহরণ যেমন— (ক) এর বেলায় তিনটি  $Cl^-$  আয়ন দ্রবণে আয়নিত হবে; (গ) এর বেলায় একটি  $Cl^-$  আয়ন দ্রবণে আয়নিত হবে; এরা  $AgNO_3$  দ্রবণের সাথে বিক্রিয়ায়  $AgCl$  এর সাদা অধঃক্ষেপ দেয়।



### অধ্যায়ের সার-সংক্ষেপ (Recapitulation)

- ★ ক্ষারধাতু : গ্রুপ-1 এর ধাতুগুলো পানিসহ বিক্রিয়ায় ক্ষার তৈরি করে বলে এদেরকে ক্ষার ধাতু বলে।
- ★ মৃৎ-ক্ষারধাতু : গ্রুপ-2 এর ধাতুগুলো ক্ষার তৈরি করে এবং এদের যৌগ মাটির উপাদান বলে এরূপ নামকরণ হয়েছে।
- ★ অবস্থান্তর ধাতু : যে সব d ব্লকভুক্ত ধাতু, এদের কোনো স্থায়ী আয়নে d অরবিটাল আণশিক পূর্ণ থাকে।
- ★ পর্যায়বৃত্তি ধর্ম : পর্যায় সারণির ইলেকট্রন বিন্যাসভিত্তিক পরমাণুর আকার নির্ভর ভৌত ধর্ম ও রাসায়নিক ধর্ম যেমন, গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, যোজ্যতা, আয়নীকরণ শক্তি, ইলেকট্রন আসক্তি, তড়িৎ ঝণাঝকতা, ধাতব-অধাতব ধর্ম ইত্যাদিকে মৌলের পর্যায়বৃত্তি ধর্ম বলে।
- ★ অরবিটাল অধিক্রমণ : কোয়ান্টাম মতবাদ মতে, পরমাণুগুলো বন্ধন গঠনকালে পরমাণুর বিজোড় ইলেকট্রনযুক্ত অরবিটাল বিপরীত স্পিন অবস্থায় অধিক্রমণ ঘটায়। তখন দুটি নিউক্লিয়াসের প্রভাবে থেকে ঐ পারমাণবিক অরবিটালসহয়ের বন্ধন ইলেকট্রন মেঘ আণবিক অরবিটাল গঠন করে।
- ★ অরবিটাল সংকরণ : বিক্রিয়ার পূর্বে পরমাণুর একই শক্তিস্তরের প্রায় সমশক্তির অরবিটালগুলো মিশ্রিত ও সম শক্তিতে বিভক্ত হয়ে সমসংখ্যক অরবিটাল গঠন করাকে অরবিটাল সংকরণ বলে।
- ★ সম্মিলন বন্ধন : নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল দ্বারা দুটি পরমাণু সমযোজী বন্ধন গঠন করলে একে সম্মিলন বন্ধন বলে। যুক্তজোড় ইলেকট্রন যুক্ত পরমাণুটি একই বন্ধনের প্রয়োজনীয় ইলেকট্রন যোগান দেয়; তাই এটিকে দাতা পরমাণু ও অপর পরমাণুকে, যেটি কোনো ইলেকট্রন দেয় না, এইস্থানে পরমাণু বলে।
- ★ পোলারায়ন : যৌগ অণুতে ক্যাটায়নের আকর্ষণে অ্যানায়নের ইলেকট্রন মেঘ ক্যাটায়নের দিকে সরে আসাকে অ্যানায়নের পোলারায়ন বলে। এর ফলে আয়নিক যৌগে সমযোজী বৈশিষ্ট্য প্রকাশ পায়।
- ★ ভ্যানডার ওয়ালস্ বল : ননবন্ডিং আন্তঃআণবিক বল বা আকর্ষণ- এ শ্রেণিভুক্ত; যেমন আয়ন-ডাইপোল আকর্ষণ, হাইড্রোজেন বন্ধন, ডাইপোল- ডাইপোল আকর্ষণ, বিস্তারণ বল ইত্যাদি।
- ★ হাইড্রোজেন বন্ধন : অধিক তড়িৎ ঝণাঝক পরমাণু F, O, N এর সাথে যুক্ত H পরমাণুর মধ্যবর্তী বন্ধন অধিকতর পোলার হয়। এরূপ দুটি পোলার অণুর মধ্যে ধনাঝক প্রান্ত ও ঝণাঝক প্রান্তে এক দুর্বল বন্ধন সৃষ্টি হয়। এরূপ বন্ধনকে H-বন্ধন বলা হয়। H-বন্ধনের শক্তিমাত্রা প্রায়  $10 - 40 \text{ kJ mol}^{-1}$  হয়।
- ★ H-বন্ধনের শক্তি : জীবজগতের টিকে থাকার জন্য যে সব বায়োঅণু ভূমিকা পালন করে সে সব জৈব অণু ও পানি ইত্যাদিতে H-বন্ধন আছে। তাই বায়োলজিক্যাল প্রক্রিয়ায় H-বন্ধনের ভূমিকা অনন্য।
- ★ অজৈব যৌগের নামকরণ : পুরাতন Common name পদ্ধতিতে অজৈব যৌগের নামকরণের পরিবর্তে বর্তমানে IUPAC-এর Systematic Name পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

**MCQ-এর উত্তরমালা :**

- 3.1 (ঘ), 3.2 (ক), 3.3 (খ), 3.4 (গ), 3.5 (গ), 3.6 (ঘ), 3.7 (ক), 3.8 (ক), 3.9 (ক), 3.10 (গ),  
 3.11 (ক), 3.12 (ঘ), 3.13 (ঘ), 3.14 (গ), 3.15 (ঘ), 3.16 (ক), 3.17 (ক), 3.18 (খ), 3.19 (ঘ),  
 3.20 (গ), 3.21 (ঘ), 3.22 (ক), 3.23 (ক), 3.24 (গ), 3.25 (খ)।

## চতুর্থ অধ্যায়

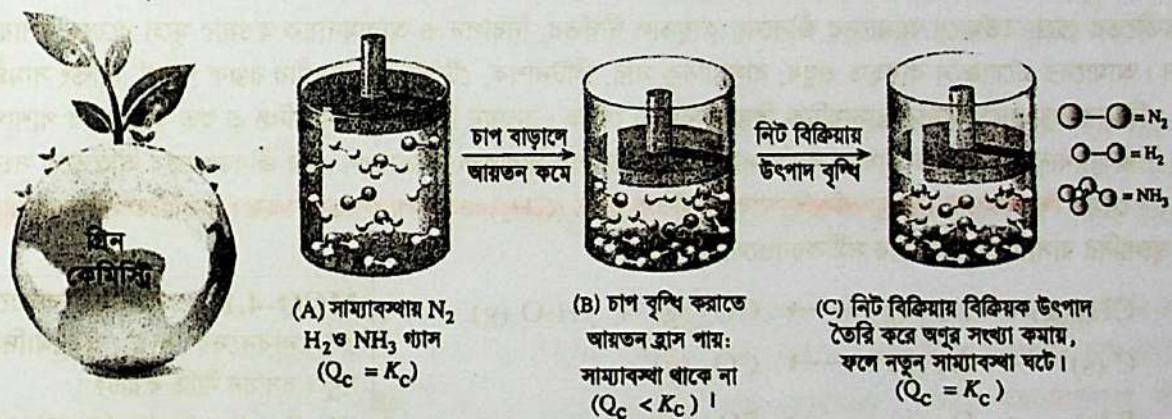
# রাসায়নিক পরিবর্তন Chemical Change

তত্ত্বীয় আলোচনা = ২০
শ্রেণি কর্মকাণ্ড = ৮
মোট পিরিয়ড = ২৮

### ভূমিকা (Introduction)

আয়নিক ও পোলার যৌগসমূহ পানিতে দ্রবণের মাধ্যমে সাধারণত একমুখী বিক্রিয়া যেমন অধংকেপণ, অম-ক্ষারক প্রশমন ও রিডক্স বিক্রিয়া সহযোগে সম্পন্ন হয়। সময়েজী কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় পদার্থের উভয়ী সংশ্লেষণ, বিয়োজন, প্রতিস্থাপন ইত্যাদি বিক্রিয়া দ্বারা এবং ক্ষেত্রবিশেষে জৈব দ্রাবক ও ভারী ধাতুর প্রভাবক ব্যবহার করে আধুনিককালে অপরিহার্য ওষুধ, রাসায়নিক সার, কীটনাশক পদার্থ, টেক্সটাইল রঞ্জক, বিভিং সামগ্ৰী ও পলিমার বস্তু বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্পে উৎপাদিত হয়। এ সব শিল্পের বিষাক্ত ও ক্ষতিকারক দ্রাবক, উপজাত, কিছু বিক্রিয়ক ও ধাতব প্রভাবক বায়ুতে ও হ্রদাগৃহে বর্জ্যরূপে পরিবেশের মারাত্মক ক্ষতি করছে। তাই এ সব শিল্প বর্জ্য দ্বারা পরিবেশের বিপদজ্জনক ক্ষতির মাত্রাহাস বা দূরীকরণে বিশ্বব্যাপী রসায়নবিদেরা বিভিন্ন শিল্পে তাত্ত্বিক ও ব্যবহারিক প্রয়োগে উন্নততর ‘পরিবেশবান্ধব পদ্ধতি’ উন্নাবনে সচেষ্ট রয়েছেন; যা খিল কেমিট্রি (green chemistry) বা সবুজ রসায়ন নামে বর্তমানে পরিচিত।

**অধ্যায়ের প্রধান শব্দসমূহ**  
(Key Words) : খিল কেমিট্রি, বিক্রিয়ার হার, সক্রিয়ণ শক্তি, প্রভাবক, এনজাইম, সাম্যাবস্থা, সক্রিয় ভর, সাম্যাধূমক, পানির আয়নিক গুণকল, এসিড ও ক্ষারের বিয়োজন প্রক্রিয়া, অনুবন্ধী এসিড ও ক্ষারক, দ্রবণের pH, বাফার দ্রবণ, অভ্যন্তরীণ শক্তি, এনথালপি, প্রশমন তাপ, গঠনতাপ, বিক্রিয়া তাপ, দ্রবণ তাপ, বন্ধন শক্তি।



শিখনফল : এই অধ্যায়ের পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা—

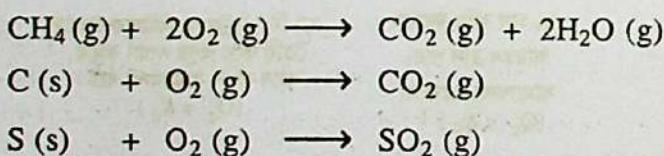
- বিক্রিয়া সংঘটনে খিল কেমিট্রি ধারণা ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- বিক্রিয়ার দিক যেমন একমুখী ও উভয়ী বিক্রিয়া বর্ণনা করতে পারবে।
- বিক্রিয়ার গতির ওপর তাপ, চাপ ও ঘনত্ব পরিবর্তনের প্রভাব মূল্যায়ন করতে পারবে।
- প্রভাবক ব্যবহার করে বিক্রিয়ার গতি নিয়ন্ত্রণে প্রভাবকের ক্রিয়া কৌশল ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- উভয়ী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা ও গতিশীলতা ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- লা-শাতেলিয়ারের নীতি প্রয়োগ করে বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার কাঞ্চিত পরিবর্তন ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- শিল্প উৎপাদনে লা-শাতেলিয়ারের নীতির গুরুত্ব বিশ্লেষণ করতে পারবে।

৮. ভর ক্রিয়ার সূত্র ব্যাখ্যা করতে পারবে।
৯. ভর ক্রিয়ার সূত্র থেকে সামান্যবক  $K_c$ ,  $K_p$  এর রাশিমালা প্রতিপাদন ও এদের মধ্যে সম্পর্ক ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১০. পানির আয়নিক গুণফল ( $K_w$ ), এসিডের বিয়োজন ফ্র্যুবক ( $K_a$ ) ও ক্ষারকের বিয়োজন ফ্র্যুবক ( $K_b$ ) এর ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১১. বিয়োজন ফ্র্যুবকের সাহায্যে এসিড ও ক্ষারকের তীব্রতা ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১২. দ্রবণের pH ও pOH ক্লে প্রতিষ্ঠা ও ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১৩. বাফার দ্রবণ ও বাফার দ্রবণের ক্রিয়া কৌশল ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১৪. ব্যবহারিক : কার্বনেট বাফার দ্রবণ তৈরি ও এতে এসিড ও ক্ষার পৃথকভাবে যোগ করে এর কার্যকারিতা ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১৫. মানুষের রক্তে pH এর গুরুত্ব ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১৬. কৃষিতে, রসায়নশিল্পে, টয়লেটিজ উৎপাদনে, ওষুধ সেবনে pH এর ভূমিকা ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১৭. pH পরিমাপ করে উপযুক্ত প্রসাধন সামগ্রী নির্বাচন করতে পারবে।
১৮. ভর ও শক্তির নিয়ত্যা সূত্র এবং তাপীয় পরিবর্তন (বিক্রিয়া তাপ, অবস্থা পরিবর্তন তাপ, পরমাণুকরণ তাপ, দ্রবণ তাপ, প্রশমন তাপ) ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১৯. তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারের প্রশমন তাপ ফ্র্যুবক;-এর ব্যাখ্যা করতে পারবে।
২০. বন্ধন শক্তি ব্যবহার করে বিক্রিয়া তাপ গণনা করতে পারবে।
২১. ল্যাভরাসিয়ে ও হেসের সূত্র প্রয়োগ করে বিক্রিয়া তাপ নির্ণয় করতে পারবে।
২২. ব্যবহারিক : ক্যালরিমিতিক পদ্ধতিতে অক্সালিক এসিডের দ্রবণ তাপ নির্ণয় করতে পারবে।

## ৪.১ রাসায়নিক বিক্রিয়া ও গ্রিন কেমিস্ট্রি

### Chemical Reactions & Green Chemistry

অতীতের চেয়ে বর্তমানে আমাদের জীবনের আয়ুকাল দীর্ঘতর, নিরাপদ ও আরামদায়ক হওয়ার মূলে রয়েছে রসায়নের অবদান। আমাদের প্রয়োজনে ব্যবহৃত ওষুধ, রাসায়নিক সার, কীটনাশক, টেক্সটাইল সামগ্রীর রঞ্জক পদার্থ, বিস্তিৎ সামগ্রী ও বিভিন্ন পলিমার বস্তু আসে বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্প কারখানা থেকে। রসায়ন শিল্পের জীবন ঘনিষ্ঠ এ শুভ অবদানের পাশাপাশি রয়েছে শিল্পকারখানার পরিত্যক্ত বিষাক্ত বর্জ্যপদার্থ, যা পরিবেশের মারাত্মক ক্ষতিসাধন করে জীবজগতের অস্তিত্বকে সংকটে ফেলেছে। যেমন শিল্প কারখানার জ্বালানি হিসেবে প্রাকৃতিক গ্যাস ( $CH_4$ ) ও কয়লা পোড়ানো হয়। কয়লাতে সালফার থাকে। এ সব জ্বালানির রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণগুলো নিম্নরূপ :



**MCQ-4.1 :** আন্তর্জাতিকভাবে  
রসায়নবিদদের দ্বারা অনুমোদিত  
সবুজ রসায়ন নীতি কয়াটি?  
(ক) ৭ (খ) ১০ (গ) ১২ (ঘ) ১৩

তোমরা জান, এ সব বিক্রিয়ায় উৎপন্ন  $CO_2$  ও  $SO_2$  গ্যাস দুটো বাতাসে মিশে যায় এবং  $CO_2$  ও  $SO_2$  গ্যাস দুটিই হলো বায়ুদূষক। এক্ষেত্রে  $CO_2$  গ্যাস 'গ্রিন হাউজ গ্যাস'র পেছে গ্রোবাল ওয়ার্মিং ঘটায় এবং অমুদ্রণী  $SO_2$  গ্যাস 'এসিড-বৃষ্টি' ঘটাতে ভূমিকা রাখে। এরপে উভয় গ্যাস প্রাকৃতিক দৃশ্য ঘটায়।

গ্রিন কেমিস্ট্রি বা সবুজ রসায়নের সংজ্ঞা : পৃথিবীব্যাপী রসায়নবিদেরা শিল্প ক্ষেত্রে তাত্ত্বিক ও ব্যবহারিক প্রয়োগে ক্ষতিকর বর্জ্য পদার্থ উৎপন্ন যথাসম্ভব হ্রাস করে নতুন ও উন্নততর পরিবেশবান্ধব পদ্ধতি উন্নাবলে সচেষ্ট রয়েছেন। পরিবেশবান্ধব একুশ রাসায়নিক পদ্ধতিকে গ্রিন কেমিস্ট্রি বা সবুজ রসায়ন বলা হয়। এ গ্রিন কেমিস্ট্রির উদ্দেশ্য বাস্তবায়নে ১২টি নীতি আন্তর্জাতিকভাবে রসায়নবিদদের দ্বারা নির্ধারিত হয়েছে। যেমন,

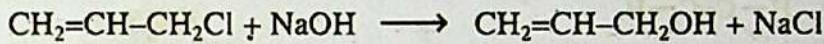
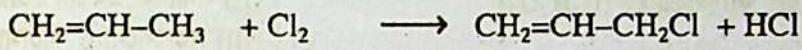
(১) **বর্জ্য পদার্থ রোধকরণ (Prevent Waste)** : শিল্প বিক্রিয়ায় বর্জ্য উৎপাদ রোধ হয় এমন পদ্ধতি ব্যবহার।

- (২) **সর্বোত্তম এটম ইকন্যামি (Maximize atom-economy)** : বিক্রিয়কের সব বা সর্বাধিক পরমাণুকে কাউন্ট উৎপাদে সংরক্ষণ পদ্ধতি উদ্ভাবন। এক্ষেত্রে বিক্রিয়কে একলে সংযোগ করা হয়, যেন কাউন্ট উৎপাদে বিক্রিয়কের সর্বোচ্চ পরিমাণ পরমাণু যুক্ত থাকে। শিল্পক্ষেত্রে ব্যবহৃত কোনো পদ্ধতির বিক্রিয়ার শতকরা এটম ইকন্যামি (% AE) দ্বারা এই পদ্ধতির সফলতার মাত্রা জানা যায়। শতকরা এটম ইকন্যামিকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা হয়।

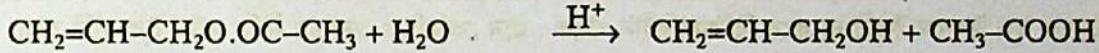
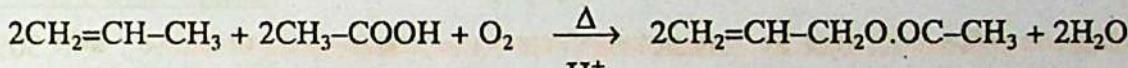
$$\% \text{ AE} = \frac{\text{কাউন্ট উৎপাদের মোট মৌল সংখ্যা} \times \text{সংকেত ভর} \times 100}{\text{সব বিক্রিয়কের বা উৎপাদের মোল সংখ্যাসহ সংকেত ভরের সমষ্টি}$$

- (৩) **ন্যূনতম ঝুঁকির পদ্ধতির ব্যবহার (Use less hazardous process)** : নন্টক্রিক বিকারক ও নন্টক্রিক বর্জ্য সংশ্লিষ্ট সংশ্লেষণ পদ্ধতি ব্যবহার। এর দ্বারা শিল্পক্ষেত্রে কর্মজীবীদের নিরাপত্তা বিধান ও পরিবেশ দূষণ হ্রাস পাবে। যেমন, অ্যালাইল অ্যালকোহল ( $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{OH}$ ) যোগটি প্রোপিন থেকে দুটি পদ্ধতিতে উৎপাদন করা যায়।

- ১। প্রচলিত পদ্ধতি : প্রোপিনের ক্লোরিনেশন করে অ্যালাইল ক্লোরাইড এবং পরে উৎপন্ন যোগের ক্ষারীয় আর্দ্রবিশ্লেষণে অ্যালাইল অ্যালকোহল উৎপাদন করা হয় :



- ২। গ্রিনার পদ্ধতি : এ পদ্ধতির উদ্দেশ্য হলো পরিবেশ দূষক ক্লোরিনকে বর্জন। এক্ষেত্রে প্রথমে প্রোপিন, ইথানয়িক এসিড ও অক্সিজেন এর বিক্রিয়ায় অ্যালাইল ইথানোয়েট তৈরি করা হয়।



পরে অ্যালাইল ইথানোয়েটের অমীয় আর্দ্রবিশ্লেষণে অ্যালাইল অ্যালকোহল ও ইথানয়িক এসিড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়া শেষে উৎপন্ন ইথানয়িক এসিড পৃথক করে পুনরায় ব্যবহার করা যায়। এক্ষেত্রে ন্যূনতম ঝুঁকির পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়েছে।

- (৪) **নিরাপদ কেমিক্যাল পরিকল্পনা (Design Safer Chemicals)** : কেমিক্যাল প্রোডাক্ট উৎপাদন পরিকল্পনায় বিকারক ন্যূনতম টক্সিক বা নির্দোষ হবে। এর দ্বারা কর্মজীবীদের স্বাস্থ্যের ক্ষতি এবং পরিবেশ দূষণ ঘটবে না।

- (৫) **নিরাপদ দ্রাবক ব্যবহার (Use safer Solvents)** : বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত দ্রাবক ও সহায়ক পদার্থ নিরাপদ ও ন্যূনতম হবে।

- (৬) **বিক্রিয়ার শক্তি দক্ষতা পরিকল্পনা (Design for energy efficiency)** : কক্ষতাপমাত্রায় বা ন্যূনতম শক্তি ব্যয়ে উৎপাদন প্রক্রিয়া অনুসরণ। এতে বিদ্যুৎ ও তাপ শক্তির অপচয় রোধ হবে এবং শিল্প উৎপাদন ব্যয় হ্রাস পাবে।

- (৭) **নবায়নযোগ্য কাঁচামাল ব্যবহার (Use renewable Feed stocks)** : সংসাধ্য নবায়নযোগ্য কাঁচামাল ব্যবহার। বর্তমানে পেট্রোলিয়ামজাত মনোমার থেকে বিভিন্ন পলিমার উৎপাদন করা হয়। পেট্রোলিয়াম নবায়নযোগ্য কাঁচামাল নয়। এক্ষেত্রে উদ্ভিজ্জ কাঁচামাল ব্যবহার পদ্ধতি প্রয়োজন।

- (৮) **ন্যূনতম উপজাতক (Minimize derivatives)** : সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে ন্যূনতম ধাপ ও উপজাতক থাকবে। এজন্য ভৌত ও রাসায়নিক প্রক্রিয়ার পরিমার্জন এবং বিক্রিয়ার শর্তাবলি পরিবর্তনসহ শিল্প পদ্ধতিতে পরিবর্তন দরকার হবে।

- (৯) **প্রভাবন প্রয়োগ (Use catalysts)** : বিক্রিয়ায় প্রয়োজনীয় প্রভাবক ব্যবহার। নতুন অধিক কার্যকর প্রভাবক উদ্ভাবনসহ শিল্প প্রক্রিয়ার উন্নয়ন করে উৎপাদ বৃদ্ধি করতে হবে।

- (১০) **আকৃতিক রূপান্তর পরিকল্পনা (Design for bio-degradation)** : শিল্পজাত হতে হবে ব্যাকটেরিয়া-নাশ প্রবণ (biodegradable)। বর্তমানে উৎপাদিত অধিকাংশ পলিমার পেট্রোলিয়ামজাত হওয়ায় বায়োডিফেডেবল নয়।

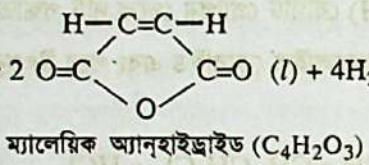
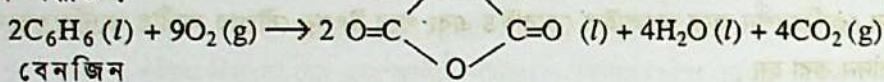
(১১) **যথাসময়ে দূষণ নিয়ন্ত্রণ (Monitor pollution in real time)** : টক্সিক উৎপাদের ক্ষেত্রে যথাসময়ে থ্রিয়া নিয়ন্ত্রণ। বিশাল পদার্থ যেন বায়ুমণ্ডলে ছড়িয়ে না পড়ে, তার যথাযথ নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থা মনিটরিং করতে হবে।

(১২) **দূর্ঘটনা প্রতিরোধ (Prevent accidents)** : রাসায়নিক পদার্থ ও পদ্ধতিগত অগ্নিসংঘটন, বিফোরণ ও অন্য দূর্ঘটনা রোধের যথাযথ ব্যবস্থা শিল্পক্ষেত্রে থাকতে হবে।

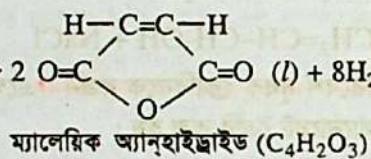
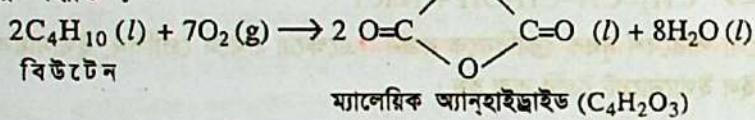
নিচে গ্রিন কেমিস্ট্রি সহায়ক তিনটি নীতি সমর্থক যেমন— (১) বর্জ্য পদার্থ রোধকরণ, (২) সর্বোত্তম এটম ইকন্যামি অর্জন ও (৩) ন্যূনতম ঝুঁকির পদ্ধতি ব্যবহার অনুসরণে একটি শিল্প পদ্ধতি দেখানো হলো। যেমন,

**C** ম্যালেয়িক অ্যানহাইড্রাইড উৎপাদন, এটি হলো অন্যতম প্রধান শিল্প-কেমিক্যাল যা থেকে উৎপাদিত হয় ওষুধ, কাটনাশক, রঞ্জক, বিভিন্ন পলিমার ও অন্যান্য প্রয়োজনীয় প্রোডাক্ট। ম্যালেয়িক অ্যানহাইড্রাইড ( $C_4H_2O_3$ ) সংশ্লেষণের দুটি পদ্ধতি আছে। একটি হলো (১) বেনজিনের জারণ পদ্ধতি এবং অপরটি হলো (২) বিউটেনের জারণ পদ্ধতি। যেমন—

১য় পদ্ধতি :



২য় পদ্ধতি :



**MCQ-4.2 :** গ্রিন বা সবুজ রসায়নের মূলে রয়েছে—

- (i) ক্ষতিকর বর্জ্য উৎপাদন রোধ
  - (ii) সর্বাধিক উৎপাদন তৈরি
  - (iii) নবায়নযোগ্য কাঁচামাল ব্যবহার।
- কোনটি সঠিক হবে?
- (ক) i ও ii    (খ) ii ও iii
  - (গ) i ও iii    (ঘ) i, ii ও iii

বর্তমানে সাংশ্লেষিক পদ্ধতিসমূহে উৎপাদের সর্বোচ্চ পরিমাণ 70% থেকে 90% এর মধ্যে থাকে। অর্থাৎ 30% থেকে 10% বিক্রিয়ক মূল উৎপাদন তৈরি না করে বিক্রিয়াবিহীন থাকে। গ্রিন কেমিস্ট্রির অন্যতম নীতি এটম ইকন্যামি হলো কার্ডিফ্রিউন উৎপাদে বিক্রিয়কের সর্বোচ্চ পরিমাণ পরমাণু অন্তর্ভুক্ত করা। কোনো বিক্রিয়ার শতকরা এটম ইকন্যামি (% AE) কে নিম্নোক্তভাবে প্রকাশ করা হয়।

$$\% AE = \frac{\text{কার্ডিফ্রিউন উৎপাদের মোট মোল সংখ্যা} {\text{সব বিক্রিয়কের বা উৎপাদের মোল সংখ্যাসহ সংকেত ভরের সমষ্টি} \times 100$$

এখন শতকরা 'এটম ইকন্যামি' হিসাব করে উপরোক্ত উভয় পদ্ধতির 'দক্ষতা' তুলনা করা হলো :

$$\text{১য় পদ্ধতির বেলায়; \% এটম ইকন্যামি} = \frac{2 \text{ mol } C_4H_2O_3 \times 100}{(2 \text{ mol } C_4H_2O_3 + 4 \text{ mol } H_2O + 4 \text{ mol } CO_2)}$$

$$= \frac{2 \times 98.06 \text{ g} \times 100}{(2 \times 98.06 \text{ g} + 4 \times 18.02 \text{ g} + 4 \times 44.01 \text{ g})} = 44.15\%$$

$$\text{২য় পদ্ধতির বেলায়; \% এটম ইকন্যামি} = \frac{2 \text{ mol } C_4H_2O_3 \times 100}{(2 \text{ mol } C_4H_2O_3 + 8 \text{ mol } H_2O)}$$

$$= \frac{2 \times 98.06 \text{ g} \times 100}{(2 \times 98.06 \text{ g} + 8 \times 18.02 \text{ g})} = 57.63\%$$

**সিদ্ধান্ত :** শতকরা এটম ইকন্যামির মান থেকে সুম্পত্ত যে,

- (i) ২য় পদ্ধতিতে ম্যালেয়িক অ্যানহাইড্রাইড সংশ্লেষণ অধিকতর সুবিধাজনক; কারণ % পরিমাণে অধিক সংখ্যক বিক্রিয়ক-পরমাণু কার্ডিফ্রিউন উৎপাদে সংরক্ষিত হয়েছে।
- (ii) ২য় পদ্ধতিতে ১ম পদ্ধতির মতো টক্সিক বেনজিন বিক্রিয়ক ব্যবহৃত হয়নি।
- (iii) ২য় পদ্ধতিতে ১ম পদ্ধতির মতো  $CO_2$  উৎপন্ন না হওয়ায় 'গ্রোবাল ওয়ার্মিং' থেকে মুক্ত এ ২য় পদ্ধতি হলো একটি পরিবেশবান্ধব 'গ্রিন' পদ্ধতি।

(১) অনুদ্বায়ী জৈব দ্রাবক ব্যবহার, (২) অজলীয় আয়নিক দ্রাবক উৎপাদন, (৩) জৈব দ্রাবকবিহীন উৎপাদন পদ্ধতি ও (৪) পানি ব্যবহারভিত্তিক পদ্ধতি প্রয়োগে রসায়নবিদেরা সচেষ্ট আছেন।

এছাড়া পেট্রোলিয়ামজাত মনোমার ইথিলিন ও প্রতিস্থাপিত ইথিলিন থেকে বিভিন্ন পলিমার উৎপাদন করা হয়। এর পরিবর্তে গ্রিন-কেমিটেকন শস্যদানা, ইক্সু বা সুগারকেন ও কাজু বাদামের খোসা থেকে পলিমার উৎপাদন পদ্ধতি উভাবন করেছেন। এসব উভাবিত পদ্ধতি হলো পরিবেশবান্ধব 'হিনার' পদ্ধতি।

শিক্ষার্থীর কাজ-৪.১ : শিল ক্ষেমিস্ট্রি ভিত্তিক :

## समस्या-८.१ : सर्वज्ञ ब्रह्मायन की?

ক. ব্রো. ৩০১৭: দি. ব্রো. ৩০১৭: চ. ব্রো. ৩০১৫: সি. ব্রো. ৩০১৫।

**সমস্যা-৪.২(ক) :** ভিজিটেবল অয়েল থেকে বায়োডিজেল তৈরি করতে উপজাতকর্পে গ্লিসারিন পাওয়া যায়। এ গ্লিসারিনকে নিম্ন সমীকরণ ঘটে প্রোপালিন গ্লাইকলে রূপান্তরিত করা হয়; যা অটোমোবাইল ইঞ্জিনে অ্যাক্টিফিজন্সে ব্যবহৃত হয়। এটি একটি হিনার পদ্ধতি, এক্ষেত্রে % AE হিসাব কর। [উ: ৪০.৮৫%]

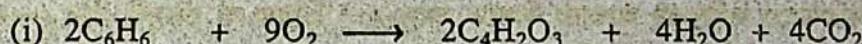


সমস্যা-৪.২(খ) : প্রচলিত পুরাতন পদ্ধতি ও নতুন গ্রিনার পদ্ধতিতে নিম্ন সমীকরণ মতে, ইথিলিন থেকে ইথিলিন অক্সাইড ( $C_2H_4O$ ) উৎপাদন করা হয়। ইথিলিন অক্সাইড ধূমজাল সৃষ্টিকারক এবং আর্দ্ববিশ্লেষণে আ্যান্টিফ্রিজ ইথিলিন প্লাইকল উৎপন্ন করে। প্রতিক্ষেত্রে % AE হিসাব কর।

(ক) পুরাতন পদ্ধতি :  $C_2H_4 + Cl_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow C_2H_4O + CaCl_2 + H_2O$  [উ: 25.43%]

(x) ঘিনার পদ্ধতি :  $C_2H_4 + \frac{1}{2} O_2 \xrightarrow[250^{\circ}C]{Ag\text{-catalyst}} C_2H_4O$  [উ: 100%]

**সমস্যা-৪.২(গ) :** ম্যালেয়িক অ্যানহাইড্রাইড সংশ্লেষণের দুটি পদ্ধতি হলো নিম্নরূপ :



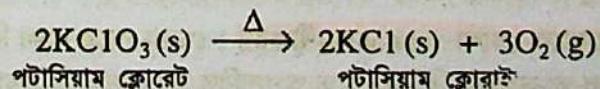
কোন পদ্ধতিটি গ্রিনার পদ্ধতি হবে, তা % এটম ইকন্যামি থেকে ব্যাখ্যা কর। [অনুধাবনভিত্তিক প্রশ্ন]

## ৪.২ বিক্রিয়ার দিক-একযুক্তি ও উভযুক্তি বিক্রিয়া

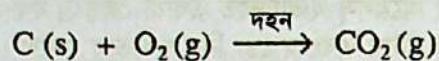
## **Reaction Direction-Irreversible and Reversible**

তোমরা নবম-দশম শ্রেণিতে পাঠ্যপুস্তকে জেনেছ, আবক্ষ পাত্রে চুনাপাথরের তাপীয় বিয়োজন একটি উভয়বুদ্ধী বিক্রিয়া। উপর্যুক্ত পরিবেশে সব বিক্রিয়াকে উভয়বুদ্ধী বলে গণ্য করা হয়। তবে অনেক বিক্রিয়ায় পচার্বতী বিক্রিয়ার হার সম্মুখযুক্ত বিক্রিয়ার হারের তলনায় অত্যন্ত নগণ্য। এ সব ক্ষেত্রে বাস্তবে ঐ বিক্রিয়াকে একমুখী বিক্রিয়া গণ্য করা হয়।

**একমুখী বিক্রিয়া (Irreversible reaction) :** কোনো বিক্রিয়ার সমস্ত বিক্রিয়ক পদার্থ যখন উৎপাদে পরিণত হয় অর্থাৎ বিক্রিয়াটি শুধু সম্মুখ দিকে ঘটতে থাকে, তখন এই বিক্রিয়াটিকে একমুখী বিক্রিয়া বলা হয়। এই প্রকার বিক্রিয়ায় একটি সম্মুখমুখী তীব্র ( $\rightarrow$ ) ব্যবহৃত হয়। যেমন, পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্পন্ন করলে এটি বিয়োজিত হয়ে  $KCl$  ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। বিপরীতভাবে  $KCl$  ও অক্সিজেনের মধ্যে কোনো বিক্রিয়া ঘটে না।

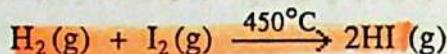


অনুরূপভাবে, বাতাসে কার্বনের দহনের ফলে  $\text{CO}_2$  গ্যাস উৎপন্ন হয়; এটি একটি একমুখী বিক্রিয়া।

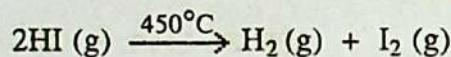


**উভয়মুখী বিক্রিয়া (Reversible Reaction)** : যদি কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়া এক সাথে সম্মুখদিক ও পশ্চাত্ত্বদিক থেকে সংবিটিত হয়, তবে সে বিক্রিয়াকে উভয়মুখী বিক্রিয়া বলা হয়। যেমন,

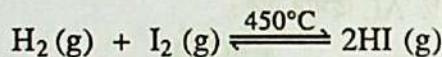
হাইড্রোজেন ও আয়োডিনকে একটি বন্ধ পাত্রে রেখে  $450^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হলে দেখা যায় যে, নিম্নোক্ত বিক্রিয়ার মাধ্যমে কিছু হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।



অন্যদিকে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাসকে বন্ধ পাত্রে  $450^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে তা থেকে হাইড্রোজেন ও আয়োডিন উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ তখন বিপরীত বিক্রিয়া ঘটে।



সূতরাং বন্ধ পাত্রে হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের গ্যাসীয় বিক্রিয়াটি একটি উভয়মুখী বিক্রিয়া। এরপ উভয়মুখী বিক্রিয়াকে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মধ্যে দুটি বিপরীতমুখী অর্ধ তীর দিয়ে প্রকাশ করা যায়।



উভয়মুখী বিক্রিয়াগুলোর সম্মুখদিকে গমনের বেগকে অগ্রবর্তী বা সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার এবং পশ্চাত্ত্বদিকে গমনের বেগকে পশ্চাত্ত্ববর্তী বা বিপরীতমুখী বিক্রিয়ার হার বলে।

### উভয়মুখী বিক্রিয়ার বৈশিষ্ট্য

- (১) উভয়মুখী বিক্রিয়াগুলো উভয় দিক থেকে শুরু করা যায়।
- (২) উভয়মুখী বিক্রিয়াগুলো সম্পূর্ণ হয় না। অর্থাৎ উভয়মুখী বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের শত ভাগ উৎপাদে অথবা উৎপাদের শত ভাগ বিক্রিয়কে পরিণত হয় না।
- (৩) উভয়মুখী বিক্রিয়াগুলোর সাম্যাবস্থায় আসার প্রবণতা আছে।
- (৪) উভয়মুখী বিক্রিয়াকে সমীকরণ আকারে লিখতে সমান ( $=$ ) চিহ্নের বা একমুখী তীর ( $\rightarrow$ ) চিহ্নের পরিবর্তে বিপরীতমুখী দুটি অর্ধ-তীর ( $\rightleftharpoons$ ) চিহ্ন ব্যবহার করা হয়।
- (৫) উভয়মুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সম্মুখ বিক্রিয়ার হার পশ্চাত্ত্বমুখী বিক্রিয়ার হারের সমান হলে বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় উপনীত হয়।

\* **তাত্ত্বিকভাবে সব রাসায়নিক বিক্রিয়া উভয়মুখী, প্রকৃতপক্ষে একমুখী কোনো বিক্রিয়া হয় না।** একমুখী বিক্রিয়াগুলোর ক্ষেত্রে সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার গতি বিপরীতমুখী বিক্রিয়ার গতির তুলনায় এতই বেশি হয় যে, ঐ সব বিক্রিয়াকে আপাতদৃষ্টিতে একমুখী মনে হয়। যদি উপর্যুক্ত বিক্রিয়াকালীন অবস্থা সৃষ্টি করা যায়; তখন একমুখী বিক্রিয়া বলে মনে করা ঐ সব বিক্রিয়াকে উভয়মুখী করা সম্ভব হবে। কিন্তু বাস্তবে ঐ উপর্যুক্ত প্রয়োজনীয় অবস্থা সৃষ্টি করা এখনও সম্ভব হয়নি। তাই অনেক বিক্রিয়াকে একমুখী বিক্রিয়া বলে গণ্য করা হয়।

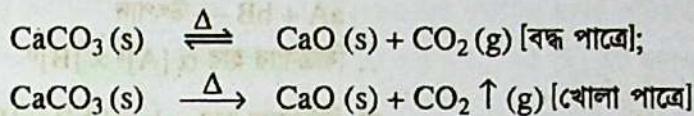
### ৪.২.১ একমুখী ও উভয়মুখী বিক্রিয়ার পারম্পরিক রূপান্তর

#### Inter conversion of Reversible & Irreversible Reactions

উভয়মুখী বিক্রিয়াকে একমুখী করার উপায় : **উভয়মুখী বিক্রিয়া অসম্পূর্ণ।** এ অসম্পূর্ণ বিক্রিয়াকে একমুখী বা সম্পূর্ণ করা যায়। নিচে উভয়মুখী বিক্রিয়াকে একমুখী করার তিনটি উপায় আলোচনা করা হলো :

(১) **বন্ধ পাত্রে উভয়মুখী বিক্রিয়াকে খোলা** পাত্রে একমুখীকরণ : খোলা পাত্রে থাকা বিক্রিয়কসমূহ যদি কঠিন বা তরল হয় এবং একটি উৎপাদ গ্যাসীয় হলে তা সহজেই বিক্রিয়া হতে অপসারিত হয়। ফলে বিক্রিয়াটি একমুখী হয়।

**উদাহরণ :** বন্ধ পাত্রে  $\text{CaCO}_3$  এর বিয়োজন উভয়ী; কিন্তু খোলা পাত্রে এ বিক্রিয়া চালালে উৎপাদ কার্বন ডাই অক্সাইড বিক্রিয়া স্থল হতে চলে যায়। ফলে বিক্রিয়াটি একমুখী হয়।



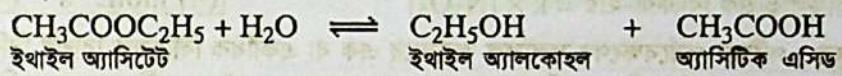
(২) **বিক্রিয়াজাত অধঃক্ষেপ আলাদা করে :** একটি উৎপাদ দ্রবণ হতে অধঃক্ষিণ হলে বিক্রিয়াটি একমুখী হয়।

**উদাহরণ :**  $\text{NaCl}$  দ্রবণে  $\text{AgNO}_3$  দ্রবণ যোগ করলে  $\text{AgCl}$  এর অধঃক্ষেপ সৃষ্টি হয় এবং বিক্রিয়ার পরিবেশ হতে পৃথক হয়ে পড়ে। ফলে বিক্রিয়াটি একমুখী হয়।

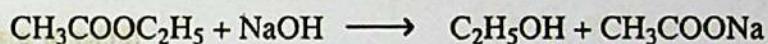


(৩) **রাসায়নিকভাবে উৎপাদকে বিক্রিয়াস্থল থেকে আলাদা করে :** কোনো উৎপাদকে রাসায়নিকভাবে বিক্রিয়াস্থল হতে সরিয়ে নেয়ার মাধ্যমেও উভয়ী বিক্রিয়াকে একমুখী করা যায়।

**উদাহরণ :** ইথাইল অ্যাসিটেটের সাথে পানির বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটিক এসিড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি একটি উভয়ী বিক্রিয়া।



বিক্রিয়া মাধ্যমে  $\text{NaOH}$  যোগ করলে তা উৎপন্ন এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও পানি উৎপন্ন করে। ফলে বিপরীত বিক্রিয়া সংঘটিত হতে পারে না। তখন সম্পূর্ণ বিক্রিয়াটি নিম্নরূপে একমুখী বিক্রিয়া হয়।



### ৪.৩ বিক্রিয়ার গতিবেগ বা বিক্রিয়ার হার ও বিক্রিয়ার হারের একক

Rate of Reaction and Unit of Rate of Reaction

কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রতি একক সময়ে যে হারে সম্পন্ন হয়, তাকে বিক্রিয়ার হার বা গতিবেগ বলে। বিক্রিয়ার সাথে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার হ্রাস এবং উৎপাদের ঘনমাত্রার বৃদ্ধি ঘটে; তাই বিক্রিয়ার হার ঘনমাত্রা পদের সাহায্যে নিম্নরূপে বর্ণনা করা হয়।

**বিক্রিয়ার হার :** প্রতি একক সময়ে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রাহ্রাস বা বিক্রিয়ায় সৃষ্টি উৎপাদের ঘনমাত্রা বৃদ্ধির হারকে বিক্রিয়ার হার বলে। অর্থাৎ

$$\text{বিক্রিয়ক বা উৎপাদের ঘনমাত্রার পরিবর্তন} \\ \text{বিক্রিয়ার হার} = \frac{\text{এ পরিবর্তন সংঘটনে ব্যয়িত সময়}}{\text{মোল/লিটার}}$$

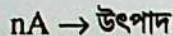
$$\therefore \text{বিক্রিয়ার হারের একক} = \frac{\text{মোল/লিটার}}{\text{সেকেন্ড}} = \text{মোল লিটার}^{-1} \text{ সেকেন্ড}^{-1} (\text{mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}) = (\text{Ms}^{-1})$$

#### ৪.৩.১ বিক্রিয়ার গতি সূত্র বা বিক্রিয়ার হার সমীকরণ ও বিক্রিয়ার হার প্রক্রিয়া

The Rate Law or The Rate Equation and Rate Constant of a Reaction

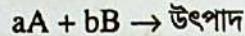
**ভর ক্রিয়ার সূত্র থেকে বিক্রিয়ার হার :** ভর ক্রিয়ার সূত্র মতে, একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো বিক্রিয়ার যেকোনো মুহূর্তে বিক্রিয়ার হার ঐ বিক্রিয়ার সমতাকৃত সমীকরণ মতে প্রতিটি বিক্রিয়কের মোল-সংখ্যার ঘাতে উন্নীত 'সক্রিয় ভরের' সমানুপাতিক হয়। 'সক্রিয় ভর' বলতে বিক্রিয়কের দ্রবণের ক্ষেত্রে 'মোলার ঘনমাত্রা' ( $\text{mol L}^{-1}$ ) এবং গ্যাসীয় বিক্রিয়কের

ক্ষেত্রে 'আংশিক চাপ' বোঝাও। সুতরাং বিক্রিয়ার হার প্রতিটি বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রার সমানুপাতিক এবং তা বিক্রিয়কের মোলভিডিক ঘনমাত্রার ঘাতকল্পে আসে। এক্ষেত্রে দৃটি সাধারণ বিক্রিয়ার সমীকরণ মতে,



$$\therefore \text{বিক্রিয়ার হার} \propto [A]^n$$

$$\text{বা, } \frac{-dc}{dt} = k \times [A]^n \dots (1)$$



$$\therefore \text{বিক্রিয়ার হার} \propto [A]^a \times [B]^b$$

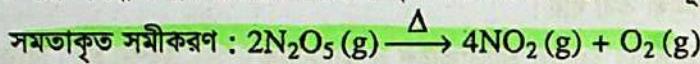
$$\text{বা, বিক্রিয়ার হার} = k \times [A]^a \times [B]^b \dots (2)$$

সমীকরণ (1) ও (2) হলো বিক্রিয়ার সাধারণ হার সমীকরণ এবং  $k$  হলো সমানুপাতিক ফ্রিবক।

একইভাবে ভর ক্রিয়ার সূত্র মতে,  $2A + B \rightarrow C + 3D$  বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে, বিক্রিয়ার হার  $= k \times [A]^2 \times [B]$  হয়।

**ব্যতিক্রম :** অনেক ক্ষেত্রে ভর ক্রিয়ার সূত্র মতে বিক্রিয়ার হার-সমীকরণটি বিক্রিয়াটির প্রকৃত পরীক্ষালক্ষ ফলাফলভিডিক বিক্রিয়া-হার সমীকরণের সাথে সঙ্গতিপূর্ণ বা একই নাও হতে পারে। যেমন,

উত্পন্ন  $N_2O_5(g)$  এর তাপীয় বিয়োজন বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সমতাযুক্ত সমীকরণ ও ভর ক্রিয়ার সূত্র মতে হার সমীকরণটি প্রকৃত পরীক্ষালক্ষ ফলাফলভিডিক বিক্রিয়া-হার সমীকরণের সাথে সঙ্গতিপূর্ণ নয়।



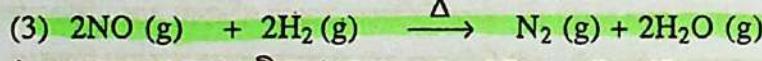
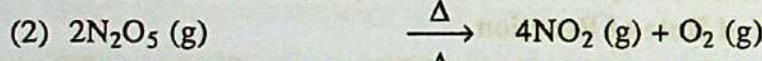
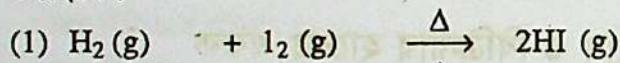
$$* \text{ ভর ক্রিয়ার সূত্র মতে বিক্রিয়া-হার} = k \times [N_2O_5]^2;$$

$$* \text{ পরীক্ষালক্ষ ফলাফলভিডিক বিক্রিয়া-হার} = k \times [N_2O_5]$$

**MCQ-4.3 :** বিক্রিয়ার হারের একক  
কী? [দি. বো. ২০১৭]  
(ক)  $\text{mol L}^{-1}$  (খ)  $\text{mol L}^{-1}\text{s}$   
(গ)  $\text{mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$  (ঘ)  $\text{mol}^{-1}\text{L}^{-1}\text{s}^{-1}$

**বিক্রিয়ার গতি সূত্র :** পরীক্ষা-পর্যবেক্ষণের ফলাফল অনুসারে এক বা একাধিক বিক্রিয়ক বিশিষ্ট বিভিন্ন বিক্রিয়ার হার ও বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রার সম্পর্কের সমীকরণ নির্ণয় করা হয়েছে। এরূপ সম্পর্কযুক্ত সমীকরণকে সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার গতিসূত্র বা বিক্রিয়ার হার সমীকরণ বলে। সুতরাং কোনো বিক্রিয়ার পরীক্ষালক্ষ ফলাফলভিডিক যে সমীকরণ দ্বারা বিক্রিয়ার হার বা বেগ ও বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার সম্পর্ক প্রকাশ করা হয়, তাকে বিক্রিয়ার হার সমীকরণ বা বিক্রিয়ার গতি সূত্র বলে।

**উদাহরণ :**



$$* \text{ সমতাযুক্ত সাধারণ সমীকরণ হলো : } aA + bB \rightarrow cC + dD$$

$$* \text{ ভর ক্রিয়ার সূত্র মতে, বিক্রিয়ার হার, } r = k \times [A]^a \times [B]^b$$

$$* \text{ পরীক্ষালক্ষ ফলাফল মতে, বিক্রিয়ার হার, } r = k \times [A]^m \times [B]^n;$$

\* এক্ষেত্রে  $m$  ও  $n$  হলো পরীক্ষালক্ষ বিক্রিয়ার হার মতে যথাক্রমে বিক্রিয়ক  $A$  ও  $B$  এর মোলার ঘনমাত্রার ঘাত বা power. তখন ( $m + n$ ) এর মোট মানকে বিক্রিয়াটির ক্রম বা reaction order বলে। উল্লেখ্য সমতাযুক্ত সাধারণ সমীকরণের সহগ (coefficients)  $a$  ও  $b$ -এর সাথে বিক্রিয়ার ক্রম নির্ধারণের ক্ষেত্রে কোনো সম্পর্ক থাকে না।

**বিক্রিয়ার হার ফ্রিবক :** ধরা যাক, একটি সাধারণ বিক্রিয়া হলো  $aA + bB = cC + dD$ . যদি এ বিক্রিয়ার পরীক্ষালক্ষ ফলাফলভিডিক  $A$  ও  $B$  এর মোলার ঘনমাত্রার ঘাত যথাক্রমে  $m$  ও  $n$  হয়; তবে বিক্রিয়ার গতি সূত্র মতে, বিক্রিয়ার হার ( $r$ )  $= k \times [A]^m \times [B]^n$ ; এখানে  $k$  একটি ফ্রিবক।

$$\therefore k = \frac{\text{বিক্রিয়ার হার} (\text{Ms}^{-1})}{[A]^m \times [B]^n}$$

এখন প্রতিটি বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা ১ মোলার হলে,  $[A] = [B] = 1 \text{ mol L}^{-1}$  হয় এবং বিক্রিয়ার হার  $= k \times 1 \times 1 = k$  (ফ্রিবক) হয় অর্থাৎ বিক্রিয়ার হার একটি ফ্রিবক মানের সমান হয়; একে বিক্রিয়াটির হার ফ্রিবক (rate constant) বলে।

**বিক্রিয়ার হার ফ্রিবকের সংজ্ঞা :** একক মোলার ঘনমাত্রার বিক্রিয়কসমূহের বিক্রিয়ার হারকে সে বিক্রিয়ার হার ফ্রিবক বলে। একে আপেক্ষিক বিক্রিয়ার হারও (specific reaction rate) বলা হয়।

## বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের বৈশিষ্ট্য :

- (১) একটি নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ঐ বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের ( $k$ -এর) মান সব সময় নির্দিষ্ট থাকে। কিন্তু তাপমাত্রার পরিবর্তন হলে ঐ বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের মানও পরিবর্তিত হয়।
- (২) একই তাপমাত্রায় ভিন্ন ভিন্ন বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক ( $k$ ) এর মানও ভিন্ন হয়।
- (৩) বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের মান বেশি হলে তখন ঐ বিক্রিয়ার বেগ বা হার বেশি হয় এবং হার ধ্রুবকের মান কম হলে বিক্রিয়ার বেগ কম হয়।

\* রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার ও বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের বৈশিষ্ট্যের মধ্যে নিম্নোক্ত মিল ও গরমিল দেখা যায়। যেমন—

বিক্রিয়ার হার ( $r$ )	বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক ( $k$ )
(১) প্রতি একক সময়ে কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়া যতটুকু সম্পন্ন হয়, তাকে ঐ বিক্রিয়ার বিক্রিয়ার-হার ( $r$ ) বলে।	(১) বিক্রিয়কগুলোর একক মোলার ঘনমাত্রার কোনো বিক্রিয়ার হারকে ঐ বিক্রিয়ার হার-ধ্রুবক ( $k$ ) বলে।
(২) তাপমাত্রার পরিবর্তনে বিক্রিয়ার হার পরিবর্তিত হয়।	(২) তাপমাত্রার পরিবর্তনে বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের মান ও পরিবর্তিত হয়।
(৩) তাপমাত্রা স্থির রেখে বিক্রিয়কগুলোর ঘনমাত্রার পরিবর্তন করলে বিক্রিয়ার হারের পরিবর্তন ঘটে।	(৩) তাপমাত্রা স্থির রেখে বিক্রিয়কগুলোর ঘনমাত্রার পরিবর্তন করলেও হার ধ্রুবকের মানের কোনো পরিবর্তন ঘটে না।
(৪) বিক্রিয়ার হার ( $r$ ) ঘনমাত্রার ওপর নির্ভর করে।	(৪) বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক ( $k$ ) ঘনমাত্রার ওপর নির্ভর করে না। এটি একটি ধ্রুবক।
(৫) বিক্রিয়ার হারের একক $\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$ বা, $\text{Ms}^{-1}$ । (গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে $\text{atm s}^{-1}$ )	(৫) হার ধ্রুবকের একক হার সূত্রমতে পরীক্ষানির্ভর বিক্রিয়ার ক্রম (reaction order) এর ওপর নির্ভর করে।

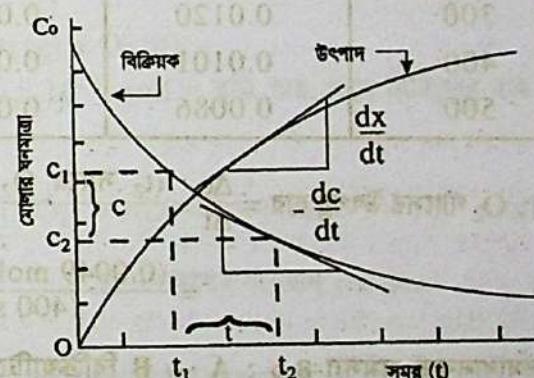
## লেখচিত্রের সাহায্যে বিক্রিয়ার হার বা গতিবেগের ব্যাখ্যা :

1850 খ্রিস্টাব্দে বিজ্ঞানী L. Wilhelmy কর্তৃক প্রমাণিত হয়েছে যে, বিক্রিয়ার হার বা গতিবেগ প্রধানত বিক্রিয়কসমূহের ঘনমাত্রার ওপর নির্ভর করে। ধরা যাক, একটি সহজ বিক্রিয়ার সমীকরণ হলো :  $A \rightarrow B$ , এ বিক্রিয়া সম্মুখদিকে অগ্রসর হতে থাকলে অর্থাৎ বিক্রিয়ক A থেকে উৎপাদ B সৃষ্টি হতে থাকলে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা কমতে শুরু করে; অপরদিকে উৎপাদের ঘনমাত্রা বাড়তে থাকে। তাই সময়ের সাথে বিক্রিয়ক অথবা উৎপাদের ঘনমাত্রাকে গ্রাফ পেপারে আলেখিত (plotting) করলে চিত্র-৪.১ এর মতো লেখচিত্র পাওয়া যায়।

সময়ের সাথে বিক্রিয়ক অথবা উৎপাদের ঘনমাত্রার পরিবর্তনের লেখ দুটিতে স্পর্শক অঙ্কন করে প্রতি ক্ষেত্রে ঢাল নির্ণয় করে বিক্রিয়ার হার নির্ণয় করা যায়।

লেখচিত্রে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার বক্ররেখা থেকে জানা যায়,  $(t_2 - t_1)$  বা,  $\Delta t$  সময়ের ব্যবধানে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা পরিবর্তিত হয়  $= (c_2 - c_1) = -\Delta c$

$$\therefore \text{বিক্রিয়ার গড় গতিবেগ} = \frac{(c_2 - c_1)}{(t_2 - t_1)} = \frac{-\Delta c}{\Delta t} \text{। অতি ক্ষুদ্র সময়ের ক্ষেত্রে এ মান } \frac{-dc}{dt} \text{ এর সমান।}$$



চিত্র-৪.১ : সময়ের সাথে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ঘনমাত্রার পরিবর্তন।

আবার নির্দিষ্ট  $t_2$  সময়ের পর বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার বক্ররেখার নির্দিষ্ট বিন্দুতে একটি স্পর্শক টানলে ঐ সরলরেখার ঢালের মান  $\frac{-dc}{dt}$  হবে এবং তা  $t_2$  সময়ে বিক্রিয়ার হারের সমান হবে। অনুরূপভাবে উৎপাদের বক্ররেখার ওপর কোনো বিন্দুতে স্পর্শক রেখা টেনে ঐ রেখার ঢালের মান  $\frac{dx}{dt}$  পাওয়া যাবে। লেখচিত্র থেকে আরো বোঝা যায় শুরুর দিকে রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার বেশি থাকে; সময়ের বৃদ্ধির সাথে বিক্রিয়ার হার কমতে থাকে। অর্থাৎ যে কোনো বিক্রিয়ার হার নির্দিষ্ট নয় বরং সময়ের বিপরীতে মৌলার ঘনমাত্রার ওপর নির্ভরশীল।  $\therefore$  বিক্রিয়ার গতিবেগ বা বিক্রিয়ার হার  $= \frac{-dc}{dt} = \frac{dx}{dt}$

$c = t$  সময়ের পর বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা;  $x = t$  সময়ে উৎপন্ন উৎপাদের ঘনমাত্রা।

**ঝণাজ্ঞক চিহ্নের তাৎপর্য :** বিক্রিয়কের বিক্রিয়ার হারের বেলায় সমীকরণে ঝণাজ্ঞক চিহ্ন ব্যবহারের অর্থ হলো—

(i) সময়ের সাথে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা-হাস পাও। (ii) এছাড়া ‘বিক্রিয়ার হার’-এর মান কখনো ঝণাউক হয় না। তাই বিক্রিয়ার হার-এর সমীকরণে ডানদিকে বিয়োগ চিহ্ন (-ve) দিয়ে ‘বিক্রিয়ার হার’ (r) এর মান ধনাউক করা হয়েছে।

উদাহরণস্বরূপ, অধিক তাপে ডাইনাইট্রোজেন পেন্টাওক্সাইড ( $N_2O_5$ ) এর তাপীয় বিঘোজনে বায়ুদূষক বাদামি  $NO_2$  গ্যাস ও  $O_2$  গ্যাস উৎপন্ন হয়।  $2N_2O_5(g) \xrightarrow{\Delta} 4NO_2(g) + O_2(g)$

এ বিক্রিয়ায় 2 mol গ্যাসীয় বিক্রিয়ক ( $N_2O_5$ ) থেকে 5 mol গ্যাসীয় উৎপাদ ( $NO_2$ ,  $O_2$ ) উৎপন্ন হওয়ায়, সময়ের বৃদ্ধির সাথে গ্যাস মিশ্রণের চাপ বৃদ্ধি পায়। তাই গ্যাস মিশ্রণের চাপ বৃদ্ধি মেপে বিক্রিয়ক ( $N_2O_5$ ) এর মোলার ঘনমাত্রার পরিবর্তন বের করা যায়। নিচের সারণি-৪.১ এ 55°C তাপমাত্রায় ঘনমাত্রার পরিবর্তন দেখানো হলো।

সারণি-৪.১ :  $N_2O_5$  এর বিয়োজনে ( $55^{\circ}C$ ) বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ঘনমাত্রার পরিবর্তন সময়ের বিপরীতে নিম্নরূপ :

সময় (s)	$\text{N}_2\text{O}_5$ (mol)	$\text{NO}_2$ (mol)	$\text{O}_2$ (mol)	মন্তব্য
0	0.020	0	0	লক্ষ্য কর সময়ের সাথে
100	0.0169	0.0063	0.0016	$\text{N}_2\text{O}_5$ এর বিযোজনে এর
200	0.0142	0.0115	0.0029	মোলারিটির হাস ঘটছে এবং
300	0.0120	0.0160	0.0040	উৎপাদ $\text{NO}_2$ ও $\text{O}_2$ এর
400	0.0101	0.0197	0.0049	মোলারিটি বৃদ্ধি
500	0.0086	0.0229	0.0057	পেয়েছে।

$$\therefore O_2 \text{ গ্যাসের উৎপন্ন হার} = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{(t_2 \text{ সময়ে } O_2 \text{ এর মোল}) - (t_1 \text{ সময়ে } O_2 \text{ এর মোল})}{t_2 - t_1}$$

$$= \frac{(0.0049 \text{ mol} - 0.0040 \text{ mol})}{(400 \text{ s} - 300 \text{ s})} = 9 \times 10^{-6} \text{ M/s}$$

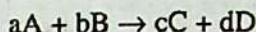
সমাধানকৃত সমস্যা-৮.১ :  $A \rightarrow B$  বিক্রিয়াটিতে A এর প্রাথমিক ঘনমাত্রা  $0.275 \text{ molL}^{-1}$  এবং বিক্রিয়া শুরু হওয়ার 5 মিনিট 20 সেকেন্ড পরে A-এর ঘনমাত্রা হ্রাস পেয়ে  $0.125 \text{ molL}^{-1}$  হলো। এ সময়ে গড় বিক্রিয়ার হার নির্ণয় কর।

$$\text{সমাধান : } \text{গড় বিক্রিয়ার হার} = \frac{\text{A-এর ঘনমাত্রার পরিবর্তন}}{\text{পরিবর্তনের জন্য প্রযোজনীয় সময়}} = -\frac{\Delta A}{\Delta t}$$

$$= - \frac{([A_2] - [A_1])}{At} = - \frac{(0.125 - 0.275) \text{ mol L}^{-1}}{320 \text{ s}} = 4.6875 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

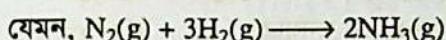
$$\therefore \text{গড় বিক্রিয়ার হার} = 4.6875 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

ভিন্ন মোল সংখ্যার বিক্রিয়ক ও উৎপাদের বেলায় বিক্রিয়ার হার: একপ বিক্রিয়ার সাধারণ সমীকরণটি হলো নিম্নরূপ:



এক্ষেত্রে সাধারণ বিক্রিয়ার হার নিম্নরূপে প্রকাশ করা হয় :

$$\text{বিক্রিয়ার হার}, r = -\frac{1}{a} \cdot \frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{b} \cdot \frac{d[B]}{dt} = +\frac{1}{c} \cdot \frac{d[C]}{dt} = +\frac{1}{d} \cdot \frac{d[D]}{dt}$$

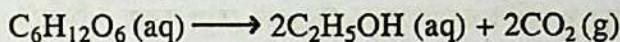


$$\text{এক্ষেত্রে, বিক্রিয়ার হার}, r = -\frac{d[N_2]}{dt} = -\frac{1}{3} \cdot \frac{d[H_2]}{dt} = +\frac{1}{2} \cdot \frac{d[NH_3]}{dt}$$

- MCQ-4.4 :** একটি বিক্রিয়কের আদি ঘনমাত্রা  $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  থেকে  $20 \text{ s}$  পরে ঘনমাত্রা  $0.05 \text{ mol L}^{-1}$  হলে এই বিক্রিয়ার হার কত?
- (ক)  $1.5 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$   
 (খ)  $2.5 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$   
 (গ)  $2.05 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$   
 (ঘ)  $2.05 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.২ : বিক্রিয়ক ও উৎপাদ থেকে বিক্রিয়ার হার নির্ণয় :

অ্যালকোহলীয় পানীয়ের উপাদান ইথানল ঘোগতি গ্যাসেলিনের অকটেন নাওয়ার বৃদ্ধির সহায়ক। এ তরলটি গ্লুকোজের ফারমেন্টেশনে উৎপন্ন হয়। এ বিক্রিয়ার সমতায়ুক্ত সমীকরণটি হলো :



(ক) গ্লুকোজের ফারমেন্টেশন থেকে ইথানলের উৎপাদন হার বের কর।

(খ) বিক্রিয়ার সমীকরণ মতে,  $\Delta[C_2H_5OH]/\Delta t$  ও  $\Delta[C_6H_{12}O_6]/\Delta t$  এর সম্পর্কটি লেখ।

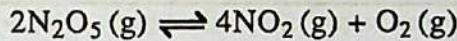
দক্ষতা (Strategy) : বিক্রিয়া হার নির্ণয়ে সমতায়ুক্ত সমীকরণে প্রত্যেক উপাদানের মোল সংখ্যা লক্ষ্য কর।

সমাধান (Solution) : (ক) সমীকরণ মতে,  $2 \text{ mol}$  ইথানল উৎপন্ন হয়  $1 \text{ mol}$  গ্লুকোজ থেকে। সূতরাং ইথানল উৎপাদনের হার গ্লুকোজ ফারমেন্টেশন হারের দ্বিগুণ। (খ) যেহেতু ইথানলের উৎপাদন হার হলো  $= \frac{1}{2} \Delta[C_2H_5OH]/\Delta t$  এবং গ্লুকোজের বিয়োজন হার  $= \Delta[C_6H_{12}O_6]/\Delta t$ ; (লক্ষ্য কর বিয়োগ চিহ্ন)।

$$\therefore \text{বিক্রিয়ার হার}, r = \frac{1}{2} \times \frac{\Delta[C_2H_5OH]}{\Delta t} = \frac{-\Delta[C_6H_{12}O_6]}{\Delta t}$$

$$\therefore \text{উভয়ের মধ্যে সম্পর্ক হলো, } \Delta[C_2H_5OH]/\Delta t = -2 \times \Delta[C_6H_{12}O_6]/\Delta t$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৩ : অধিক তাপে নাইট্রোজেন পেট্রাজাইড বিয়োজিত হয়ে  $NO_2$  ও  $O_2$  গ্যাস উৎপন্ন হয় :



এ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে যদি  $6$  সেকেন্ডে  $NO_2$  এর ঘনমাত্রা  $3.0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$  বৃদ্ধি পায়, তবে বিক্রিয়ার হার নির্ণয় কর।

সমাধান :

$$\text{বিক্রিয়ার হার} = +\frac{1[NO_2]}{4 \Delta t}$$

$$\text{এক্ষেত্রে } [NO_2] = NO_2\text{-এর ঘনমাত্রা} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

$$= \frac{1}{4} \times \frac{3.0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}{6 \text{ sec}}$$

$$\Delta t = \text{সময়ের ব্যবধান} = 6 \text{ sec}$$

$$= 1.25 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ sec}^{-1}$$

শিক্ষার্থী নিজে কর-৪.২ : বিক্রিয়ার হারভিত্তিক :

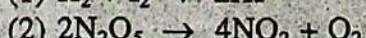
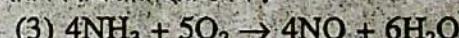
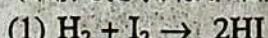
সমস্যা-৪.৩(ক) : বিক্রিয়ার হার কী?

[ব. বো. ২০১৫]

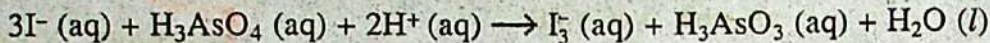
সমস্যা-৪.৩(খ) : বিক্রিয়ার হার ও বিক্রিয়ার হার ফ্রেক্ষনের মধ্যে পার্থক্য কী? [অনুধাবনভিত্তিক প্রশ্ন]

সমস্যা-৪.৪ : সারণি-৪.১ ব্যবহার করে  $200 - 300 \text{ s}$  সময়ের ব্যবধানে সংঘটিত (a)  $N_2O_5$  এর বিয়োজন হার ও (b)  $O_2$  গ্যাসের উৎপন্ন হার গণনা কর। [উ: (a)  $2.2 \times 10^{-5} \text{ M/s}$ . (b)  $1.1 \times 10^{-5} \text{ M/s}$ ]

সমস্যা-৪.৫ : নিচের সমীকরণ মতে, সাধারণ বিক্রিয়ার হার লেখ :



**সমস্যা-৮.৬ :** আর্সেনিক এসিড ( $H_3AsO_4$ ) দ্বারা আয়োডাইড আয়নের জারণ বিক্রিয়ার সমতায়ুক্ত সমীকরণ হলো:



(ক) যদি  $- \Delta[I^-]/\Delta t = 4.8 \times 10^{-4} \text{ M/s}$  হয়; এ সময়ে  $\Delta[I_3^-]/\Delta t$  এর মান কত হবে? [উ:  $1.6 \times 10^{-4} \text{ M/s}$ ]

(খ) ঐ একই সময়ে  $H^+$  আয়নের বিক্রিয়ার হার কত হবে? [উ:  $3.2 \times 10^{-4} \text{ M/s}$ ]

**সমস্যা-৮.৭ :**  $N_2O_5 (g)$  এর বিযোজন সমীকরণ হলো  $2N_2O_5 (g) \rightleftharpoons 4NO_2(g) + O_2 (g)$

এ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে যদি বিক্রিয়া শুরু হওয়ার 2 মিনিট 15 সেকেন্ডে  $NO_2$  এর ঘনমাত্রা  $5.25 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$  বৃদ্ধি পায়। তবে বিক্রিয়াটির হার কত হবে? [উ:  $9.722 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$ ]

**সমস্যা-৮.৮ :** ইথাইল অ্যাসিটেট ( $CH_3COOC_2H_5$ ) এর অন্নীয় অন্তর্বিশ্লেষণে 40 মিনিট সময়ে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা  $1.0 \text{ mol L}^{-1}$  থেকে  $0.5 \text{ mol L}^{-1}$  হয়। বিক্রিয়াটির হার কত? [উ:  $2.08 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$ ]

**সমস্যা-৮.৯ :**  $H_2O_2$  এর  $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  দ্রবণটি বিযোজিত হয়ে 5 মিনিটে  $0.08 \text{ mol L}^{-1}$  দ্রবণে পরিণত হলো। বিক্রিয়াটির হার কত? [উ:  $3.33 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$ ]

**সমস্যা-৮.১০ :** KI এর দ্রবণে নির্দিষ্ট ঘনমাত্রার  $H_2O_2$  দ্রবণ যোগ করায় 5 মিনিটে  $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$  আয়োডিন মুক্ত হয়। এ জারণ বিক্রিয়ার হার কত? [উ:  $3.33 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$ ]

**সমস্যা-৮.১১ :**  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ ; এ বিক্রিয়ার বেলায় উৎপন্ন  $NH_3$  এর ঘনমাত্রা 1 মিনিট 40 সেকেন্ডে  $3.5 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$  হলে ঐ বিক্রিয়ার হার কত? [উ:  $1.75 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$ ]

**সমস্যা-৮.১২ :**  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ ; এ বিক্রিয়ায়  $NH_3$  উৎপাদন হার বা বিক্রিয়ার হার  $4.25 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$  হলে; তখন  $N_2$  ও  $H_2$  কী হারে বিক্রিয়ায় অংশ নেয় তা নির্ণয় কর।

$$[\text{উ: } d[N_2]/dt = 2.125 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \text{s}^{-1}; d[H_2]/dt = 6.375 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \text{s}^{-1}]$$

**সমস্যা-৮.১৩ :**  $4NH_3(g) + O_2(g) \xrightarrow[900^\circ C, Pt]{} 4NO(g) + 6H_2O(g)$ ; এক্ষেত্রে NO এর উৎপাদন হার  $5.25 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$  হলে বিক্রিয়ক  $NH_3$  এর বিক্রিয়া হার এবং স্টিমের উৎপাদন হার কত?

$$[\text{উ: } NH_3 = 5.25 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{s}^{-1} \text{ এবং স্টিম} = 7.875 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{s}^{-1}]$$

**সমস্যা-৮.১৪ :**  $2A \rightarrow 3B + C$  বিক্রিয়াটির বেলায়, B উৎপাদিত  $2.75 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$  হারে উৎপন্ন হলে A ও C এর সাপেক্ষে বিক্রিয়া হার বের কর। [উ:  $A = 1.8332 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$ ;  $C = 9.166 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$ ]

### অধিক জেনে নাও :

রাসায়নিক গতিবিদ্যায় (i) বিক্রিয়ার হার ও (ii) বিক্রিয়ার হার ক্রমবক্তৃত এর সাথে (iii) বিক্রিয়ার ক্রম (Order of reaction) নামে একটি প্রয়োজনীয় 'পদ' (term) আছে। **বিক্রিয়ার ক্রমের ওপর বিক্রিয়ার হার ক্রমবক্তৃত একক নির্ভর করে।**

**বিক্রিয়ার ক্রমের সংজ্ঞা :** বিক্রিয়ার হার নির্ণয়ের পরীক্ষাভিত্তিক ফলাফল অনুসারে ঐ বিক্রিয়ার হার সমীকরণে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রাসমূহের ওপর যে সব ঘাত থাকে, তাদের সমষ্টিকে ঐ বিক্রিয়ার ক্রম বলে।

**বিক্রিয়ার ক্রম নির্ণয় :** ধরা যাক, একটি বিক্রিয়ার সাধারণ সমীকরণ হলো  $aA + bB \rightarrow \text{উৎপাদ}$

পরীক্ষাভিত্তিক ফলাফল অনুসারে, বিক্রিয়ার হার =  $k \times [A]^x \times [B]^y$

ধরি,  $x + y = n$ ; সূতরাং বিক্রিয়াটির ক্রম হলো =  $n$ ।

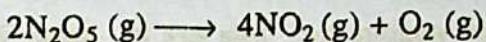
(১)  $n = 0$  হলে (পরীক্ষার ফলাফল মতে), বিক্রিয়াটিকে শূন্যক্রম (zero order) বিক্রিয়া বলে। **শূন্যক্রম বিক্রিয়ার হার বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার ওপর নির্ভরশীল নয়।**



$$\therefore \text{বিক্রিয়ার হার} = k \times [H_2]^0 \times [Cl_2]^0 = k,$$

$$\therefore k \text{ এর একক} = \text{mol L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (হারের একক)}$$

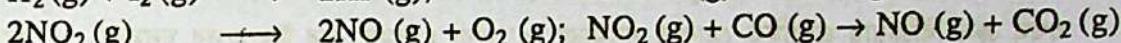
(২)  $n = 1$  হলে (পরীক্ষার ফলাফল মতে), বিক্রিয়াটিকে প্রথম ক্রম (1st order) বিক্রিয়া বলে। প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার কোনো একটি বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার ১ম ঘাতের ওপর নির্ভরশীল হয়। যেমন,



$$\therefore \text{বিক্রিয়ার হার} = k \times [\text{N}_2\text{O}_5]^1;$$

$$\therefore k \text{ এর একক} = \frac{\text{বিক্রিয়ার হারের একক}}{[\text{N}_2\text{O}_5] \text{ এর একক}} = \frac{\text{M.s}^{-1}}{\text{M}} = \text{s}^{-1}$$

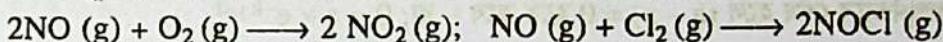
(৩)  $n = 2$  হলে (পরীক্ষার ফলাফল মতে), বিক্রিয়াটিকে দ্বিতীয় ক্রম (2nd order) বিক্রিয়া বলে। দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার একটি বা দুটি বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার ২য় ঘাতের ওপর নির্ভরশীল হয়। যেমন,



$$\therefore \text{বিক্রিয়ার হার} = k \times [\text{H}_2]^1 \times [\text{I}_2]^1;$$

$$\therefore k \text{ এর একক} = \frac{\text{বিক্রিয়ার হারের একক}}{[\text{H}_2] \times [\text{I}_2] \text{ এর একক}} = \frac{\text{M.s}^{-1}}{\text{M}^2} = \text{M}^{-1}\text{s}^{-1}$$

(৪)  $n = 3$  হলে (পরীক্ষার ফলাফল মতে), বিক্রিয়াটিকে তৃতীয় ক্রম (3rd order) বিক্রিয়া বলে। তৃতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার একটি বা দুটি বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার ৩য় ঘাতের ওপর নির্ভরশীল হয়। যেমন,



$$\therefore \text{বিক্রিয়ার হার} = k \times [\text{NO}]^2 \times [\text{O}_2]^1;$$

$$\therefore k \text{ এর একক} = \frac{\text{বিক্রিয়ার হারের একক}}{[\text{NO}]^2 \times [\text{O}_2] \text{ এর একক}} = \frac{\text{M.s}^{-1}}{\text{M}^3} = \text{M}^{-2}\text{s}^{-1}$$

(১) প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার সংজ্ঞা : যে বিক্রিয়ার হার একটি মাত্র বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রার ১ম ঘাতের সমানুপাতিক হয়, তাকে ১ম ক্রম বিক্রিয়া বলে। অর্থাৎ  $\frac{-dC}{dt} = \frac{dx}{dt} = k_1 C^1$ ; এখানে  $C$  ও  $x$  হলো যথাক্রমে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ঘনমাত্রা।

\* প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার প্রক্রিয়ক ( $k_1$ ) এর রাশিমালা নির্ণয় :

প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার সমীকরণৰ নিচের সাধারণ সমীকরণটি বিবেচনা করা হলো :



$$\text{প্রাথমিক ঘনমাত্রা} : \quad a \text{ mol L}^{-1} \quad 0 \text{ mol L}^{-1}$$

$$\text{t সময় পর ঘনমাত্রা} : \quad (a - x) \text{ mol L}^{-1} \quad x \text{ mol L}^{-1}$$

সূতরাং যেকোনো 't' সময় পর ভৱিয়ার সূত্র মতে ১ম ক্রম বিক্রিয়ার হার হবে :

$$\frac{dx}{dt} \propto (a - x)^1; \text{ বা, } \frac{dx}{dt} = k_1 \times (a - x); \text{ বা, } \frac{dx}{(a - x)} = k_1 \times dt; \text{ এখানে } k_1 \text{ হলো বিক্রিয়ার হার প্রক্রিয়ক।}$$

$$\text{এখন সমীকরণটির উভয়দিকে সমাকলন করে পাই, } \int \frac{dx}{(a - x)} = k_1 \times \int dt$$

$$\text{বা, } -\ln(a - x) = k_1 t + C_1 \text{ (সমাকলন প্রক্রিয়ক)} \quad \dots (1)$$

বিক্রিয়ার শুরুতেই অর্থাৎ  $t = 0$  হলে তখন  $x = 0$  হয়; এ শর্ত (1) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$-\ln a = C_1 \text{ (সমাকলন প্রক্রিয়ক)}। \text{ এ মান (1) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,}$$

$$-\ln(a - x) = k_1 \times t - \ln a; \text{ বা, } k_1 \times t = \ln a - \ln(a - x)$$

$$\text{বা, } k_1 \times t = \ln \frac{a}{(a - x)}; \text{ বা, } k_1 = \frac{1}{t} \times \ln \frac{a}{(a - x)}; \quad k_1 = \frac{2.303}{t} \times \log \frac{a}{(a - x)} \quad \dots (2)$$

\* প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার তিনি বৈশিষ্ট্য :

- ১ম ক্রম বিক্রিয়া কখনো সম্পূর্ণভাবে শেষ হয় না।
- ১ম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায় ( $t_{1/2}$ ) বিক্রিয়কের প্রাথমিক ঘনমাত্রার ওপর নির্ভর করে না। কোনো বিক্রিয়ায় উপস্থিত বিক্রিয়কের অর্ধেক বা 50% উৎপাদে পরিণত হতে (বাকি অর্ধেক অবশিষ্ট রেখে) যে সময় লাগে, তাকে বিক্রিয়াটির অর্ধায় ( $t_{1/2}$ ) বলে।
- ১ম ক্রম বিক্রিয়ার হার ক্রুবক ( $k_1$ ) বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার ওপর নির্ভর করে না। নির্দিষ্ট তাপমাত্রায়  $k_1$  এর মান ক্রুব থাকে। কারণ  $k_1 = \frac{2.303}{t} \times \log \frac{a}{(a-x)}$  এক্ষেত্রে 'a' ও '(a-x)' মোলার ঘনমাত্রার অনুপাত হিসেবে আছে।

\* প্রথম ক্রম বিক্রিয়া কখনো সম্পূর্ণভাবে শেষ হয় না কেন? এর ব্যাখ্যা :

প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার প্রাথমিক মোলার ঘনমাত্রা 'a' এবং t সময় পরে উৎপাদের ঘনমাত্রা 'x' ধরে বিক্রিয়ার হার ক্রুবকের সমীকরণ হয় :

$$k_1 = \frac{1}{t} \ln \frac{a}{(a-x)}; \text{ বা, } \ln \frac{a}{(a-x)} = k_1 \times t; \text{ বা, } \ln \frac{(a-x)}{a} = -k_1 \times t$$

$$\text{বা, } \frac{(a-x)}{a} = e^{-k_1 \times t}; \text{ বা, } (a-x) = a \times e^{-k_1 \times t}$$

বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণভাবে শেষ হলে  $(a-x) = 0$  হতে হবে। বা,  $0 = a \times e^{-k_1 \times t}$

বা,  $0 = \frac{a}{e^{k_1 t}}$ ; বা,  $e^{k_1 t} = \frac{a}{0} = \infty$  (অসীম)। এক্ষেত্রে  $k_1 \neq 0$ ; তাই  $t = \infty$  (অসীম) হবে। তাই ১ম ক্রম বিক্রিয়া সম্পূর্ণভাবে বা পরমভাবে শেষ হয় না।

\* প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায় ( $t_{1/2}$ ) প্রাথমিক ঘনমাত্রা নির্ভর নয় কেন? এর ব্যাখ্যা :

প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ক্রুবকের সমীকরণে  $t = t_{1/2}$  এবং  $x = a/2$  বসিয়ে পাই,

$$k_1 = \frac{1}{t} \times \ln \frac{a}{(a-x)}; \text{ বা, } t_{1/2} = \frac{1}{k_1} \times \ln \frac{a}{(a-a/2)}$$

বা,  $t_{1/2} = \frac{1}{k_1} \times \ln \frac{a}{a/2}$ ; বা,  $t_{1/2} = \frac{1}{k_1} \times \ln 2$ ; বা,  $t_{1/2} = \frac{0.693}{k_1}$ । এ অর্ধায়ের সমীকরণে বিক্রিয়কের প্রাথমিক ঘনমাত্রা 'a' নেই। তাই ১ম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়  $k_1$  নির্ভর ক্রুব থাকে।

**প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ের তাংপর্য :**  $t_{1/2} = 0.693/k_1$  সমীকরণ মতে, কোনো ১ম ক্রম বিক্রিয়ায় কোনো প্রদত্ত আয়তনে 1 mol কোনো বিক্রিয়ককে 0.5 mol পরিমাণে পরিণত করতে যে সময় লাগে, একই আয়তনে অবশিষ্ট 0.5 mol বিক্রিয়ককে 0.25 mol পরিমাণে পরিণত করতে ঐ একই সময় লাগে। একইভাবে ঐ নির্দিষ্ট আয়তনে 0.25 mol কে 0.125 mol এ পরিণত করতে একই সময় লাগে। এটিই হলো ১ম ক্রম বিক্রিয়ার  $t_{1/2}$  এর তাংপর্য।

(২) দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার সংজ্ঞা : যে বিক্রিয়ার হার একটি মাত্র বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রার বর্গের বা ২য় ঘাতের সমানুপাতিক অথবা দুটি বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার গুণফলের সমানুপাতিক হয়, তাকে ২য় ক্রম বিক্রিয়া বলে।

$$\text{অর্থাৎ } \frac{-dC}{dt} = \frac{dx}{dt} = k_2 C^2$$

\* দ্বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার হার ক্রুবক ( $k_2$ ) এর রাশিমালা নির্ণয় :

(ক) একটিমাত্র বিক্রিয়ক (A) সহযোগে ২য় ক্রম বিক্রিয়ার সমীকরণটি নিম্নরূপ :



প্রাথমিক ঘনমাত্রা : a mol L<sup>-1</sup>

0 mol L<sup>-1</sup>

t সময় পর ঘনমাত্রা : (a-x) mol L<sup>-1</sup>

x mol L<sup>-1</sup>

সুতৰাং যেকোনো 't' সময় পর ভৱ ক্রিয়ার সূত্র মতে ২য় ক্রম বিক্রিয়ার হার হবে :

$$\frac{dx}{dt} \propto (a-x)^2; \text{ বা, } \frac{dx}{dt} = k_2 \times (a-x)^2; \text{ এখানে } k_2 \text{ হলো } 2\text{য় ক্রম বিক্রিয়ার হার ফ্রবক।}$$

$$\therefore \frac{dx}{(a-x)^2} = k_2 \times dt; \text{ এ সমীকরণের উভয় দিকে সমাকলন করে পাই,}$$

$$\int \frac{dx}{(a-x)^2} = k_2 \int dt; \text{ বা, } \frac{1}{(a-x)} = k_2 \times t + C_2 \text{ (সমাকলন ফ্রবক) ... (1)}$$

$$\text{যখন বিক্রিয়ার শুরুতে } t = 0, \text{ তখন } x = 0 \text{ হয়। এ মানগুলো (1) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই, } C_2 = \frac{1}{a}$$

$$\text{এখন } C_2 \text{ এর মান (1) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই, } k_2 \times t = \frac{1}{(a-x)} - \frac{1}{a}; \text{ বা, } k_2 = \frac{1}{t} \times \frac{x}{a(a-x)}$$

এটিই হলো একটি বিক্রিয়কভিত্তিক ২য় ক্রম বিক্রিয়ার হার ফ্রবক ( $k_2$ ) এর সমীকরণ।

\* **বিতীয় ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু (t<sub>1/2</sub>)** একটি মাত্র বিক্রিয়কের প্রাথমিক ঘনমাত্রা (a mol L<sup>-1</sup>) ব্যতানুপাতিক

হয়।

$$k_2 = \frac{1}{t} \times \frac{x}{a(a-x)} \text{ সমীকরণে } t = t_{1/2}; x = a/2 \text{ বসিয়ে সরল করে পাই,}$$

$$t_{1/2} = \frac{1}{k_2} \times \frac{1}{a}; \text{ বা, } t_{1/2} \propto \frac{1}{a}; [\text{এক্ষেত্রে } \frac{1}{k_2} \text{ হলো ফ্রবক}]$$

গাণিতিক সমস্যা-১। কোনো প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু 15 min হলে বিক্রিয়াটির হার ফ্রবক কত?

সমাধান : প্রশ্নমতে,  $t_{1/2} = 15 \text{ min}$

$$\text{আমরা জানি, } t_{1/2} = \frac{0.693}{k}; \therefore k = \frac{0.693}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{15} = 4.62 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1} \text{ (উত্তর)}.$$

গাণিতিক সমস্যা-২। কোনো প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধেক পরিমাণ পদার্থ 400 s-এ বিয়োজিত হয়। কতক্ষণ পরে মাত্র এক-অষ্টমাংশ পদার্থ অবশিষ্ট থাকবে?

সমাধান : প্রশ্নমতে,  $t_{1/2} = 400 \text{ s}$

$$\text{আমরা জানি, প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার } t_{1/2} = \frac{0.693}{k} \therefore k = \frac{0.693}{400} = 1.7325 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$$

প্রাথমিক ঘনমাত্রা a হলে, এক-অষ্টমাংশ পদার্থ অবশিষ্ট থাকলে অর্থাৎ  $(a-x) = a/8$

$$\begin{aligned} \text{আমরা জানি, } t &= \frac{2.303}{k} \log \frac{a}{a-x} = \frac{2.303}{k} \log \frac{a}{a/8} \\ &= \frac{2.303}{1.7325 \times 10^{-3}} \log 8 = 1.3293 \times 10^{-3} \times 0.90309 = 1200 \text{ s. (উত্তর)} \end{aligned}$$

গাণিতিক সমস্যা-৩। একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার 30% সম্পন্ন হয় 60 মিনিটে। উক্ত বিক্রিয়াটির অর্ধায়ু এবং হার ফ্রবক নির্ণয় কর।

সমাধান : এখানে উৎপাদ,  $x = 30\% a = 0.3a$ . মোট সময়,  $t = 60 \text{ min}$ .

$$\text{প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ফ্রবক, } k = \frac{2.303}{t} \log \frac{a}{a-x}; \text{ বা, } k = \frac{2.303}{60 \text{ min}} \log \frac{a}{a-0.3a};$$

$$\text{বা, } k = \frac{2.303}{60 \text{ min}} \log \frac{10}{7} = \frac{2.303 \times 0.1549}{60 \text{ min}} = 5.946 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}$$

$$\text{আবার, প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু, } t_{1/2} = \frac{0.693}{k} = \frac{0.693}{5.946 \times 10^{-3} \text{ min}^{-1}} = 116.55 \text{ min (উত্তর)}.$$

গাণিতিক সমস্যা-৪। একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়ার প্রারম্ভিক ঘনমাত্রা  $0.6 \text{ mol L}^{-1}$  থেকে  $0.2 \text{ mol L}^{-1}$  ঘনমাত্রায় হ্রাস পেতে 5 min সময় লাগে। বিক্রিয়াটির হার ধ্রুবক কত?

সমাধান : প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার বেলায়,

$$\begin{aligned} k &= \frac{2.303}{t} \times \log \frac{a}{a-x} \\ &= \frac{2.303}{5} \times \log \frac{0.6}{0.2} \\ &= 0.2198 \text{ min}^{-1} \text{ (উত্তর)।} \end{aligned}$$

প্রশ্নমতে, বিক্রিয়কের প্রারম্ভিক ঘনমাত্রা,  $a = 0.6 \text{ mol L}^{-1}$

5 min পর ঘনমাত্রা,  $(a - x) = 0.2 \text{ mol L}^{-1}$

মোট সময়,  $t = 5 \text{ min}$

বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক,  $k = ?$

গাণিতিক সমস্যা-৫।  $35^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায়  $\text{CCl}_4$  মাধ্যমে নাইট্রোজেন পেন্টঅক্সাইড ঘনমাত্রা এক-তৃতীয়াৎশ হ্রাস পেতে কত সময় লাগবে? ঐ তাপমাত্রার  $k = 1.35 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ।

সমাধান : এখানে  $x = a/3$ ,  $k = 1.35 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ;  $t = t_{1/3} = ?$

প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ মতে,  $k = \frac{2.303}{t} \log \frac{a}{a-x}$ ; বা,  $t = \frac{2.303}{k} \log \frac{a}{a-x}$

$$\therefore t_{1/3} = \frac{2.303}{1.35 \times 10^{-4}} \log \frac{a}{a-a/3} = \frac{2.303}{1.35 \times 10^{-4}} \log 3/2 = 3004 \text{ s} = 50.05 \text{ min (উত্তর)।}$$

গাণিতিক সমস্যা-৬। একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধেক পরিমাণ বিক্রিয়ক বিঘোজিত হয় 300 সেকেন্ডে। কতক্ষণ পর ঐ বিক্রিয়কের এক-অষ্টমাংশ অবশিষ্ট থাকবে?

সমাধান : প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু,

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$$

$$\text{বা, } k = \frac{0.693}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{300 \text{ s}}$$

$$\text{বা, } k = 2.31 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$$

প্রশ্নমতে, বিক্রিয়ার অর্ধায়ু,  $t_{1/2} = 300 \text{ s}$

বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক,  $k = ?$

প্রাথমিক ঘনমাত্রা =  $a$  (ধরে)

$t$  সময়ের পর অবশিষ্ট থাকে,  $(a - x) = a/8$

প্রয়োজনীয় সময়,  $t = ?$

প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার হার ধ্রুবকের সমীকরণ :

$$k = \frac{2.303}{t} \times \log \frac{a}{(a-x)} ; \text{ বা, } t = \frac{2.303}{k} \times \log \frac{a}{a/8} ; \text{ বা, } t = \frac{2.303}{2.31 \times 10^{-3}} \times \log 8$$

$$\text{বা, } t = \frac{2.303 \times 10^3 \text{ s}}{2.31} \times 0.90309 = 900.4 \text{ s (প্রায়)}$$

গাণিতিক সমস্যা-৭। দেখাও যে, একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়ার বিক্রিয়কটির 99.9% শেষ হতে যে সময় লাগে, তা বিক্রিয়কটির অর্ধেক শেষ হওয়ায় সময়ের প্রায় 10 গুণ হয়। [বুয়েট ২০১৮-'১৫]

সমাধান : ১ম ক্ষেত্রে  $a = 100 \text{ mol L}^{-1}$ ,  $x = 99.9 \text{ mol L}^{-1}$  ধরে  $k_1$  ও 't' সময়ের সম্পর্ক বের করতে হবে। ২য় ক্ষেত্রে বিক্রিয়াটির  $t_{1/2}$  বের করে শেষে উভয় সময়ের তুলনা করতে হবে।

$$1\text{ম ক্ষেত্রে : } k_1 = \frac{1}{t} \times \ln \frac{a}{(a-x)} = \frac{1}{t} \times \ln \frac{100}{(100-99.9)} = \frac{1}{t} \times \ln \frac{100}{0.1}$$

$$\therefore k_1 = \frac{1}{t} \times \ln 1000 = \frac{6.908}{t} \quad \dots \quad (1)$$

২য় ক্ষেত্রে : বিক্রিয়াটির অর্ধায়ু ( $t_{1/2}$ ) এর সমীকরণ মতে,

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{k_1} ; \text{ বা, } k_1 = \frac{0.693}{t_{1/2}} \quad \dots \quad (2)$$

$$\text{সমীকরণ (1) ও (2) থেকে পাই, } \frac{6.908}{t} = \frac{0.693}{t_{1/2}} ; \therefore \frac{t}{t_{1/2}} = \frac{6.908}{0.693} = 9.97 \approx 10 \text{ (প্রায়) প্রমাণিত।}$$

গাণিতিক সমস্যা-৮।  $500^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় সাইক্লো বিউটেন ( $\text{C}_4\text{H}_8$ ) এর বিয়োজন একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়া। এ বিক্রিয়ার হার প্রতিক  $9.2 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ । উক্ত নমুনার  $1.0 \text{ M}$  দ্রবণের  $90\%$  বিয়োজন হতে কত সময় লাগবে? [চুরোট ২০১৮-'১৫]

সমাধান : এক্ষেত্রে  $a = 1.0 \text{ mol}$ ,  $x = 0.9 \text{ mol}$ ,  $(a - x) = (1 - 0.9) = 0.1 \text{ mol}$

$$k_1 = 9.2 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1} \text{, সময়, } t = ?$$

$$\therefore k_1 = \frac{1}{t} \times \ln \frac{a}{(a-x)} ; t = \frac{1}{9.2 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}} \times \ln \frac{1.0}{0.1} ; \text{ বা, } t = \frac{2.303 \times 10^3 \text{ s}}{9.2} = 250.33 \text{ s (উত্তর)} .$$

গাণিতিক সমস্যা-৯। গ্যাসীয় অবস্থায় সাইক্লোপ্রোপেন থেকে সাইক্লোপ্রোপিন তৈরি একটি ১ম ক্রম বিক্রিয়া।  $500^{\circ}\text{C}$ -এ  $k_1 = 6.7 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$  হয়। [চুরোট (খুলনা) ২০১৬-'১৭]

(ক) সাইক্লোপ্রোপেনের প্রাথমিক ঘনমাত্রা  $0.25 \text{ M}$  হলে  $8.8 \text{ min}$  পর এর ঘনমাত্রা কত হবে?

(খ) সাইক্লোপ্রোপেনের ঘনমাত্রা  $0.25 \text{ M}$  থেকে হাস পেয়ে  $0.15 \text{ M}$  হতে কত সময় লাগবে?

সমাধান : (ক) এক্ষেত্রে,  $a = 0.25 \text{ M}$ ,  $t = 8.8 \text{ min}$ ,  $k_1 = 6.7 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ,  $(a - x) = ?$

$$\therefore k_1 = \frac{1}{t} \times \ln \frac{a}{(a-x)} ; \text{ বা, } 6.7 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1} = \frac{1}{8.8 \times 60 \text{ s}} \times \ln \frac{0.25}{(a-x)}$$

$$\text{বা, } 0.35376 = \ln \frac{0.25}{(a-x)} ; \text{ উভয় দিকে anti-} \ln \text{ নিয়ে পাই,}$$

$$1.4244 = \frac{0.25}{(a-x)} ; \text{ বা, } (a-x) = \frac{0.25}{1.4244} = 0.175 \text{ M (উত্তর)} .$$

(খ) এক্ষেত্রে,  $a = 0.25 \text{ M}$  এবং  $(a - x) = 0.15 \text{ M}$ ;  $t = ?$ ;  $k_1 = 6.7 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$

$$\therefore k_1 = \frac{1}{t} \times \ln \frac{a}{(a-x)} ; \text{ বা, } t = \frac{1}{6.7 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}} \times \ln \frac{0.25}{0.15} = \frac{0.5108 \times 10^4 \text{ s}}{6.7}$$

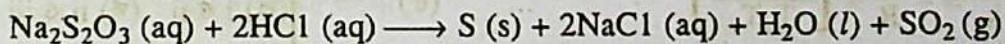
$$\text{বা, } t = 762.4 \text{ sec} = 12.7 \text{ min (উত্তর)} .$$

### ৪.৩.২ বিক্রিয়ার হারের ওপর প্রভাব বিস্তারকারী নিয়ামকসমূহ

#### Factors that Affect the Rate of a Reaction

একই বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ার হারের ওপর প্রভাব বিস্তারকারী প্রধান নিয়ামকসমূহ হলো তাপমাত্রা, চাপ ও ঘনমাত্রা।  $\Delta T > 0$

(১) তাপমাত্রা (Temperature) : সাধারণত তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে বিক্রিয়ার হারও বৃদ্ধি পায়। যেমন, সোডিয়াম থায়োসালফেট ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) এবং  $\text{HC}_1\text{এসিডের}$  বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে দেখা যায়  $20^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় সালফারের অধঃক্ষেপণ হার যতো হয়;  $30^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় সালফারের অধঃক্ষেপণ হার এর দ্বিগুণের বেশি হয়।



বিক্রিয়ার হারের ওপর তাপমাত্রার প্রভাব ও এর ব্যাখ্যা (Impact of Temp. on Reaction Rate) : 1889 খ্রিস্টাব্দে প্রখ্যাত বিজ্ঞানী এস. আরহেনিয়াস, (S. Arrhenius) সর্বপ্রথম বিক্রিয়ার হারের ওপর তাপমাত্রার প্রভাব অনুধাবন করেন। তিনি প্রমাণ করেন যে, সাধারণভাবে  $10^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রায় সব বিক্রিয়ার হার দ্বিগুণ বা তিনগুণ বৃদ্ধি পায়। এর কারণ হলো—

\* (i) তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে বিক্রিয়ক অণু বা আয়নগুলোর গতিবেগ বৃদ্ধি পায়।

\* (ii) অণুগুলোর মধ্যে সংঘর্ষের হার বৃদ্ধি পায়।

\* (iii) অধিকতর সংখ্যক বিক্রিয়ক অণু বিক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় সক্রিয়ণ শক্তি স্বাভ করে বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে থাকে।

(ক) সক্রিয়ণ শক্তি (activation energy) : কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো বিক্রিয়ার বিক্রিয়কের একটি অংশ পারস্পরিক আণবিক সংঘর্ষ দ্বারা বা অন্য কোনো উপায়ে বিক্রিয়কের গড় শক্তি অপেক্ষা যে পরিমাণ অধিক শক্তি লাভ করে বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণের উপযুক্তা অর্জন করে, তাকে ঐ বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি বলে। বিক্রিয়কের যে অণুসমূহ উক্ত সক্রিয়ণ শক্তি লাভ করে তাদেরকে বলা হয় সক্রিয় অণু (activated molecules)। সক্রিয় অণুগুলোই কেবল বিক্রিয়ায় অংশ নিতে পারে এবং অবশিষ্ট অণুগুলো সক্রিয়ণকৃত না হওয়া পর্যন্ত বিক্রিয়ায় অংশ নিতে পারে না।

বিজ্ঞানী অ্যারহেনিয়াস তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সক্রিয়ণ শক্তি ও বিক্রিয়ার হারের বৃদ্ধি প্রকাশক একটি গাণিতিক সমীকরণ উভাবন করেন; এটি **অ্যারহেনিয়াস সমীকরণ** নামে পরিচিত। অ্যারহেনিয়াস সমীকরণটি নিম্নরূপ :

$$k = p \cdot Z \cdot e^{-E_a/RT}$$

rate constant  
 হার ধ্রুবক  
 steric factor  
 স্থানিক দিক  
 বিল্যাস  
 collision rate  
 সংঘর্ষ হার  
 fraction of molecules with activated energy to react  
 সক্রিয় শক্তি প্রাপ্ত  
 মোট অণুর ভগ্নাংশ

আবার  $p \times Z$  এ দুটি রাশিকে একত্রে A প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়। তখন A কে বলা হয় অ্যারহেনিয়াস ফ্রিক্যুয়েন্সি ফ্যাক্টর এবং অ্যারহেনিয়াস সমীকরণটির নতুন রূপ হয় :  $k = A \cdot e^{-E_a/RT}$

এখানে,  $E_a$  = বিক্রিয়কের সক্রিয়ণ শক্তি, R = সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক,  $8.3 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  T = কেলভিন তাপমাত্রা অ্যারহেনিয়াস সমীকরণের উভয় পার্শ্বে natural logarithm নিয়ে পাই,

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT} \quad \dots (1) \quad \text{অথবা, } \log k = \log A - \frac{E_a}{2.303 RT}$$

$T_1$  ও  $T_2$  তাপমাত্রায় যদি বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক যথাক্রমে  $k_1$  ও  $k_2$  হয়; তবে সমীকরণ (1) থেকে পাই,

$$\ln k_1 = \ln A - E_a/RT_1 \quad \dots (2); \quad \ln k_2 = \ln A - E_a/RT_2 \quad \dots (3)$$

এখন (3) নং সমীকরণ থেকে (2) নং সমীকরণ বিয়োগ করে পাই-

$$\ln k_2 - \ln k_1 = - E_a/RT_2 + E_a/RT_1$$

$$\text{বা, } \ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{- E_a}{R} \left[ \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right] \quad \dots (4)$$

$$\text{বা, } \ln \frac{k_2}{k_1} = - \frac{E_a}{R} \times \left[ \frac{T_1 - T_2}{T_1 T_2} \right] \quad \dots (5)$$

$$\text{বা, } \log \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{2.303 R} \times \left[ \frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2} \right] \quad \dots (6)$$

**MCQ-4.5 :** রাসায়নিক বিক্রিয়ার হারের ওপর প্রভাব আছে—

- (i) তাপমাত্রা (ii) ঘনমাত্রা (iii) চাপের নিচের কোনটি সঠিক?
- (ক) i ও ii (খ) ii ও iii
- (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

(খ) দুই ভিন্ন তাপমাত্রায় বিক্রিয়া হারের তুলনা : পরীক্ষার মাধ্যমে  $27^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় নির্ণীত অধিকাংশ বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তির মান,  $E_a = 55 \text{ kJ mol}^{-1}$  বা,  $55000 \text{ J mol}^{-1}$  হয়। মনে করি,  $27^{\circ}\text{C}$  ও  $37^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় কোনো বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক যথাক্রমে  $k_1$  ও  $k_2$ । এক্ষেত্রে  $10^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে ঐ বিক্রিয়ার হারের তুলনা করা হলো :

অ্যারহেনিয়াসের সমীকরণ মতে,

$$\log \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{2.303 R} \times \left[ \frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2} \right]$$

$$\text{এক্ষেত্রে, } E_a = 55 \text{ kJ mol}^{-1} = 55000 \text{ J mol}^{-1}$$

$$\text{গ্যাস ধ্রুবক, } R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{তাপমাত্রা, } T_1 = (27 + 273) \text{ K} = 300 \text{ K}$$

$$\text{তাপমাত্রা, } T_2 = (37 + 273) \text{ K} = 310 \text{ K}$$

$$\therefore \log \frac{k_2}{k_1} = \frac{55000 \text{ J mol}^{-1} \times (310 - 300) \text{ K}}{2.303 \times 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 300 \times 310 \text{ K}^2}$$

$$\therefore \log \frac{k_2}{k_1} = 0.30887$$

$$\therefore \frac{k_2}{k_1} = \log^{-1}(0.30887) = 2.036 \approx 2 \text{ (প্রায়)}.$$

$\therefore k_2 = 2k_1$ ; সুতরাং  $27^\circ\text{C}$  তাপমাত্রা থেকে  $10^\circ\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে প্রায় সব বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক দিগ্নে হয়ে থাকে।

উদাহরণ :  $10^\circ\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে কোনো বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক অণুসমূহ কীরণ সক্রিয়ণ শক্তি লাভ করে তা গণনা করা হলো।

$27^\circ\text{C}$ -এ কোনো অধিকাংশ বিক্রিয়ার নির্ণিত প্রয়োজনীয় সক্রিয়ণ শক্তি,  $E_a = 50 \text{ kJ mol}^{-1}$  বা,  $50,000 \text{ J mol}^{-1}$

সুতরাং অ্যারহেনিয়াস সমীকরণ মতে সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে  $300 \text{ K}$  তাপমাত্রায়  $50 \text{ kJ mol}^{-1}$  সক্রিয়ণ শক্তি প্রাপ্ত মোট অণুর ভগ্নাংশ ( $e^{-E_a/RT}$ ) নিম্নরূপে হিসাব করা যায়। মোট অণুর ভগ্নাংশ ফ্যাক্টর,  $f = e^{-E_a/RT}$  ধরা হয়।

$$\therefore f = e^{-E_a/RT} = e^{\frac{-50,000}{8.3 \times 300}} = e^{-20.08} = 1.90 \times 10^{-9} = \frac{19}{10^{10}}$$

অর্থাৎ  $300 \text{ K}$  তাপমাত্রায়  $10^{10}$  টি অণুর মধ্যে 19টি অণু ঐ পরিমাণ সক্রিয়ণ শক্তি পেয়ে বিক্রিয়ার অংশ নেয়। আবার  $310 \text{ K}$  তাপমাত্রায় একই বিক্রিয়ায় ঐ একই সক্রিয়ণ শক্তি প্রাপ্ত মোট অণুর ভগ্নাংশ ফ্যাক্টর হলো :

$$f = e^{-E_a/RT} = e^{\frac{-50,000}{8.3 \times 310}} = e^{-19.48} = 3.63 \times 10^{-9} = \frac{36.3}{10^{10}}$$

অর্থাৎ  $310 \text{ K}$  তাপমাত্রায়  $10^{10}$  টি অণুর মধ্যে 36টি অণু ঐ সক্রিয়ণ শক্তি পেয়ে বিক্রিয়ার অংশ নেয়।

সুতরাং  $10 \text{ K}$  বা  $10^\circ\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে একই বিক্রিয়ার দিগ্নে সংখ্যক বিক্রিয়ক অণু সক্রিয়ণ শক্তি লাভ করে এবং বিক্রিয়ার হার প্রায় দিগ্নে বৃদ্ধি করেছে।

(গ) লেখচিত্র দ্বারা সক্রিয়ণ শক্তির গণনা :

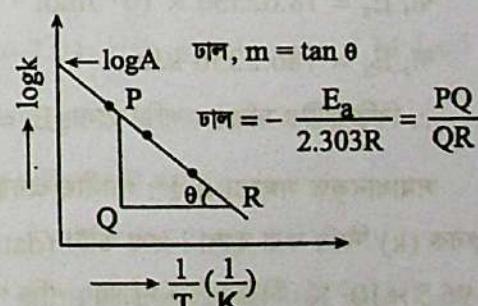
অ্যারহেনিয়াসের সমীকরণ অনুসারে,

$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}} \text{ বা, } \ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT}$$

$$\text{বা, } 2.303 \log k = 2.303 \log A - \frac{E_a}{RT}$$

$$\text{বা, } \log k = - \left( \frac{E_a}{2.303R} \right) \frac{1}{T} + \log A \dots (6)$$

(৬) নং সমীকরণটি সরলরেখার সমীকরণ,  $y = mx + c$  নির্দেশ করে।



চিত্র-৪.২ :  $\log k$  বনাম  $\frac{1}{T}$  এর লেখচিত্র

সুতরাং  $\log k$  বনাম  $\frac{1}{T}$  এর লেখচিত্র অঙ্কন করলে একটি সমরেখা পাওয়া যায়, যার ঢাল,  $m = -\frac{E_a}{2.303R}$  হয়।

$$* \text{এক্ষেত্রে ঢালের একক } = \frac{-E_a \text{ এর একক}}{R \text{ এর একক}} = \frac{-J \cdot mol^{-1}}{J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}} = -K \text{ (কেলভিন)}$$

\* লক্ষ্য কর, অ্যারহেনিয়াস সমীকরণের লেখচিত্রের ঢাল হলো ঝণাঞ্চক কেলভিন ( $K$ ); কিন্তু সক্রিয়ণ শক্তি ( $E_a$ ) এর মান ধনাঞ্চক। এ থেকে বোঝা যায়, কোনো প্রদত্ত তাপমাত্রা বৃদ্ধির ক্ষেত্রে কোনো নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার জন্য সক্রিয়ণ শক্তি যতোই বেশি হবে, লেখচিত্রে ঢাল ততোই খাড়া (steeper) হবে এবং বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক ততোই বেশি হবে।

$$* \log k \text{ বনাম } T^{-1} \text{ লেখচিত্রের বেলায়, যখন ঢাল, } m = \frac{-E_a}{2.303R} \text{ হয়, তখন } E_a = -2.303R \times \text{ ঢালের মান (K)}$$

$$* \ln k \text{ বনাম } T^{-1} \text{ লেখচিত্রের বেলায়, যখন ঢাল, } m = \frac{-E_a}{R} \text{ হয়, তখন } E_a = -R \times \text{ ঢালের মান (K)}$$

\* কোনো বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি ( $E_a$ ) নির্ণয় করতে হলে প্রথমে বিভিন্ন তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির হার ধ্রুবকের ( $k$ ) মান নির্ণয় করে  $\log k$  বনাম  $\frac{1}{T}$  এর লেখচিত্র অঙ্কন করা হয়। এর ফলে যে সরলরেখা পাওয়া যায়। চিত্রে এর ঢাল থেকে বিক্রিয়াটির সক্রিয়ণ শক্তি গণনা করা হয়।

\* **অ্যারহেনিয়াস সমীকরণ শুধু সমসত্ত্ব গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে নয়; বরং দ্রবণে সংঘটিত বিক্রিয়া অথবা অসমসত্ত্ব বিক্রিয়ার ক্ষেত্রেও এটি সম্ভাবে প্রযোজ্য।**

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৪ :** গ্যাসীয় অবস্থায়  $H_2$  এর বিয়োজন বিক্রিয়ায় ভিন্ন ভিন্ন কেলভিন তাপমাত্রায় ( $T$ ) হার ধ্রুবক ( $k$ ) নির্ণয় শেষে  $\ln k$  বনাম  $T^{-1}$  লেখচিত্র (গ্রাফ) অঙ্কন করে প্রাপ্ত সরলরেখার ঢাল পাওয়া গেল  $-2.24 \times 10^4 K$  বিক্রিয়াটির সক্রিয়ণ শক্তি কতো?

দক্ষতা :  $\ln k$  বনাম  $T^{-1}$  লেখচিত্রের বেলায় সরলরেখার ঢাল,  $m = \frac{-E_a}{R}$  হয়। কারণ তখন,

$$\text{মূল সমীকরণ } \ln k = \frac{-E_a}{R} \times \frac{1}{T} + \ln A$$

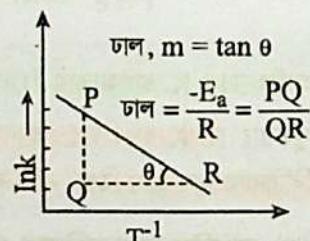
সমাধান : সক্রিয়ণ শক্তি,  $E_a = -\text{ঢাল} \times R$

$$\therefore E_a = -(-2.24 \times 10^4 K) \times 8.314 Jmol^{-1} K^{-1}$$

$$\text{বা, } E_a = 18.62336 \times 10^4 Jmol^{-1}$$

$$\text{বা, } E_a = 186.2336 kJmol^{-1}$$

$$\therefore \text{বিক্রিয়াটির সক্রিয়ণ শক্তি হলো, } E_a = 186.2336 kJmol^{-1}.$$



$$\text{প্রশ্নমতে, } \text{ঢাল, } m = -2.24 \times 10^4 K$$

$$R = 8.314 Jmol^{-1} K^{-1}$$

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৫ :** গ্যাসীয় অবস্থায়  $N_2O_5$  এর বিয়োজন বিক্রিয়ায় ভিন্ন ভিন্ন কেলভিন তাপমাত্রায় ( $T$ ) হার ধ্রুবক ( $k$ ) নির্ণয় করা হলো। প্রাপ্ত ডাটা (data) থেকে  $\log k$  বনাম  $T^{-1}$  লেখচিত্র অঙ্কন করে প্রাপ্ত সরলরেখার ঢাল হয়  $-96.5 \times 10^2 K$ । বিক্রিয়াটির সক্রিয়ণ শক্তি গণনা কর।

দক্ষতা :  $\log k$  বনাম  $T^{-1}$  লেখচিত্রে সরলরেখার ঢাল,  $m = \frac{-E_a}{2.303 R}$  হয়। কারণ তখন,

$$\text{মূল সমীকরণ } \log k = \frac{-E_a}{2.303 R} \times \frac{1}{T} + \log A.$$

সমাধান : সক্রিয়ণ শক্তি,  $E_a = - \text{জল} \times 2.303 \text{ R}$

$$\therefore E_a = - (-96.5 \times 10^2 \text{ K}) \times 2.303 \times 8.314 \text{ Jmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{বা, } E_a = 1847.7 \times 10^2 \text{ Jmol}^{-1}$$

$$\text{বা, } E_a = 184.77 \text{ kJmol}^{-1}$$

$$\therefore \text{সক্রিয়ণ শক্তি, } E_a = 184.77 \text{ kJmol}^{-1}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৬ : গ্যাসীয় অবস্থায় HI এর বিযোজন হার ক্রমক 283°C ও 508°C-এ যথাক্রমে,  $k_1 = 3.52 \times 10^{-7} (\text{M}^{-1}\text{s}^{-1})$  এবং  $k_2 = 3.95 \times 10^{-2} (\text{M}^{-1}\text{s}^{-1})$  হয়।  $2\text{HI(g)} \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$

(ক) প্রদত্ত তাপমাত্রাদ্বয়ের বেলায় বিক্রিয়ার হার ক্রমকের মান থেকে বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি বের কর।

(খ) 283°C-এ হার ক্রমক ও (ক) থেকে নির্ণীত  $E_a$  এর মান থেকে 293°C এ বিক্রিয়াটির হার ক্রমক ( $k_3$ ) বের কর।

দক্ষতা (Strategy) : অ্যারহেনিয়াসের সমীকরণ,  $\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{-E_a}{R} \times \left[ \frac{T_1 - T_2}{T_1 T_2} \right]$

এর মধ্যে  $T_1$  ও  $T_2$  এর সংশ্লিষ্ট মান বসিয়ে  $E_a$  (সক্রিয়ণ শক্তি) নির্ণয় সম্ভব।

সমাধান (Solution) : (ক)  $k_1 = 3.52 \times 10^{-7} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$  এবং  $T_1 = 556\text{K}$  (283°C)।

$k_2 = 3.95 \times 10^{-2} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$  এবং  $T_2 = 781\text{K}$  (508°C).  $R = 8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .

$$\therefore \ln \frac{3.95 \times 10^{-2} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}}{3.52 \times 10^{-7} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}} = \frac{-E_a}{8.314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}} \times \left( \frac{556 - 781}{556 \times 781} \right) \text{ K}^{-1}$$

$$\text{বা, } 11.628 = \frac{-E_a \times \text{mol}}{8.314 \text{ J}} \times (-5.18 \times 10^{-4})$$

$$\text{বা, } E_a = 1.87 \times 10^5 \text{ J/mol} = 187 \text{ kJ/mol.}$$

(খ) অ্যারহেনিয়াসের সমীকরণে  $k_1 = 3.52 \times 10^{-7} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$ ,  $T_1 = 556\text{K}$

**MCQ-4.6 :** বিক্রিয়ার হারের একক কী? [সি. বো. ২০১৭]

(ক)  $\text{mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$  (খ)  $\text{mol L s}^{-1}$

(গ)  $\text{mol dm}^{-3} \text{ s}^{-1}$  (ঘ)  $\text{mol}^{-1} \text{ L s}$

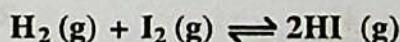
$E_a = 1.87 \times 10^5 \text{ J/mol}$  এবং  $T_3 = 566\text{K}$  বসিয়ে  $T_3$  তাপমাত্রায়  $k_3$  বের করতে হবে।

$$\ln \frac{k_3}{3.52 \times 10^{-7} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}} = \frac{-1.87 \times 10^5 \text{ Jmol}^{-1}}{8.314 \text{ Jmol}^{-1} \text{ K}^{-1}} \times \frac{(556 - 566)}{556 \times 566} \text{ K}^{-1} = 0.715$$

$$\text{উভয় দিকে অ্যান্টিলন নিয়ে পাই: } \frac{k_3}{3.52 \times 10^{-7} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}} = e^{0.715} = 2.04; \therefore k_3 = 7.18 \times 10^{-7} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$$

মন্তব্য : লক্ষ কর এক্ষেত্রে 10°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে বিক্রিয়াটির 'হার ক্রমক' এর মান দ্বিগুণ হয়েছে।

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৭ :  $\text{H}_2$  ও  $\text{I}_2$  এর বিক্রিয়ায় HI উৎপাদনের সমীকরণটি হলো—



227°C ও 257°C তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির বেগ ক্রমকের মান যথাক্রমে  $1.95 \times 10^{-4} \text{ L. mol}^{-1}\text{s}^{-1}$  ও  $1.75 \times 10^{-3} \text{ L. mol}^{-1}\text{s}^{-1}$  হলে বিক্রিয়াটির সক্রিয়ণ শক্তির মান গণনা কর।

দক্ষতা : অ্যারহেনিয়াস সমীকরণ,  $\log \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{2.303R} \times \left[ \frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2} \right]$  ব্যবহৃত হবে।

$$\text{সমাধান : } \log \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{2.303R} \left( \frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2} \right)$$

$$\therefore \log \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{2.303R} \left( \frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2} \right)$$

$$\log \frac{1.75 \times 10^{-3}}{1.95 \times 10^{-4}} = \frac{E_a \times 10^3}{2.303 \times 8.314} \left( \frac{530 - 500}{500 \times 530} \right)$$

$$\therefore E_a = 161.18 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$\therefore \text{বিক্রিয়াটির সক্রিয়ণ শক্তি} = 161.18 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

এখানে,  $k_1 = 227^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় বেগ ধ্রুবকের মান  
 $= 1.95 \times 10^{-4} \text{ L. mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$

$k_2 = 257^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় বেগ ধ্রুবকের মান  
 $= 1.75 \times 10^{-3} \text{ L. mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$

$T_1 = \text{প্রথম তাপমাত্রা} = (227 + 273) \text{ K} = 500 \text{ K}$

$T_2 = \text{শেষ তাপমাত্রা} = (257 + 273) \text{ K} = 530 \text{ K}$

$R = \text{মোলার গ্যাস ধ্রুবক} = 8.314 \text{ Jmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

$= 8.314 \times 10^{-3} \text{ kJmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

$E_a = \text{সক্রিয়ণ শক্তি} = ?$

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৮ :  $45^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় একটি বিক্রিয়ার বেগ ধ্রুবক  $35^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় এর বেগ ধ্রুবকের দ্বিগুণ হলে বিক্রিয়াটির সক্রিয়ণ শক্তি কত?

দক্ষতা : অ্যারহেনিয়াস সমীকরণ ব্যবহৃত হবে।

$$\text{সমাধান : } \log \frac{k_1}{k_2} = \frac{-E_a}{2.303R} \left[ \frac{T_2 - T_1}{T_2 T_1} \right]$$

$$\text{বা, } \log \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{2.303R} \left[ \frac{T_2 - T_1}{T_2 T_1} \right]$$

$$\text{বা, } \log 2 = \frac{E_a}{2.303 \times 8.314} \times \frac{10}{318 \times 308}$$

$$\text{বা, } E_a = \frac{0.301 \times 2.303 \times 8.314 \times 318 \times 308}{10}$$

$$\text{বা, } E_a = 56447.96 \text{ J/mol} ; \therefore E_a = 56.45 \text{ kJ/mol}$$

$$\therefore \text{সক্রিয়ণ শক্তি, } E_a = 56.45 \text{ kJ/mol}$$

এখানে,  $T_1 = (35 + 273) = 308 \text{ K}$

এবং  $T_2 = (45 + 273) = 318 \text{ K}$

$R = 8.314 \text{ Jmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

মনে করি,  $T_1$  তাপমাত্রায় বেগ ধ্রুবক =  $k_1$

এবং  $T_2$  তাপমাত্রায় বেগ ধ্রুবক =  $2k_1$

$E_a = ?$

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৯ : নাইট্রোজেন পেন্টাওয়াইডের বিযোজন ( $2\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow 4\text{N}_2\text{O}_4 + \text{O}_2$ ) হার ধ্রুবকের মান  $25^\circ\text{C}$  ও  $65^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় যথাক্রমে  $3.46 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  ও  $4.87 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ । এ বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তির মান কত হবে? ( $R = 8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ )

দক্ষতা : অ্যারহেনিয়াস সমীকরণ ব্যবহৃত হবে।

$$\text{সমাধান : } \log \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{2.303 R} \left( \frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2} \right)$$

$$\text{বা, } \log \frac{4.87 \times 10^{-3}}{3.46 \times 10^{-5}} = \frac{E_a}{2.303 \times 8.314} \left( \frac{338 - 298}{298 \times 338} \right)$$

$$\text{বা, } \log 1.407 \times 10^2 = \frac{E_a}{19.147} \times \frac{40}{1.007 \times 10^5}$$

$$\text{বা, } 2.1482 = E_a \times 2.07459 \times 10^{-5}$$

$$\text{বা, } E_a = \frac{2.1482}{2.07459 \times 10^{-5}} = 10.3549 \times 10^4 \text{ Jmol}^{-1}$$

$$\therefore E_a = 10.3549 \times 10^4 \text{ Jmol}^{-1} = 103.549 \text{ kJmol}^{-1}$$

এখানে,  $T_1 = (25 + 273) = 298 \text{ K}$

এবং  $T_2 = (65 + 273) = 338 \text{ K}$

$k_1 = 3.46 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$

$k_2 = 4.87 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$

$R = 8.314 \text{ Jmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

$E_a = ?$

শিক্ষার্থীর কাজ-৩.৩ : অ্যারহেনিয়াস সমীকরণভিত্তিক :

সমস্যা-৮.১৫ (ক) : বিজ্ঞানী অ্যাবাহেনিয়াস প্রমাণ করেন যে,  $10^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য বিক্রিয়ার হার দিগ্নে বৃদ্ধি পায়। এর কারণ ব্যাখ্যা কর। [অনুধাবনভিত্তিক]

সমস্যা-৮.১৫ (খ) : অ্যারহেনিয়াসের সমীকরণ  $k = p.z.e^{-Ea/RT}$  এর ক্ষেত্রে তাপমাত্রা  $T_1$  ও  $T_2$  এর বেলায় হার প্রুবক  $k_1$  ও  $k_2$  ধরে  $\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{-Ea}{R} \times \left[ \frac{T_1 - T_2}{T_1 \times T_2} \right]$  সমীকরণটি প্রতিষ্ঠা কর। [অনুধাবনভিত্তিক]

সমস্যা-৮.১৫ (গ) : একটি বিক্রিয়ার ভিন্ন ভিন্ন তাপমাত্রায় বেগ প্রুবকের মান লেখচিত্র  $\log k$  বনাম  $T^{-1}$  এর বিপরীতে স্থাপন করে যে সরলরেখা পাওয়া যায় তার ঢাল  $-2.872 \times 10^3 \text{ K}$  হয়। বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তির মান নির্ণয় কর। [উ:  $55 \text{ kJ.mol}^{-1}$ ]

সমস্যা-৮.১৫ (ঘ) :  $\text{Ag}_2\text{CO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ag}_2\text{O}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$  এ বিক্রিয়ার বিভিন্ন তাপমাত্রায় বেগ প্রুবকের মান নির্ণয় করে  $\log k$  বনাম  $T^{-1}$  স্থাপন করে লেখচিত্র অঙ্কন করলে যে সরলরেখা পাওয়া যায় তার ঢাল  $-82 \text{ K}$ । বিক্রিয়াটির সক্রিয়ণ শক্তির মান গণনা কর। [উ:  $1.57 \text{ kJmol}^{-1}$ ]

সমস্যা-৮.১৫ (ঙ) :  $2 \text{HI(g)} \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$  এ বিক্রিয়ায় বিভিন্ন তাপমাত্রায় বেগ প্রুবকের মান নির্ণয় করে  $\ln k$  বনাম  $T^{-1}$  এর নিপরীতে অঙ্কিত লেখচিত্রে যে সরলরেখা পাওয়া যায় তার ঢাল  $-2.24 \times 10^4 \text{ K}$  হয়। বিক্রিয়াটির সক্রিয়ণ শক্তি গণনা কর। [উ:  $186.23 \text{ kJmol}^{-1}$ ]

সমস্যা-৮.১৬ :  $\text{N}_2\text{O}_5$  এর বিযোজন হার প্রুবক  $25^{\circ}\text{C}$  ও  $55^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় যথাক্রমে  $3.7 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$

এবং  $1.7 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$  হয়।  $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

(ক) এ বিক্রিয়ায় প্রয়োজনীয় সক্রিয়ণ শক্তি  $\text{kJ/mol}$  এককে কত হবে? [উ:  $103.67 \text{ kJ/mol}$ ]

(খ)  $35^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির হার প্রুবক কত হবে? [উ:  $1.44 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ]

সমস্যা-৮.১৭ (ক) :  $\text{HI}$  এর বিযোজন হার প্রুবক  $500 \text{ K}$  ও  $600 \text{ K}$  তাপমাত্রায় যথাক্রমে  $9.51 \times 10^{-9} \text{ L mol}^{-1}\text{s}^{-1}$  ও  $1.10 \times 10^{-5} \text{ L. mol}^{-1}\text{s}^{-1}$  হয়। এ বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি  $\text{kJ/mol}$  এককে কত হবে? [উ:  $1.76 \times 10^2 \text{ kJ/mol}$ ]

সমস্যা-৮.১৭ (খ) :  $2\text{HI(g)} \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$  এর বিযোজনের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে  $275^{\circ}\text{C}$  ও  $500^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার হার প্রুবকের মান যথাক্রমে  $3.50 \times 10^{-7} \text{ L mol}^{-1}\text{s}^{-1}$  ও  $3.92 \times 10^{-2} \text{ L mol}^{-1}\text{s}^{-1}$ । বিযোজনের সক্রিয়ণ শক্তির মান নির্ণয় কর। [উ:  $182.019 \text{ kJ.mol}^{-1}$ ]

সমস্যা-৮.১৭ (গ) :  $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$  এ বিযোজন বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে  $27^{\circ}\text{C}$  ও  $37^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির বেগ প্রুবকের মান যথাক্রমে  $2.25 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$  ও  $4.75 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$  হলে বিক্রিয়াটির সক্রিয়ণ শক্তির মান নির্ণয় কর। [উ:  $57.775 \text{ kJ.mol}^{-1}$ ]

সমস্যা-৮.১৮ : বিক্রিয়া  $2\text{NOCl(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO(g)} + \text{Cl}_2(\text{g})$  এর  $E_a$  হলো  $1.0 \times 10^2 \text{ kJ/mol}$  এবং  $500\text{K}$  তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির হার প্রুবক হলো  $0.286 \text{ L. mol}^{-1}\text{s}^{-1}$ । তবে  $490 \text{ K}$  তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির হার প্রুবক কত হবে? [উ:  $0.17505 \text{ L. mol}^{-1}\text{s}^{-1}$ ]

সমস্যা-৮.১৯ :  $45^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় কোনো বিক্রিয়ার হার প্রুবক  $35^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় হার প্রুবকের দিগ্নে হলে বিক্রিয়াটির সক্রিয়ণ শক্তি কত? ( $R = 8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ) [উ:  $56.44 \text{ kJmol}^{-1}$ ]

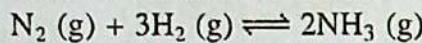
সমস্যা-৮.২০ :  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ ; এ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে  $45^{\circ}\text{C}$  ও  $85^{\circ}\text{C}$ -এ বিক্রিয়ার হার প্রুবকের মান যথাক্রমে  $2.25 \times 10^{-5} \text{ L. mol}^{-1}\text{s}^{-1}$  ও  $3.75 \times 10^{-5} \text{ L. mol}^{-1}\text{s}^{-1}$  হয়। এ বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি কত? [উ:  $12.1 \text{ kJmol}^{-1}$ ]

সমস্যা-৮.২১ :  $\text{NO}_2(\text{g}) + \text{CO(g)} \rightleftharpoons \text{NO(g)} + \text{CO}_2(\text{g})$ ; এ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে  $700 \text{ K}$  ও  $800 \text{ K}$  তাপমাত্রায় বিক্রিয়ার হার প্রুবকের মান যথাক্রমে  $1.3 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$  ও  $23.0 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$  হয়। এ বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি  $\text{kJ/mol}$  এককে কত? [উ:  $133.76 \text{ kJ/mol}$ ]

## (২) বিক্রিয়ার হারের ওপর চাপের প্রভাব (Affect of Pressure on Reaction Rate)

গ্যাসীয় মাধ্যমে বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে চাপ বৃদ্ধি করলে তখন গ্যাসের আয়তন সঙ্কুচিত হয়। এতে অল্প আয়তনে তুলনামূলকভাবে বেশি সংখ্যক গ্যাসীয় অণু থাকে। ফলে পদার্থের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পায়। ঘনমাত্রা বৃদ্ধির সাথে গ্যাসের অণুগুলোর মধ্যে সংঘর্ষের মাত্রা বৃদ্ধি পায়। তাই বিক্রিয়ার হারও বৃদ্ধি পায়।

হেবার সংশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় অ্যামেনিয়া গ্যাসের উৎপাদন সমীকরণ নিম্নরূপ :



এক্ষেত্রে ভর ক্রিয়া সূত্র মতে আংশিক চাপ প্রয়োগ করে সাম্যাবস্থায় পাই :

$$\therefore k_p = \frac{(P_{NH_3})^2}{P_{N_2} \times (P_{H_2})^3}, \text{ এখানে } P_{NH_3}, P_{N_2}, P_{H_2}, \text{ হলো সঠিক্ষিণ উপাদানের আংশিক চাপ [সাম্যাবস্থায়]}$$

মনে করি, সাম্যাবস্থায় তাদের মোল ভগ্নাংশ হলো  $X_{NH_3}$ ,  $X_{N_2}$ ,  $X_{H_2}$  এবং মোট চাপ হলো  $P$ ; তখন প্রত্যেকের আংশিক চাপ = মোল ভগ্নাংশ  $\times$  মোট চাপ,

$$\therefore P_{N_2} = X_{N_2} \times P; P_{H_2} = X_{H_2} \times P; P_{NH_3} = X_{NH_3} \times P;$$

$$\therefore k_p = \frac{(X_{NH_3} \times P)^2}{X_{N_2} \times P \times (X_{H_2} \times P)^3} = \frac{(X_{NH_3})^2}{X_{N_2} \times (X_{H_2})^3 \times P^2}$$

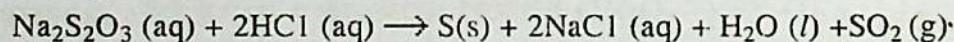
অর্থাৎ  $k_p$  এর সমীকরণে  $P^{-2}$  যেমন  $atm^{-2}$  বা,  $N^{-2}m^4$  জড়িত [ $\therefore$  চাপের একক =  $1Pa = 1Nm^{-2}$ ]

যেহেতু  $k_p$  হলো ধ্রুবক; তাই চাপ ( $P$ ) বৃদ্ধির সাথে অ্যামেনিয়ার মোল ভগ্নাংশ  $X_{NH_3}$  অবশ্যই বৃদ্ধি পেতে হবে এবং নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মোল ভগ্নাংশ  $X_{N_2}$  ও  $X_{H_2}$  হ্রাস পেতে হবে। সুতরাং চাপমাত্রা যতোই বৃদ্ধি করা হবে, অ্যামেনিয়া গ্যাসের উৎপাদন ততোই বৃদ্ধি পাবে। তখন সময় কম লাগে।

চিন্তা কর : নিচের কোন বিক্রিয়ায় নিম্ন চাপে উৎপাদ বেশি হবে?

- |  |  |
|--|--|
| (ক) $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$    | (খ) $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$ |
| (গ) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ | (ঘ) $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$      |

(৩) বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা (concentration of reactants) : ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে কোনো বিক্রিয়ার হার এর বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার সমানুপাতিক, সময় অতিক্রমের সাথে সাথে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার হ্রাস ঘটে। তাই সময় অতিক্রান্ত হওয়ার সাথে বিক্রিয়ার হারও হ্রাস পায়। আবার বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করলে বিক্রিয়ার গতিবেগ বৃদ্ধি পায়। যেমন সোডিয়াম থায়োসালফেট ও  $HCl$  এসিডের মধ্যে বিক্রিয়াটির যে কোনো একটি বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করলে প্রতি ক্ষেত্রে সালফারের অধঃক্ষেপণ হার বৃদ্ধি পায়; সময় কম লাগে।



সারণি-৪.২ : অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়ার হারের ওপর  $Na_2S_2O_3$  দ্রবণের ঘনমাত্রার প্রভাব

$Na_2S_2O_3$ দ্রবণের ঘনমাত্রা mol/L	0.01	0.02	0.04	0.08	0.1
অধঃক্ষেপণের সমাপ্তিকাল (s)	98	51	24	12	10

### ৪.৩.৩ তাপোৎপাদী বিক্রিয়া ও তাপহারী বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি

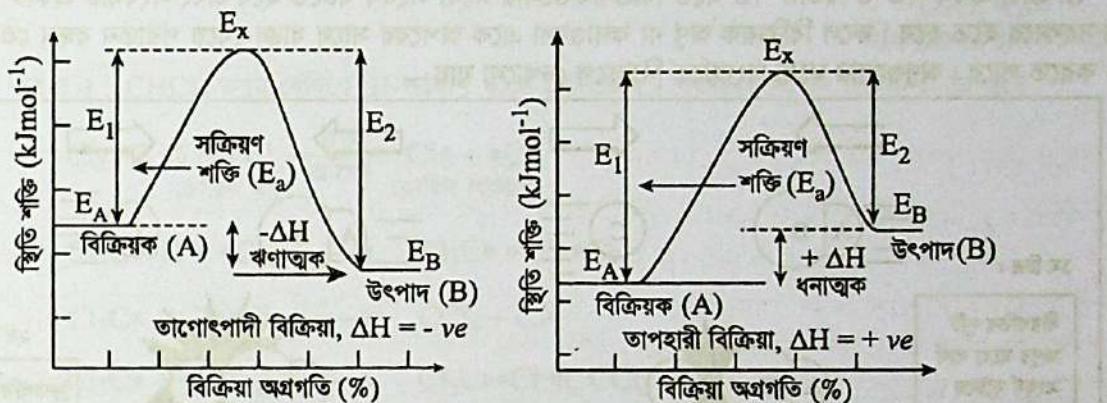
#### Activation Energy of Exothermic & Endothermic Reactions

সক্রিয়ণ শক্তি : প্রতিটি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় নতুন পদার্থ উৎপন্ন হয়। নতুন পদার্থ উৎপন্ন হতে হলে শক্তির প্রভাবে পরমাণুগুলোর মধ্যে পুরাতন বন্ধন ভাঙতে হয় এবং নতুন বন্ধন গড়তে হয়। অর্থাৎ কোনো বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পদার্থ উৎপাদ পদার্থে পরিণত হওয়ারকালে বিক্রিয়ক অণু বা কণাগুলোতে একটি ন্যূনতম শক্তি প্রয়োজন হয়। বিক্রিয়াকালে বিক্রিয়কের প্রয়োজনীয় এ 'ন্যূনতম শক্তি'কে সক্রিয়ণ শক্তি বা Activation energy বলে।

বিক্রিয়ার অংশগ্রহণকারী বস্তু কণার যে অংশ এ ন্যূনতম শক্তিমান অর্জন করতে পারে তারাই বিক্রিয়ার সক্রিয় কণা হিসেবে বিবেচিত হয়। ন্যূনতম শক্তিমাত্রাযুক্ত কণাগুলো বিক্রিয়ক ও উৎপাদের শক্তির মধ্যবর্তী একটি অস্থায়ী জটিল অবস্থায় অবস্থান করে। প্রারম্ভিক অবস্থায় বিক্রিয়ক কণার গড় শক্তি ( $E_A$ ) এবং অস্থায়ী জটিল অবস্থায় বস্তু কণার গড় শক্তি

$(E_x)$ -এর পার্থক্যকে  $(E_x - E_A)$  সক্রিয়ণ শক্তি বলে। বিক্রিয়ার সক্রিয়করণ শক্তিকে চির-৪.৩ (ক, খ) এ দেখানো হলো। চিরমতে, বিক্রিয়ক থেকে উৎপাদ অণু গঠনকালে বিক্রিয়ক অণুকে শক্তির একটি বাধা ( $E_x$  চূড়া) অতিক্রম করতে হয়। আর এ বাধা অতিক্রম করতে হলে তাদের একটি ন্যূনতম শক্তি  $(E_x - E_A)$  লাভ করতে হয়। এ শক্তির নাম বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি। অতএব বিক্রিয়া সংঘটিত হতে হলে বিক্রিয়ক বস্তু কণাকে এ সক্রিয়ণ শক্তি অর্জন করতে হয়।

- \* সক্রিয়ণ শক্তি যতো বেশি হয় এ শক্তি বিক্রিয়ক বস্তু কণার অর্জন করা ততো কষ্টকর হয় বলে এ শক্তি অর্জনকারী বস্তু কণার সংখ্যাও ততো কম হয়। ফলে বিক্রিয়ার গতি কমে যায়।
- \* অপরপক্ষে, সক্রিয়ণ শক্তির মান কম হলে তুলনামূলকভাবে সহজে অধিক সংখ্যক বিক্রিয়ক বস্তুকণা এ শক্তি অর্জন করে। ফলে বিক্রিয়ার গতি বেশি হয়।
- \* যে সব বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি কম সেসব বিক্রিয়া সহজে কম তাপমাত্রায় ঘটে। অপরদিকে যেসব বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি বেশি সে সব বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে উচ্চ তাপমাত্রা প্রয়োজন হয়।



চির-৪.৩ (ক) : তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি লেখ

(খ) : তাপহারী বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি লেখ

- \* যে সব বিক্রিয়ার বিক্রিয়কের স্থিতি শক্তি ( $E_A$ ) উৎপন্ন দ্রব্যের বা, উৎপাদের স্থিতি শক্তির ( $E_B$ ) চেয়ে বেশি হয়, সেসব ক্ষেত্রে অতিরিক্ত শক্তি  $(E_A - E_B)$  নির্গত হয় [(চির-৪.৩ (ক))। এ ধরনের বিক্রিয়াকে তাপোৎপাদী বিক্রিয়া বলে।
- \* যে সব বিক্রিয়ার বিক্রিয়কের স্থিতি শক্তি উৎপাদের স্থিতি শক্তির চেয়ে কম হয় অর্থাৎ উৎপাদের স্থিতি শক্তি বেশি হয়, তবে এ বিক্রিয়ায় তাপ শোষিত হয় [(চির-৪.৩(খ))। এ সব বিক্রিয়াকে তাপহারী বিক্রিয়া বলে।
- \* তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায় নির্গত তাপ বা তাপহারী বিক্রিয়ায় শোষিত তাপকে বিক্রিয়া তাপ বা এনথালপির পরিবর্তন ( $\Delta H$ ) বলে। তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায়  $\Delta H$  ঝণাঞ্চক [চির-৪.৩(ক)] এবং তাপহারী বিক্রিয়ায়  $\Delta H$  ধনাঞ্চক হয় [চির-৪.৩(খ)]।

তাপ উৎপাদী বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক কণাগুলো দ্রুতগতিতে ছুটেছুটি করে এবং অধিক সংখ্যক কণা সক্রিয়ণ শক্তি লাভ করে। ফলে তাপ উৎপাদী বিক্রিয়া দ্রুতগতিতে সম্পন্ন হয়। অপরদিকে, তাপহারী বিক্রিয়ার বস্তু কণার প্রারম্ভিক শক্তি উৎপাদের শক্তির চেয়ে কম অর্থাৎ  $E_A < E_B$  হয়। ফলে বিক্রিয়া সম্পাদিত হওয়ার সময় কিছু পরিমাণ শক্তি ( $E_B - E_A$ ) শোষিত হয়। তাই স্বাভাবিক নিয়মে তাপমাত্রা কমে যায় এবং বস্তু কণার গতি-শক্তিও কম থাকে। এ জাতীয় বিক্রিয়ার হার তুলনামূলকভাবে কম হয়।

\* লেখচির দ্বারা সক্রিয়ণ শক্তি গণনা : অনুচ্ছেদ-৪.৩.২ এর (গ) অংশে দেয়া সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৪, ৪.৫ দেখো।

#### ৪.৩.৮ রাসায়নিক বিক্রিয়ার সংঘর্ষ তত্ত্ব

##### Collision Theory of Chemical Reaction

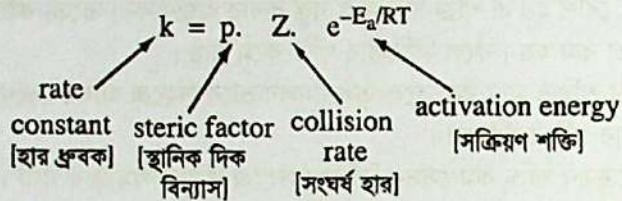
সংঘর্ষ তত্ত্ব : গ্যাসীয় অবস্থায় দ্বি-আণবিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সংঘর্ষ তত্ত্ব দ্বারা বিক্রিয়ার ধারা ব্যাখ্যা করা প্রথমত সম্ভব হলেও তা দ্রবণে বিক্রিয়কসমূহের বেলায়ও সমভাবে কার্যকরী প্রমাণিত হয়।

বিক্রিয়া সংঘটনের,

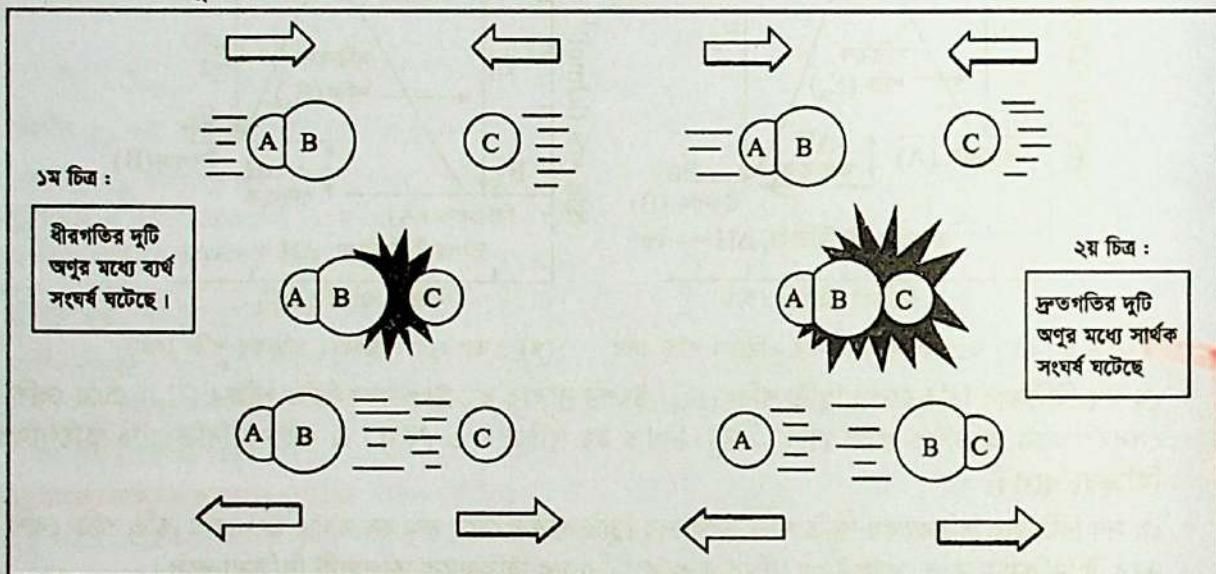
(১) প্রথম শর্ত হলো  $\longrightarrow$  বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী কণাগুলো যেমন অণু, পরমাণু বা আয়ন-এর মধ্যে সংঘর্ষ হতে হবে।

(২) দ্বিতীয় শর্ত হলো  $\rightarrow$  বিক্রিয়ক পদার্থের মধ্যে সংঘটিত "সংঘর্ষ" অবশ্যই একটি নির্দিষ্ট ন্যূনতম শক্তি সহযোগে হতে হবে।

(৩) তৃতীয় শর্ত হলো  $\rightarrow$  বিক্রিয়ক পদার্থের মধ্যে সংঘর্ষ একটি নির্দিষ্ট দিক বিন্যাস সহযোগে হতে হবে।  
উপরিউক্ত শর্তগুলোকে অ্যারহেনিয়াসের সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন—



ব্যাখ্যা : প্রথম শর্ত ও দ্বিতীয় শর্ত মতে বিক্রিয়কগুলোর মধ্যে সংঘর্ষ ঘটতে হবে এবং সংঘর্ষটি একটি নির্দিষ্ট ন্যূনতম শক্তিসহকারে হতে হবে। ফলে বিক্রিয়ক অণু বা কণাগুলো একে অপরের সাথে ধাক্কা খেয়ে পুরাতন বন্ধন ভেঙে নতুন বন্ধন সৃষ্টি করতে পারে। অণুগুলোর মধ্যে সংঘর্ষকে নিম্নরূপে দেখানো যায়—



চিত্র থেকে সূচিত যে, ১ম চিত্রে পর্যাণ শক্তি সহকারে সংঘর্ষ না ঘটায় অণুর পুরাতন বন্ধনের ভাঙন ঘটেনি। অণুগুলো ফিরে গেছে পূর্বের অবস্থায়। কিন্তু ২য় চিত্রে পর্যাণ শক্তিসহকারে উভয় অণুর মধ্যে সংঘর্ষ ঘটেছে। তাই A ও B এর মধ্যবর্তী পুরানো বন্ধন ভেঙে নতুনভাবে B ও C-এর মধ্যে বন্ধন সৃষ্টি হওয়ায় নতুন অণু BC উৎপন্ন হয়েছে। এক্ষেত্রে গতিশক্তি স্থিতিশক্তিক্রমে বন্ধন শক্তিতে রূপান্তরিত হয়েছে।

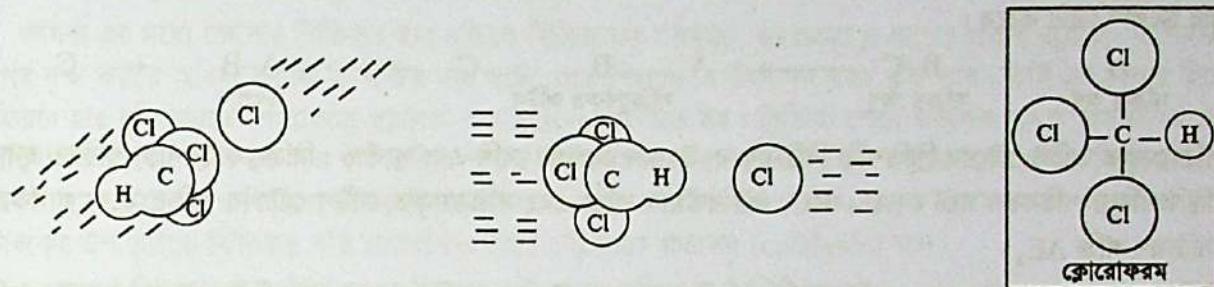
এখন তৃতীয় শর্ত মতে এ সংঘর্ষ উপর্যুক্ত শক্তিতে অণুর নির্দিষ্ট দিক থেকে ঘটতে হয়। এর ব্যাখ্যা নিম্নরূপ :

কোনো বিক্রিয়ক অণুর যে দিকে বড় গ্রহণ বা পরমাণু থাকে তার বিপরীত দিক থেকে কেন্দ্রীয় পরমাণুর সাথে অপর বিক্রিয়ক কণাগুলোর সংঘর্ষ ঘটলে তখন বিক্রিয়া ঘটতে পারে; নতুন বিক্রিয়া ঘটবে না। বড় গ্রহণের স্থানিক বিন্যাসের কারণে আক্রমণকারী বিক্রিয়ক যে বাধা পায়, একে বড় গ্রহণ কর্তৃক স্থানিক বাধা বা স্টেরিক বাধা (Steric hindrance) বলা হয়। যেমন—

ক্লোরোফরম ( $CHCl_3$ ) অণুতে একটি কার্বন পরমাণুর সাথে তিন দিক থেকে তিনটি বড় আকারের ক্লোরিন পরমাণু ও অপরদিকে একটি ছোট আকারের H-পরমাণু যুক্ত আছে; আলোর উপস্থিতিতে  $CHCl_3$  এবং  $Cl_2$ -এর বিক্রিয়াকালে প্রথমে ক্লোরিন অণু ( $Cl_2$ ) আলো শক্তির প্রভাবে বিযোজিত হলে অধিক সক্রিয় ক্লোরিন পরমাণু বা ফ্রি-রেডিকেলে পরিণত হয়।

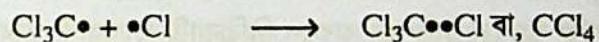
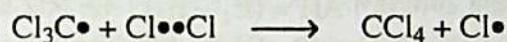
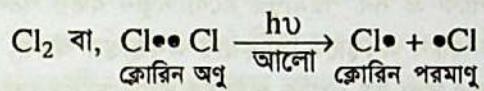
এখন অধিক সক্রিয় ক্লোরিন পরমাণু প্রত্যাশিত শক্তি নিয়ে  $CHCl_3$  অণুকে আক্রমণ করলেও তাদের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটবে না তা নির্ভর করে সংঘর্ষকালীন ক্লোরোফরম অণুর H-পরমাণুর ও  $Cl$ -পরমাণুর সঠিক দিক বিন্যাসের উপর।

ক্লোরোফরম অণুর যে দিকে H-পরমাণু থাকে সেদিকে Cl-পরমাণুর আক্রমণ ঘটলে, তবে বিক্রিয়া ঘটবে। অন্য তিনিদিকে আক্রমণ করলে বিক্রিয়া ঘটবে না।



CHCl<sub>3</sub> অণুতে  
পরমাণুগুলোর স্থানিক বিন্যাস

চিত্র-৪.৫ : CHCl<sub>3</sub> অণুর যেদিকে H-পরমাণু থাকে সেদিকে Cl পরমাণুর সার্থক সংঘর্ষ ঘটতে হবে।



সুতরাং সংঘর্ষ তত্ত্বের সারকথা : (i) বিক্রিয়ক কণাগুলোর মধ্যে ন্যূনতম শক্তির সংঘর্ষ ঘটবে; যা দ্বারা পুরাতন বন্ধন ভাঙবে এবং নতুন বন্ধন গড়বে। (ii) স্থানিক সঠিক দিক থেকে সংঘর্ষ ঘটতে হবে।

### ৪.৩.৫ রাসায়নিক বিক্রিয়ার অবস্থাতত্ত্ব

#### Transititon State Theory of Chemical Reaction

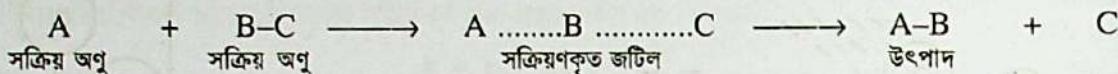
বিক্রিয়ার ওপর তাপমাত্রার প্রভাব সম্পর্কীয় বিজ্ঞানী অ্যারহেনিয়াসের সমীকরণ  $k = A \cdot e^{-E_a/RT}$  মতে, যেসব অণু বিক্রিয়ায় অংশ নেবে তাদেরকে বিক্রিয়কসমূহের গড় শক্তির চেয়ে বেশি এবং নির্দিষ্ট শক্তিসম্পন্ন হতে হবে; অন্যথায় বিক্রিয়কসমূহের মধ্যে কোনোরূপ বিক্রিয়া সম্ভবপুর নয়। পারম্পরিক সংঘর্ষ দ্বারা বা অন্য কোনোভাবে সিস্টেমে উপস্থিত অণুর একটি অংশ বিক্রিয়ার কোনো এক বিশেষ মুহূর্তে অতিরিক্ত মানের কিছু শক্তি লাভ করে এবং সক্রিয় অণুতে পরিণত হয়। বিক্রিয়ার পূর্বে বিক্রিয়ক অণু দ্বারা লক্ষ এ অতিরিক্ত মানের শক্তিই হলো সক্রিয়ণ শক্তি।

#### (ক) সক্রিয়ণ শক্তির সংজ্ঞা :

কোনো বিক্রিয়ায় পারম্পরিক আণবিক সংঘর্ষ দ্বারা বা অন্য কোনো উপায়ে বিক্রিয়কের একটি অংশ বিক্রিয়কের গড়শক্তি অপেক্ষা যে পরিমাণ অধিক শক্তি লাভ করে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণের উপযুক্ততা অর্জন করে, তাকে ঐ বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি (**activation energy, E<sub>a</sub>**) বলে। বিক্রিয়কের যে অণুসমূহ উক্ত সক্রিয়ণ শক্তি লাভ করে তাদেরকে বলা হয় সক্রিয় অণু। সক্রিয় অণুগুলোই কেবল বিক্রিয়ায় অংশ নিতে পারে এবং অবশিষ্ট অণুগুলো সক্রিয়ণকৃত না হওয়া পর্যন্ত বিক্রিয়ায় অংশ নিতে পারে না।

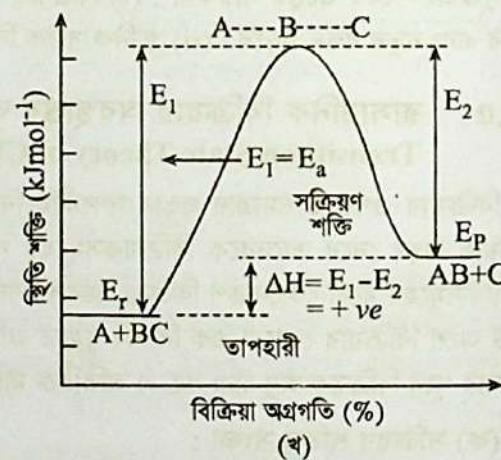
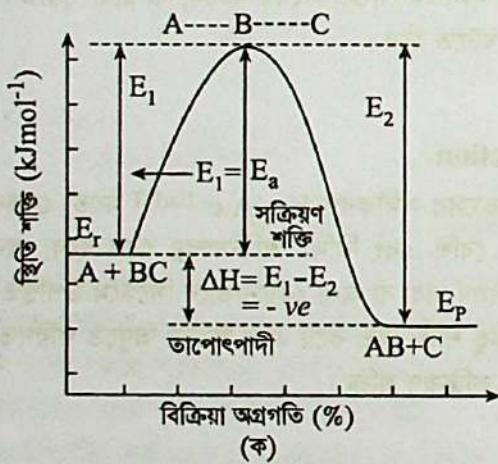
প্রয়োজনীয় সক্রিয়ণ শক্তি লাভ করার পর যখন দুটি সক্রিয় অণু পরম্পর নিকটে আসে, তখন তারা তাদের মধ্যস্থ পূর্বের বন্ধন ভেঙে নতুন বন্ধন গড়তে থাকে। উভয় সক্রিয় অণুর মধ্যস্থ বন্ধন ভাঙা-গড়ার ক্ষণস্থায়ী একপ অবস্থাকে সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগ (activated complex) গঠন অবস্থা বলে। রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার তাদের প্রস্তুতির উপর নির্ভর করে। পরে সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগ নির্দিষ্ট হারে বিযোজিত হয়ে উৎপাদ সৃষ্টি করে। উদাহরণস্বরূপ নিম্নোক্ত বিক্রিয়াটি বিবেচনা করা যাক।

এখানে A অণু যখন BC এর নিকটে আসতে থাকে তখন B ও C এর মধ্যকার বন্ধন ক্রমশ দূর্বল হবে এবং A ও B এর মধ্যে নতুন বন্ধন সৃষ্টি হতে থাকবে। শেষে A, B ও C একত্রে একটি সক্রিয়ণকৃত জটিল সৃষ্টি করবে, যা বিয়োজিত হয়ে বিক্রিয়ার উৎপাদ তৈরি করবে।



সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগের স্থিতিশক্তি বিক্রিয়ক বা উৎপাদ অপেক্ষা বেশ এবং সর্বোচ্চ। বিক্রিয়ক উৎপাদে পরিণত হবার সময় স্থিতিশক্তির পরিবর্তন ঘটে।  $(A + BC)$  এর বর্তমান শক্তি এবং সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগের শক্তির মধ্যে পার্থক্যই হলো সক্রিয়ণ শক্তি  $\Delta E_a$ ।

**বিক্রিয়ার অবস্থাও শক্তি-পর্বত :** বিক্রিয়ক থেকে উৎপাদে পরিণত হতে হলে বিক্রিয়ককে অবশ্যই একটি ‘শক্তির বাধা’ অতিক্রম করতে হবে। শক্তির এ বাধাকে শক্তি-পর্বত (Energy-hill) বলে। সক্রিয় অণু দ্বারা ‘শক্তি-পর্বত’ অতিক্রমের চূড়ান্ত পর্যায়ে অর্থাৎ যে অবস্থায় সক্রিয় অণুগুলো উৎপাদ অণুতে রূপান্তরিত হতে শুরু করে সে মুহূর্তে একদিকে পরমাণুগুলোর মধ্যে পূর্বের বক্ষনের ভাগে ঘটে; অপরদিকে ঐ সব পরমাণুর মধ্যে নতুন বক্ষন গঠন শুরু হয়। সক্রিয় অণুগুলোর মধ্যে পূর্বের বক্ষন ভাগে ও নতুন বক্ষন গঠনের একপ অবস্থাকে বিক্রিয়ার অবস্থান্তর অবস্থা বলা হয়। বিক্রিয়ার এ অবস্থান্তর অবস্থাকে ‘সক্রিয়ণকৃত জটিল গঠন’ অবস্থাও বলা হয়। শক্তি পর্বতের শীর্ষে সক্রিয়ণকৃত জটিল যৌগ এবং বায়দিকের পাদদেশে বিক্রিয়ক এবং ডান দিকের পাদদেশে উৎপাদ অবস্থান করে। পাদদেশে অবস্থানকালে বিক্রিয়কের স্থিতিশক্তি ও উৎপাদের স্থিতিশক্তির পার্থক্য হলো বিক্রিয়ার এনথালপি  $\Delta H = (E_1 - E_2)$ । যদি বিক্রিয়কের স্থিতিশক্তি স্তর ( $E_r$ ) অপেক্ষা উৎপাদের স্থিতিশক্তি স্তর ( $E_p$ ) নিচে হয় তবে বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদনী [চিত্র : ৪.৬ (ক)] বিক্রিয়কের স্থিতিশক্তি স্তর ( $E_r$ ) অপেক্ষা উৎপাদের স্থিতিশক্তি স্তর ( $E_p$ ) ওপরে থাকলে বিক্রিয়াটি তাপহারী হবে [চিত্র-৪.৬ (খ)]। উভয় চিত্র থেকে স্পষ্ট যে,  $\Delta H$  এর মান ( $E_r - E_p$ ) এর মানের সক্রিয়ণ শক্তির উপর নির্ভরশীল নয়।



চি-৪.৬ : স্থিতি শক্তি বনাম বিক্রিয়া অগ্রগতি (%) [বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি ও অবস্থানের অবস্থা]

(খ) বিক্রিয়ার হার ও সক্রিয়ণ শক্তির মাত্রার মধ্যে সম্পর্ক : কোনো বিক্রিয়ায় সক্রিয়ণ শক্তি লাভ করে বিক্রিয়ক যে হারে সক্রিয়ণকৃত জটিল যোগ গঠন করে মোট বিক্রিয়াটির পরীক্ষালক্ষ হার তার সমান হয়। অতএব, যে বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি বেশি তার গতির হার কম হবে এবং যে বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি কম তার গতির হার বেশি হবে। কেননা, সক্রিয়ণ শক্তি বেশি হলে অণুসমূহের পক্ষে সে পরিমাণ শক্তি সংগ্রহ করা কষ্টকর হয়ে পড়ে। অন্য কথায় বলা যায়, বিক্রিয়ক অণুসমূহের মধ্যে খুবই কমসংখ্যক অণু প্রয়োজনীয় অধিক সক্রিয়ণ শক্তি সম্পন্ন হয়ে সক্রিয় অণুতে পরিণত হয় এবং বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করতে পারে। ফলে ঐ বিক্রিয়ার হার কম হয়।

অপরদিকে সক্রিয়ণ শক্তি কম হলে একই সময়ে অনেক বেশি সংখ্যক বিক্রিয়ক অণু প্রয়োজনীয় কম সক্রিয়ণ শক্তি সম্পন্ন হয়ে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করতে পারে। ফলে ঐ বিক্রিয়ার হার বেশি হয়। সুতরাং **বিক্রিয়ার হার সক্রিয়ণ শক্তির মাত্রার ব্যস্তানুপাতিক**।

### ৪.৪ প্রভাবক ও প্রকারভে., প্রভাবক সহায়ক ও প্রভাবক বিষ Catalysts & Their Classification, Promoter & Catalyst Poison

আমরা এর মধ্যে জেনেছি বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধিতে বিক্রিয়কের নমাত্রা, তাপমাত্রা ও চাপের প্রভাবক অধিক এনার্জি বা শক্তির ব্যয় ঘটে, এতে শিল্পক্ষেত্রে উৎপাদন খরচ বৃদ্ধি পায়। তাই এর বিকল্প হিসেবে বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি করতে শিল্পক্ষেত্রে প্রভাবক বা Catalyst ব্যবহৃত হয়। বিক্রিয়া শেষে প্রভাবক নামক রাসায়নিক পদার্থ অপরিবর্তিত থাকে। তাই যে সব রাসায়নিক পদার্থ বিক্রিয়কের সংশ্রেষ্ণে উপস্থিত থেকে রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি বা হ্রাস করে এবং বিক্রিয়া শেষে নিজে গঠন ও তরে অপরিবর্তিত থাকে, তাকে প্রভাবক বা অনুষ্টুক বলে। প্রভাবকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়ার গতি প্রভাবাবিত করার প্রক্রিয়াকে প্রভাবন (catalysis) বলে।

প্রভাবকের বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধির ক্ষেত্রে নিম্নোক্ত দুটো প্রধান ভূমিকা বা বৈশিষ্ট্য রয়েছে :

\*(১) প্রতিটি প্রভাবক সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের সক্রিয়ণ শক্তি (activation energy)-কে হ্রাস করে বিক্রিয়াটি নতুনভাবে, নিম্নশক্তির ধারায় বা মেকানিজমে সংঘটিত করে।

\* (২) প্রভাবক উভয়মুখী বিক্রিয়ার সম্মুখ্যমুখী ও পশ্চাত্মকী উভয় বিক্রিয়ার গতিকে বৃদ্ধি করে। প্রভাবকবিহীন কোনো বিক্রিয়ায় যে পরিমাণ 'উৎপাদ' তৈরি হয়; ঐ বিক্রিয়ায় প্রভাবক ব্যবহার করে একই পরিমাণ 'উৎপাদ' কম সময়ে তৈরি করা সম্ভব হয়। তখন ঐ বিক্রিয়াটি অধিকতর দ্রুত সম্পন্ন হয় মাত্র।

এছাড়া প্রভাবকের আরো বৈশিষ্ট্যের মধ্যে নিম্নোক্তগুলো উল্লেখযোগ্য।

(৩) প্রভাবক কোনো উভয়মুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থাকে পরিবর্তন করতে পারে না।

(৪) প্রভাবকের কার্যকারিতা অত্যন্ত সুনির্দিষ্ট। অর্থাৎ একটি নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার জন্য একটি নির্দিষ্ট প্রভাবক ব্যবহৃত হয়।

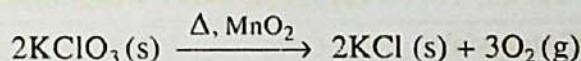
(৫) বিক্রিয়া শেষে প্রভাবকের ভরের বা গঠনের কোনো পরিবর্তন ঘটে না।

(৬) সামান্য পরিমাণ প্রভাবকে বিক্রিয়ার বেগ কাঞ্চিত মানে বৃদ্ধি বা হ্রাস করতে পারে।

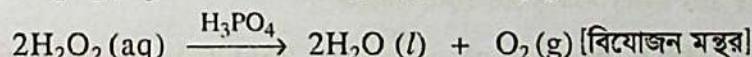
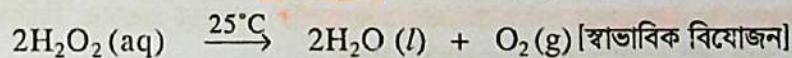
(৭) বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে প্রভাবক একটি সরলতম বিকল্প পথ সৃষ্টি করে যাতে সক্রিয়ণ শক্তি হ্রাস পায়।

(ক) কার্যভিত্তিক প্রভাবকসমূহকে নিম্নোক্ত চার শ্রেণিতে বিভক্ত করা যায় :

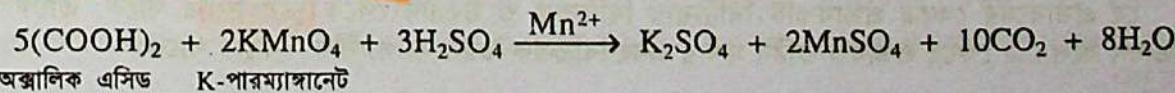
১। ধনাত্মক প্রভাবক : যে প্রভাবক কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ার স্বাভাবিক গতিকে আরো বৃদ্ধি করে, তাকে ধনাত্মক প্রভাবক বলে এবং এ বিষয়টিকে ধনাত্মক প্রভাবন বলে। যেমন,  $\text{KClO}_3$  কে উত্পন্ন করে  $\text{O}_2$  গ্যাস প্রস্তুতকালে  $\text{MnO}_2$  ধনাত্মক প্রভাবকরূপে ক্রিয়া করে।



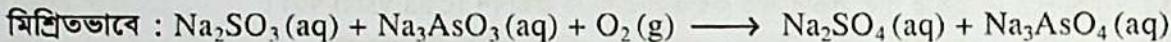
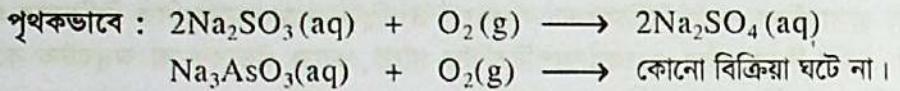
২। ঋণাত্মক প্রভাবক : যে প্রভাবক কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ার স্বাভাবিক গতিকে হ্রাস করে, তাকে ঋণাত্মক প্রভাবক বলে এবং এ বিষয়টিকে ঋণাত্মক প্রভাবন বলে। যেমন,  $\text{H}_2\text{O}_2$  কক্ষতাপমাত্রায় বিযোজিত হয়ে পানি ও  $\text{O}_2$  গ্যাস উৎপন্ন করে। কিন্তু কয়েক ফোটা ফসফরিক এসিড  $\text{H}_3\text{PO}_4$  যোগ করলে  $\text{H}_2\text{O}_2$  এর বিযোজন হ্রাস পায়।



৩। অটো প্রভাবক বা ৰ-প্রভাবক : কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ার উৎপন্ন পদার্থের একটি নিজেই যখন প্রভাবকের ধর্ম সম্পন্ন হয় এবং তা নিজেই ঐ বিক্রিয়ার গতিকে বৃদ্ধি করে, তখন তাকে অটো প্রভাবক বলে এবং এ বিষয়টিকে অটো প্রভাবন বলা হয়। যেমন, অক্সালিক এসিডের দ্রবণে  $\text{H}_2\text{SO}_4$  মিশ্রিত  $\text{KMnO}_4$  দ্রবণ ফোটায় ফোটায় যোগ করলে প্রথমে পারম্যানেটের গোলাপী বর্ণ ধীরে ধীরে দূর হয়। কিন্তু কিছুক্ষণ পরেই দ্রবণে কিছু  $\text{Mn}^{2+}$  আয়ন উৎপন্ন হওয়া মাঝেই  $\text{KMnO}_4$  দ্রবণের গোলাপী বর্ণ দ্রুত দূর হয়। এক্ষেত্রে উৎপন্ন  $\text{MnSO}_4$ -এর ম্যাঙ্গানাস আয়ন ( $\text{Mn}^{2+}$ ) ৰ-প্রভাবকরূপে ক্রিয়া করে এবং এর ক্রিয়াকে ৰ-প্রভাবন বলা হয়।

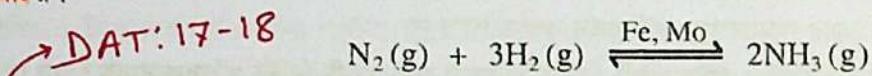


৪। আবিষ্ট প্রভাবক : কোনো বিক্রিয়ার একটি বিশেষ বিক্রিয়কের প্রভাবে যখন তার অপর বিক্রিয়কের সাথে তৃতীয় কোনো পদার্থের বিক্রিয়া ঘটে; কিন্তু পৃথকভাবে তাদের মধ্যে কোনো বিক্রিয়া ঘটে না; তখন ঐ বিশেষ বিক্রিয়কটিকে পরের বিক্রিয়ার আবিষ্ট প্রভাবক বলে এবং তার একপ ক্রিয়াকে আবিষ্ট প্রভাবন বলা হয়। যেমন, সোডিয়াম সালফাইট ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) এর দ্রবণে  $\text{O}_2$  গ্যাস চালনা করলে  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  জারিত হয়ে  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  উৎপন্ন হয়। কিন্তু অনুরূপ অবস্থায় সোডিয়াম আর্সেনাইট ( $\text{Na}_3\text{AsO}_3$ ) অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় না। অথচ সোডিয়াম সালফাইট ও আর্সেনাইটের মিশ্র দ্রবণে  $\text{O}_2$  গ্যাস চালনা করলে উভয়ই জারিত হয়।

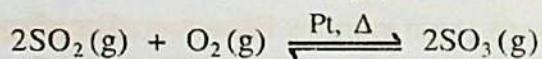


এক্ষেত্রে সোডিয়াম সালফাইটের প্রভাবে সোডিয়াম আর্সেনাইট জারিত হয়। তাই এক্ষেত্রে  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  হলো আবিষ্ট প্রভাবক।

\* প্রভাবক সহায়ক বা প্রভাবক প্রমোটর : যে সব রাসায়নিক পদার্থের উপস্থিতিতে বা প্রভাবে বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত কোনো প্রভাবকের প্রভাবন ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়, তাদেরকে প্রভাবক সহায়ক বা প্রমোটর বলে। যেমন, হেবার পদ্ধতিতে  $N_2$  ও  $H_2$  গ্যাস থেকে অ্যামোনিয়া ( $NH_3$ ) উৎপাদনকালে লৌহচূর্ণ প্রভাবকের সাথে সামান্য পরিমাণে মলিবডেনাম ধাতুর (Mo) গুঁড়া মিশানো হলে লৌহ প্রভাবকের প্রভাবন ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। তাই এক্ষেত্রে Mo ধাতু হলো Fe প্রভাবকের সহায়ক বা প্রমোটর।



\* **প্রভাবক বিষ** : যে সব রাসায়নিক পদার্থের উপস্থিতিতে বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত কোনো প্রভাবকের প্রভাবন ক্রিয়াহুস্পাণ্ড হয় অথবা একেবারে বন্ধ হয়ে যায়, তাদেরকে সংশ্লিষ্ট প্রভাবকের বিষ বলে। সাধারণত ধূলাবালি, সালফার গুঁড়া, আর্সেনিক অক্সাইড ( $As_2O_3$ ) ইত্যাদি প্রভাবক বিষরূপে কাজ করে। যেমন, স্পর্শ পদ্ধতিতে  $SO_2$  গ্যাস থেকে  $SO_3$  গ্যাস উৎপাদনকালে  $SO_2$  গ্যাসের সাথে সামান্য পরিমাণে আর্সেনিক অক্সাইড উপস্থিত থাকলে, তখন ঐ বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত প্লাটিনাম (Pt) প্রভাবকের প্রভাবন ক্রিয়াক্রেত্বাস করে দেয়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে  $As_2O_3$  প্রভাবক বিষরূপে ক্রিয়া করে।

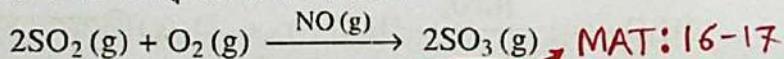


(খ) বিক্রিয়ক, উৎপাদ ও ব্যবস্থা প্রভাবকের ভৌত অবস্থাভিত্তিক প্রভাবকসমূহকে সমস্ত প্রভাবক ও অসমস্ত প্রভাবক এবং এদের ক্রিয়াকে দু'শ্ৰেণিতে ভাগ করা হয়; যেমন— (১) সমস্ত প্রভাবন ও (২) অসমস্ত প্রভাবন।

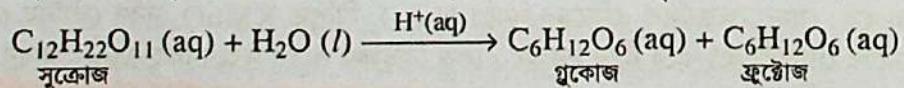
## ১। সমস্তি প্রভাবন (Homogeneous Catalysis)

যে প্রভাবনের ক্ষেত্রে প্রভাবকসহ বিক্রিয়ার সব পদার্থ একই ফেস (Phase) বা তোত অবস্থায় বর্তমান থাকে তাকে সমস্ত প্রভাবন বলে। এ ক্ষেত্রে প্রভাবক, বিক্রিয়ক ও উৎপাদ সবই গ্যাস বা তরল বা দ্রবণে থাকে।

(i) গ্যাসীয় দশার ক্ষেত্রে : লেড প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে  $H_2SO_4$ , উৎপাদনে নাইট্রিক অক্সাইড (NO) প্রভাবকের উপস্থিতিতে বায়ুমণ্ডলীয় অক্সিজেন দ্বারা সালফার ডাইঅক্সাইডের জারণ ঘটে। এক্ষেত্রে প্রভাবক, বিক্রিয়ক ও উৎপাদন সবই গ্যাসীয় দশায় বর্তমান আছে। তাই এটি একটি সমসত্ত্ব প্রভাবনের উদাহরণ।



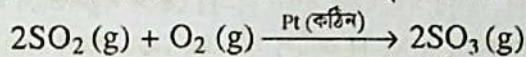
(ii) তরল দশার ক্ষেত্রে : সূক্ষ্মজ্ঞ বা ইঙ্গুচিনির আর্দ্ধ বিশ্লেষণে ~~ধৰনিজ~~ এসিড প্রভাবক হিসেবে কাজ করে। এক্ষেত্রে প্রভাবক, বিক্রিয়ক এবং উৎপাদ সবই তরল দশায় বর্তমান আছে। এটি একটি সমসত্ত্ব প্রভাবনের উদাহরণ।



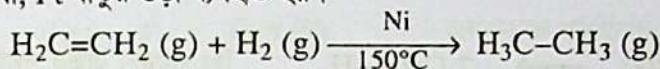
## ২। অসমস্ত প্রভাবন (Heterogeneous Catalysis)

যে প্রভাবনের ক্ষেত্রে প্রভাবকটি বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক ও উৎপাদ থেকে ভিন্ন দশায় থাকে, তাকে অসমসত্ত্ব প্রভাবন বলে। এ ক্ষেত্রে প্রভাবক কঠিন দশায় এবং বিক্রিয়ক তরল বা গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে।

(i) সূক্ষ্ম প্লাটিনাম চূর্ণ প্রভাবকের উপস্থিতিতে সংশ্পর্শ পদ্ধতিতে  $\text{SO}_2$ -এর জারণ ঘটে। এক্ষেত্রে প্রভাবক, বিক্রিয়ক ও উৎপাদ ভিন্ন ভৌত দশায় আছে। এটি একটি অসমস্ত প্রভাবনের উদাহরণ।



(ii) কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ( $\text{C}=\text{C}$ ) যুক্ত ইথিন গ্যাস ও অসম্পৃক্ত ভিজিটেবল অয়েল এর প্রভাবকীয় হাইড্রোজেনেশন থেকে ইথেন এবং ভিজিটেবল অয়েল যেমন সয়াবিন তৈল থেকে ডালভা যি বা মার্জারিন উৎপাদন প্রক্রিয়া হলো অসমস্ত প্রভাবন। এতে Ni বা, Pt ধাতুর গুঁড়া ব্যবহৃত হয়।



### ৪.৪.১ প্রভাবনের ক্রিয়া-কৌশল

#### Mechanism of Catalysis

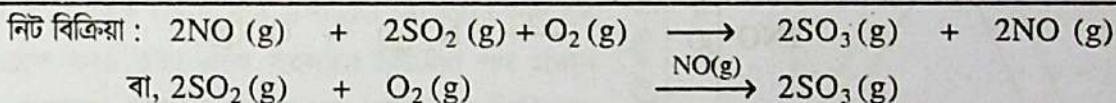
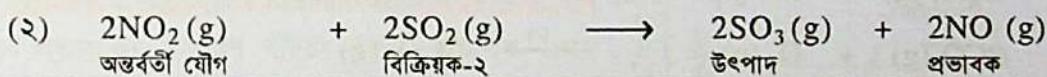
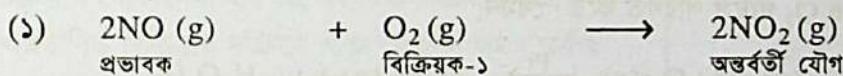
তোমরা নিচয়ই অবাক হয়ে ভাবছ প্রভাবক কোনো বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ না করেও কীভাবে তা বিক্রিয়াকে প্রভাবাবিত করে। প্রকৃতপক্ষে প্রভাবকসমূহ বিভিন্ন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে প্রভাবন কাজ করে। এসব প্রক্রিয়াকে দুটি ভাগে ভাগ করা যায়।

(ক) অন্তর্বর্তী যোগ গঠন প্রক্রিয়া (Formation of intermediate compound)

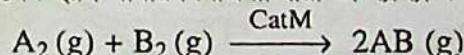
(খ) অধিশোষণের মাধ্যমে প্রভাবন (Catalysis through adsorption)

(ক) সমস্ত প্রভাবনের ক্রিয়া কৌশল : অন্তর্বর্তী যোগ গঠন : সমস্ত প্রভাবনের ক্ষেত্রে অন্তর্বর্তী যোগ গঠন কৌশল কার্যকর। এ কৌশলের মূলে রয়েছে প্রভাবক কোনো একটি বিক্রিয়কের সাথে অস্থায়ী অন্তর্বর্তী যোগ গঠন করে। এরপর এ যোগটি অন্য বিক্রিয়কের সাথে বিক্রিয়া করে উৎপাদ তৈরি করে, সে সাথে প্রভাবকের পুনর্জন্ম (regeneration) হয়। এ প্রভাবক আবার একই সাথে বিক্রিয়া করে। অর্থাৎ সামগ্রিক বিক্রিয়া কয়েক ধাপে অনুষ্ঠিত হয়। প্রথম ধাপে প্রভাবক নিঃশেষিত হয়। শেষ ধাপে তা পুনরায় সৃষ্টি হয়। ফলে প্রভাবকের সামগ্রিক পরিমাণ ঠিক থাকে। যেমন,

NO গ্যাস প্রভাবকের উপস্থিতিতে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা  $\text{SO}_2$  এর জারণ বিক্রিয়া অন্তর্বর্তী যোগ গঠন কৌশল দ্বারা ঘটে। প্রথম ধাপে নাইট্রিক অক্সাইড প্রথম বিক্রিয়ক অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন করে। এই নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড হচ্ছে অন্তর্বর্তী যোগ। এটি দ্বিতীয় বিক্রিয়ক  $\text{SO}_2$  এর সাথে বিক্রিয়া করে মূল উৎপাদ সালফার ট্রাইঅক্সাইড ( $\text{SO}_3$ ) উৎপন্ন করে, সাথে নাইট্রিক অক্সাইড পুনরায় সৃষ্টি হয়।



(খ) অসমস্ত প্রভাবনের ক্রিয়া কৌশল : অধিশোষণের মাধ্যমে প্রভাবন : অসমস্ত প্রভাবনের বেলায় অধিশোষণ দ্বারা নিম্নোক্ত চার ধাপে প্রভাবন কৌশল শেষ হয়। সাধারণ বিক্রিয়া দ্বারা তা ব্যাখ্যা করা হলো—



১য় ধাপ : গ্যাসীয় বিক্রিয়ক অণুগুলো ( $\text{A}_2$  ও  $\text{B}_2$ ) সঠিক স্থানিক বিন্যাস মতে প্রভাবক (CatM) এর পৃষ্ঠাতলে অধিশোষিত হয়। অর্থাৎ ধাতুর খালি d অরবিটালের সাথে দুর্বল রাসায়নিক বন্ধনসহকারে এক-আণবিক স্তর সৃষ্টি করে।

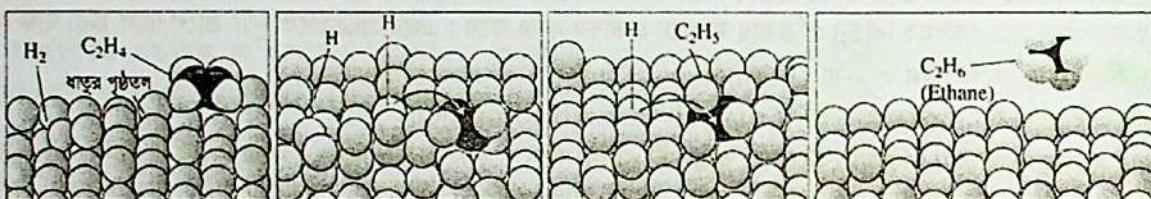
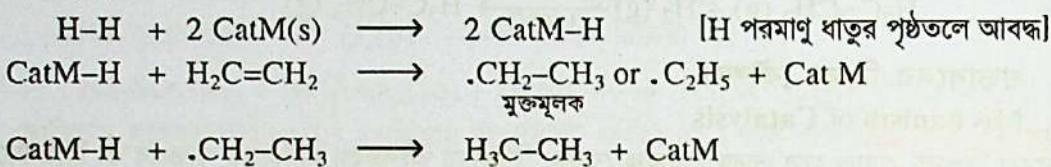
২য় ধাপ : এ ধাপে অধিশোষিত অবস্থায় অণুর সময়োজী বন্ধন দুর্বল হয়ে পড়ে। সঠিক স্থানিক বিন্যাসের ফলে পাশাপাশি অণুর মধ্যে সার্থক সংঘর্ষ সংখ্যা বেড়ে যায় এবং নিম্নশক্তির সক্রিয়ণকৃত জটিল যোগ CatM-A গঠন করে।

৩য় ধাপ : এ ধাপে অপর বিক্রিয়ক অণু ( $\text{B}_2$ ) ও CatM-A এর নতুন বন্ধন দ্বারা A-B অণু সৃষ্টি হয় এবং প্রভাবক পৃষ্ঠে তখনো আটকে থাকে। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তি ধাতব প্রভাবকে শোষিত এবং পরে তা বিক্রিয়ক অণুকে যোগান দেয়।

৪র্থ বা শেষ ধাপ : শেষ ধাপে উৎপাদ অণুসমূহ ( $2\text{AB}$ ) প্রভাবকের পৃষ্ঠাতল থেকে বিমুক্ত হয়।

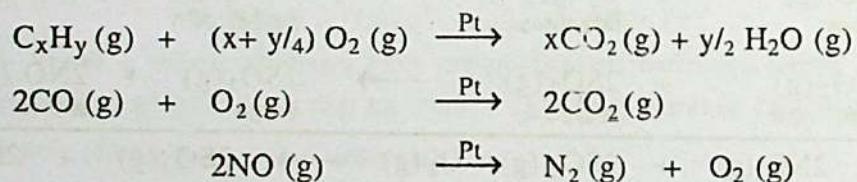
উদাহরণ : ফুড ইডান্ট্রিতে কার্বন-কার্বন দ্বিবন্ধন ( $\text{C}=\text{C}$ ) যুক্ত অসম্পৃক্ত ভিজিটেবল অয়েল থেকে প্রভাবকীয় হাইড্রোজেনেশন প্রক্রিয়ায় কঠিন চর্বি বা মার্জারিন (কৃত্রিম মাথন) উৎপাদন করা হয়। এক্ষেত্রে প্রভাবকরূপে Ni অথবা Pt এর

গুঁড়া ব্যবহৃত হয়। ইথিন ( $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$ ) গ্যাসের হাইড্রোজেনেশন ও একই পদ্ধতিতে ঘটে। এসব ক্ষেত্রে ১ম ধাপে ধাতুর তলদেশে বিক্রিয়ক অণুদয় অধিশোষিত হয়। ২য় ধাপে  $\text{H}_2$  অণুর সমযোজী বন্ধন  $\text{H}-\text{H}$  ভেঙে নতুনভাবে হাইড্রোজেন পরমাণু ও ধাতুর পরমাণু (CatM) এর মধ্যে নিম্নশক্তির সক্রিয়ণকৃত CatM-H জটিল সৃষ্টি হয়। ৩য় ধাপে CatM-H জটিল অপর অধিশোষিত  $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$  এর একটি C-পরমাণুতে একটি H পরমাণু যোগান দেয় এবং ধাতব বন্ধনে আবদ্ধ  $\text{C}_2\text{H}_5$  মূলক বা গ্রুপ সৃষ্টি হয়। এরপর ২য় H-পরমাণু একইভাবে যুক্ত হয়ে ইথেন অণু ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) সৃষ্টি হয়। ৪র্থ ধাপে প্রভাবকের পৃষ্ঠাতল থেকে সৃষ্টি  $\text{C}_2\text{H}_6$  অণু মুক্ত হয়।



চিত্র-৪.৭ : ইথিন গ্যাসের হাইড্রোজেনেশন-এর প্রস্তাবিত মেকানিজম

**প্রভাবকের গুরুত্ব :** (১) রাসায়নিক শিল্পে ও প্রাণরসায়নে প্রভাবকের ভূমিকার গুরুত্ব অপরিসীম। (২) প্রায় সব রাসায়নিক শিল্পে সম্ভাব্য কম তাপমাত্রায় কাঞ্চিত শিল্পজাতক উৎপাদনে সহায়ক প্রভাবক ব্যবহৃত হয়; এতে উৎপাদন ব্যয়হার পায়। (৩) পরিবেশ রসায়নে বায়ু দূষক সৃষ্টিতে NO গ্যাসের প্রভাবকীয় ভূমিকা আছে। কিন্তু অটোমোবাইল কেটালাইটিক কনভার্টারে ব্যবহৃত Pt ধাতুর ভূমিকা হলো বায়ু দূষণ প্রতিরোধক যোদ্ধারাপে। অটোমোবাইল ইঞ্জিনের নির্গমন পাইপের বর্জ্য গ্যাসে থাকে দহনমুক্ত হাইড্রোকার্বন ( $\text{C}_x\text{H}_y$ ), CO, NO প্রভৃতি পরিবেশ দূষক গ্যাস। এক্ষেত্রে কেটালাইটিক কনভার্টার ঐ সব দূষক গ্যাসকে পানি,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  ও  $\text{O}_2$  গ্যাসে পরিণত করে। যেমন,



চিত্র-৪.৮ : অটোমোবাইল ইঞ্জিন থেকে নির্গত বায়ু দূষক গ্যাসকে কেটালাইটিক কনভার্টারে শোধন।

(৪) **রাসায়নিক শিল্পে ব্যবহৃত প্রায় সব প্রভাবক হলো অসমস্তীয়।** তাই বিক্রিয়ার কাঞ্চিত উৎপাদ প্রভাবক মিশ্রণ থেকে সহজে পৃথক হয়ে পড়ে। তবে পলিমার উৎপাদনে কিন্তু সমস্তীয় প্রভাবক ব্যবহৃত হয়। নিচে ৪.৩ নং সারণিতে বাণিজ্যিক শিল্পে ব্যবহৃত অসমস্তীয় ও সমস্তীয় প্রভাবকের ব্যবহার দেখানো হলো :

সারণি-৮.৩ : বাণিজ্যিক শিল্পে অসমস্তীয় ও সমস্তীয় প্রভাবকের ব্যবহার :

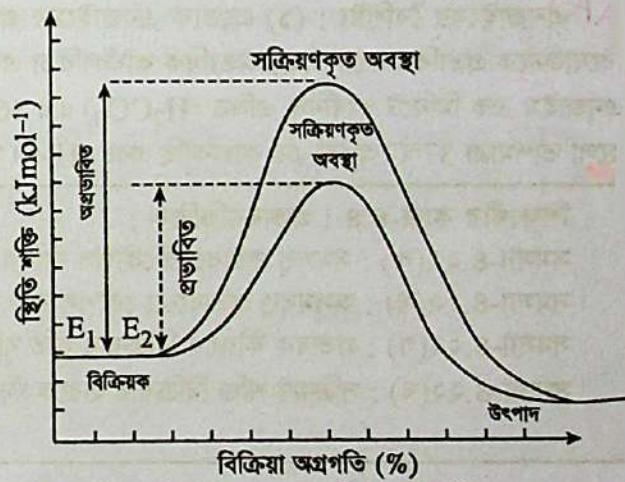
বিক্রিয়াসমূহ	প্রভাবক	শিল্পে ধাপভিত্তিক ব্যবহার	কাঞ্জিত উৎপাদন ও ব্যবহার
(ক) অসমস্তীয় গ্যাসীয় :	Pt বা, $V_2O_5$	স্পর্শ পদ্ধতিতে $H_2SO_4$ উৎপাদনে ২য় ধাপে।	উৎপাদ $H_2SO_4$ : বিভিন্ন কেমিক্যাল, রাসায়নিক সার,
1. $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$			
2. $4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$	Pt ও Rh	অসওয়াল্ড পদ্ধতিতে $HNO_3$ উৎপাদনে ১ম ধাপে।	উৎপাদ $HNO_3$ : বিক্ষেপক, সার, প্লাস্টিক, রঞ্জক ও বার্নিশ।
3. $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$	Fe, $K_2O$ ও $Al_2O_3$	হেবার পদ্ধতিতে $NH_3$ উৎপাদনে।	উৎপাদ $NH_3$ : সার ও $HNO_3$ উৎপাদনে
4. $CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$	Ni MAT: 17-18	স্টিম-অ্যালকেন রিফ্রিং পদ্ধতিতে $H_2$ সংশ্লেষণ।	$H_2$ গ্যাস : অ্যামোনিয়া, মিথানল উৎপাদন।
(খ) সমস্তীয় বিক্রিয়া :	Mo(VI)	প্রোপাইলিন অক্সাইড	ব্যবহার : পলিএস্টার
1. প্রোপাইলিন, অক্সিডাইজার-	কমপ্লেক্স	সংশ্লেষণ।	পলিইউরেথেন ফোম
2. বিউটা-ডাই-ইন, HCN	Ni/P যৌগ	এডিপোনাইট্রাইল	ব্যবহার : নাইলন, ফাইবার ও প্লাস্টিক উৎপাদন।

### ৮.৪.২ প্রভাবক দ্বারা প্রভাবিত বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি Activation Energy of Catalyzed Reaction

চিত্র-৮.৯ থেকে দেখা যায় যে, প্রভাবিত বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি অপ্রভাবিত বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি অপেক্ষা কম। অর্থাৎ প্রভাবকের উপস্থিতির কারণে বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি কমে। অতএব প্রভাবকের সাধারণ পরিচয় হলো— প্রভাবক এমন একটি রাসায়নিক পদার্থ যার উপস্থিতি বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি হ্রাস করে এবং একে সরলতর বিক্রিয়া পথ প্রদান করে। প্রভাবক ব্যবহার করলে তা প্রকৃতপক্ষে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে আবার পুনর্জন্ম প্রাপ্ত হয়।

প্রভাবক ব্যবহার না করে বিক্রিয়া ঘটালে যে সক্রিয়ণকৃত অবস্থার মাধ্যমে বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়, তার সক্রিয়ণ শক্তি ( $E_1$ ) বেশি। ফলে তা সৃষ্টি কষ্টকর। অপ্রভাবিত অবস্থায় বিক্রিয়কের প্রয়োজনীয় সক্রিয়ণ শক্তির মাত্রা ( $E_1$ ) বেশি হয়, এ কারণে বিক্রিয়া দ্রুত বেগে অনুষ্ঠিত হতে পারে না (চিত্র-৮.৯ দ্রষ্টব্য)।

অপরদিকে প্রভাবকসহকারে সামগ্রিক বিক্রিয়া ভিন্ন পথ ধরে সম্পন্ন হয়। এ পথে যে সক্রিয়ণকৃত অবস্থার সৃষ্টি হয়, তার সক্রিয়ণ শক্তি ( $E_2$ ) অপ্রভাবিত অবস্থার তুলনায় কম। অর্থাৎ প্রভাবকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়কের প্রয়োজনীয় সক্রিয়ণ শক্তির মাত্রা ( $E_2$ ) পূর্বের তুলনায় কম; এ কারণে বিক্রিয়া দ্রুততর বেগে সম্পন্ন হয়। প্রভাবক ব্যবহারে বিক্রিয়ায় সক্রিয়ণ শক্তি প্রভাবক দ্বারা হ্রাস পায় =  $(E_1 - E_2) \text{ kJ mol}^{-1}$ .

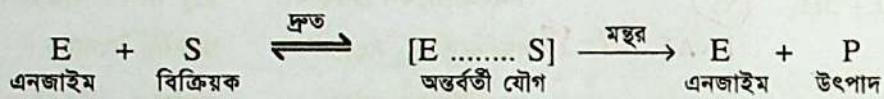


চিত্র-৮.৯ : অপ্রভাবিত ও প্রভাবিত বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তির মাত্রা।

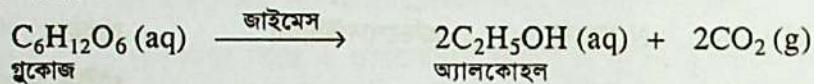
#### **৪.৪.৩ জৈব প্রভাবক এনজাইম Bio-catalyst Enzyme**

প্রাণিদেহে শত সহস্র রাসায়নিক বিক্রিয়া ‘এনজাইম’ নামক বৃহৎ প্রোটিন অণুর প্রভাবকীয় ক্রিয়া দ্বারা সংঘটিত হয়। এনজাইম হচ্ছে জীবস্তু উদ্ভিদকোষ ও প্রাণিকোষ থেকে উৎপন্ন, উচ্চ আণবিক ভরবিশিষ্ট নাইট্রোজেনযুক্ত বর্তুলাকার টারসিয়ারি প্রোটিন নামক জটিল জৈব পদার্থ। পানিতে এরা কোলয়েড তৈরি করে এবং কার্যকরী জৈব প্রভাবক। এনজাইম নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার জন্য কার্যকরী।

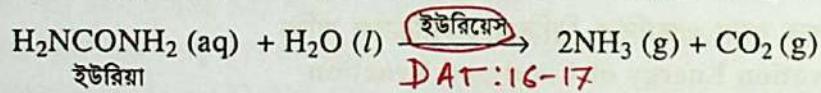
**এনজাইমের ক্রিয়াকৌশল :** এনজাইমসমূহ বর্তুলাকার বা টারসিয়ারি প্রোটিন অণুর (E) বিভিন্ন ভাঁজের মধ্যে কতগুলো 'সক্রিয় স্থান' আছে। ঐ স্থানগুলোর জন্যই এনজাইম প্রভাবন ক্ষমতা ধারণ করে। এসব সক্রিয় স্থানে বিক্রিয়ক অণুগুলো (S) খুবই নিকটে এসে সহজে অস্থায়ী অঙ্গরূপী যোগ (E-S) গঠন করতে পারে এবং পরে বিযোজিত হয়ে উৎপাদে (P) পরিণত হয়। এনজাইম অণু বিক্রিয়ক জৈব অণুকে 'সক্রিয় স্থান' যোগান দিয়ে বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তির মাত্রাকে হ্রাস করে এবং বিক্রিয়াকে দ্রুততর করে। যেমন,



(i) ইট নামক উদ্ভিদকোষ থেকে নিঃসৃত জাইমেস (zymase) এনজাইম গ্লুকোজকে বিয়োজিত করে অ্যালকোহল ও  $\text{CO}_2$  গ্যাসে পরিণত করে।



(ii) সয়াবিনে উপস্থিত ইউরিয়েস্ (urease) এনজাইম ইউরিয়াকে বিয়োজিত করে  $\text{NH}_3$  ও  $\text{CO}_2$ -এ পরিণত করে।



**ଏନ୍‌ଜ୍ଞାଇମ୍‌ର ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ :** (୧) ପ୍ରତ୍ୟେକ ଏନ୍‌ଜ୍ଞାଇମ୍‌ର ପ୍ରଭାବନ କ୍ରିୟା ସୁନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ । ଯେମନ ଜ୍ଞାଇମ୍ସ ଏନ୍‌ଜ୍ଞାଇମ୍ ଓଥୁ ପ୍ଲକୋଜେର ବିଯୋଜନକେ ପ୍ରଭାବିତ କରେ । (୨) ଅତ୍ୟଧିକ କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ଏନ୍‌ଜ୍ଞାଇମ୍‌ର ଅନ୍ୟତମ ପ୍ରଧାନ ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ । ଯେମନ ଏକ ଅଣ୍ଣ ଆୟନହାଇଡ୍ରୋ ଏନ୍‌ଜ୍ଞାଇମ୍ ଏକ ମିନିଟେ କାର୍ବନିକ ଏସିଡ ( $H_2CO_3$ ) ଏର 360 ଲକ୍ଷ ଅଣ୍ଣକେ ବିଯୋଜିତ କରେ । (୩) ପ୍ରଭାବନ କ୍ରିୟାର ପ୍ରଧାନ ଶର୍ତ୍ତ ହଲୋ ତାପମାତ୍ରା  $37^{\circ}\text{C}$  ଅଥବା ଏର କାଛାକାହିଁ ଏବଂ pH ଏର ମାନ 7 ଏର କାଛାକାହିଁ ଥାକା ପ୍ରୟୋଜନ ।

#### শিক্ষার্থীর কাজ-৪.৪ : প্রভাবনভিত্তিক :

সমস্যা-৪.২২(ক) : সমস্ত প্রভাবনের কোশল বাধ্য কর।

বি. বি. ২০১৫।

সমস্যা-৪.২২(খ) : অসমসত্ত্ব প্রভাবনের কৌশল ব্যাখ্যা কর।

সমস্যা-৪.২২(গ) : প্রভাবক কীৱপে বিক্ৰিয়াৰ গতি বৃদ্ধি কৰে?

[সি. বো. ২০১৫]

**সমস্যা-৪.২২(ঘ) :** সক্রিয়ণ শক্তি বিক্রিয়ার হারকে কীরণপ্র প্রভাবিত করে; ব্যাখ্যা কর।

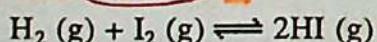
[মদ্রাসা বো. ২০১৭]

ୟ. ବୋ. ୨୦୧୯।

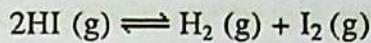
## ৪.৫ রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা Chemical Equilibrium

କୋନୋ ଉତ୍ସମୁଖୀ ବିକ୍ରିଆ କଥନେ ଶେଷ ହୁଏ ନା । କୋନୋ କୋନୋ ସମୟେ ସମ୍ମୁଖୀ ଓ ପଞ୍ଚମୁଖୀ ବିକ୍ରିଆର ହାର ସମାନ ହୁଏ ଥାକେ; ଏ ଅବହାଳେ ରାସାୟନିକ ବିକ୍ରିଆର ସାମ୍ଯବସ୍ଥା ବଲେ ।

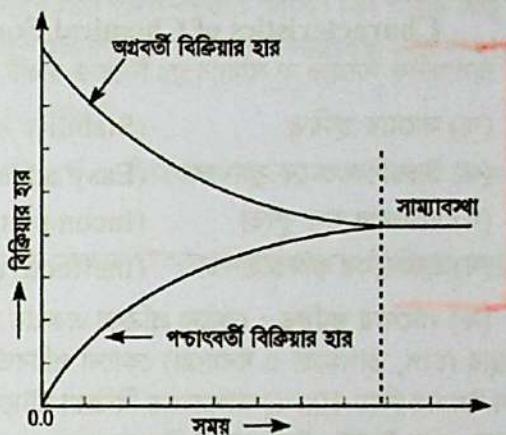
যেমন, একটি আবক্ষ পাত্রে তুল্য পরিমাণ হাইড্রোজেন ও গাঢ় বেগুনি বর্ণের আয়োডিন বাল্প নিয়ে  $450^{\circ}\text{C}$ -এ রেখে দিলে হাইড্রোজেন ও আয়োডিন বিক্রিয়া করে 80% হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাস উৎপন্ন করে এবং বিক্রিয়ক  $\text{H}_2$  ও  $\text{I}_2$  এর ঘনমাত্রাহাস পেঁয়ে 20% হয়। ফলে মিশ্রণের বর্ণ ছালকা বেগুনি হয়।  $\xrightarrow{\text{MAT}: 10-11}$



আবার নির্দিষ্ট পরিমাণ বর্ণনা হলো  $HI$  বন্ধ পাত্রে নিয়ে ধীরে ধীরে উৎপন্ন করে পূর্বের মতো তাপমাত্রা  $450^{\circ}\text{C}$ -এ রাখা হয়। তখন কাচের বন্ধ পাত্রে হালকা বেগুনি বর্ণ দেখা যায়। এক্ষেত্রে  $HI$  এর বিযোজনে  $H_2$  গ্যাস ও  $I_2$  বাপ্প উৎপন্ন হয়েছে। পূর্বের মতো এটিও একটি উভয়মুখী বিক্রিয়া।



**ব্যাখ্যা :** এক্ষেত্রে প্রথম পরীক্ষায়  $H_2$  গ্যাস ও বাদামি  $I_2$  বাপ্পকে বন্ধপাত্রে উৎপন্ন করার সময় বিক্রিয়া শুরুর প্রাথমিক অবস্থায়  $HI$  থাকে না। এ সময় বাদামি  $I_2$  এর ঘনমাত্রা  $H_2$  গ্যাসসহ সবচেয়ে বেশি থাকে। ঘনমাত্রা বেশি থাকায় বিক্রিয়াটি সম্মুখদিকে প্রবলভাবে ঘটে।  $HI$  উৎপন্ন হয়ে এটির ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পেলে ঐ তাপমাত্রায়  $HI$  এর বিযোজন ঘটতে থাকে, অর্থাৎ পশ্চাত্মকু বিক্রিয়া শুরু হয়। বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা হাসের ফলে সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার হ্রাস পায়। অপরদিকে উৎপাদ  $HI$  এর ঘনমাত্রা বৃদ্ধির ফলে পশ্চাত্মকু বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায়।  $HI$  উৎপন্ন হয়ে এটির ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পেলে ঐ তাপমাত্রায়  $HI$  এর বিযোজন ঘটতে থাকে, অর্থাৎ পশ্চাত্মকু বিক্রিয়া শুরু হয়। বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা হাসের ফলে



চিত্র-৪.১০ : সাম্যাবস্থায়  $H_2$  ও  $I_2$  থেকে  $HI$  এর সৃষ্টি এবং  $HI$  এর বিযোজন থেকে  $H_2$  ও  $I_2$  এর সৃষ্টি সমানের চলে।

একইভাবে দ্বিতীয় পরীক্ষায় তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে  $HI$  এর বিযোজন সম্মুখদিকে দ্রুতগতিতে ঘটে; হালকা বেগুনি বাপ্প দেখা দেয়। এ সময়  $I_2$  বাপ্প উৎপন্ন হয়েছে বোঝায়। এ অবস্থায়  $H_2$  ও  $I_2$  এর ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পেলে তখন পশ্চাত্মকু বিক্রিয়ায় পুনরায়  $HI$  উৎপন্ন হতে থাকে। গ্যাস মিশ্রণের বর্ণ পূর্বের মতো হালকা বেগুনি অবস্থায় অপরিবর্তিত থাকলে এক্ষেত্রেও পূর্বের মতো সাম্যাবস্থা নির্দেশ করে। মোলার ঘনমাত্রা গণনায় প্রমাণিত হয়েছে সাম্য মিশ্রণে 80%  $HI$  এবং 20%  $H_2$  ও  $I_2$  মিশ্রণ থাকে।

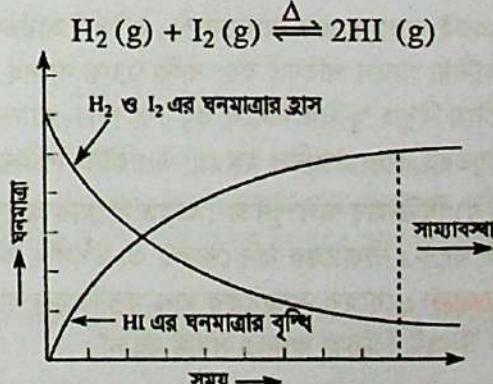
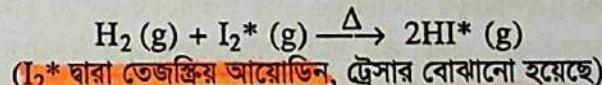
### ৪.৫.১ সাম্যাবস্থার গতিশীলতা বা চলমান প্রকৃতি

#### Dynamic Nature of Equilibrium

উভয়মুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা একটি গতিশীল অবস্থা, স্থিতাবস্থা নয়। বর্তমানে বহু বিক্রিয়ায় ট্রেসার বা শনাক্তকারী হিসেবে তেজক্রিয় আইসোটোপ ব্যবহার করে সাম্যাবস্থার চলমান প্রকৃতির প্রমাণ পাওয়া গেছে। নিম্নে একটি পরীক্ষা দেয়া হলো।

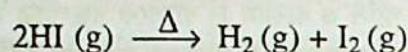
**সাম্যাবস্থার চলমান প্রকৃতির প্রমাণ :** আবন্ধপাত্রে  $H_2$  ও  $I_2$  এর একটি মিশ্রণ নিয়ে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় দীর্ঘক্ষণ রেখে দিলে, প্রথমদিকে  $H_2$  ও  $I_2$  দ্রুতহারে বিক্রিয়া করে  $HI$  উৎপন্ন করে। পরে এ সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার কমতে থাকে এবং পশ্চাত্মকু বিক্রিয়ার হার অর্ধাংশ  $HI$  এর বিযোজন হার বাড়তে থাকে। একসময় মনে হয় বিক্রিয়াটি বন্ধ হয়ে গেছে। প্রকৃতপক্ষে তখন সাম্যাবস্থার সৃষ্টি হয়েছে। উভয়দিকে সমান হারে উভয় বিক্রিয়া সংঘটিত হচ্ছে।

**সাম্যাবস্থা অর্জনের পরে ট্রেসার হিসেবে অল্প পরিমাণ তেজক্রিয় আয়োডিন  $^{128}_{53}I_2$  পাত্রে প্রবেশ করানো হয়, তখন সাম্যাবস্থার বিশেষ কোনো পরিবর্তন হয় না, অর্থাৎ  $H_2$ ,  $I_2$  ও  $HI$  এর পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে। কিন্তু দেখা যায় যে, সাম্যাবস্থায় প্রথমদিকে সব  $HI$ -অণুর মধ্যে আয়োডিন পরমাণু অতেজক্রিয় থাকলেও পরে কিছু  $HI$ -অণুর আয়োডিন তেজক্রিয় হয় এবং এ ধরনের  $HI$ -এর পরিমাণ ক্রমশ বাড়তে বাড়তে একসময় একটি নির্দিষ্ট পরিমাণে পৌছায়। এ থেকে বোঝা যায় যে, সাম্যাবস্থা অর্জনের পর তেজক্রিয় আয়োডিনের প্রবেশের ফলে নিম্নোক্ত বিক্রিয়া চলেছে:**



চিত্র-৪.১১ : সাম্যাবস্থায় অগ্রবর্তী ও পচাত্বর্তী উভয় বিক্রিয়া সমানের চলমান প্রকৃতির।

যেহেতু HI এর সর্বমোট পরিমাণ (প্রায় 80%) অপরিবর্তিত থাকছে, সেহেতু তেজক্ষিয় HI\* উৎপন্ন হওয়ার সময় একই সাথে কিছু অতেজক্ষিয় HI-অণু বিযোজিত হয়েছে। এ থেকে প্রমাণিত হয় যে, সাম্যাবস্থা অর্জনের পরেও সম্মুখমুখী ও পশ্চাত্মক উভয় বিক্রিয়া সমান হারে চলতে থাকে, তবে দুটি বিক্রিয়ার গতিবেগ সমান হওয়ায় তা বোঝা যায় না।



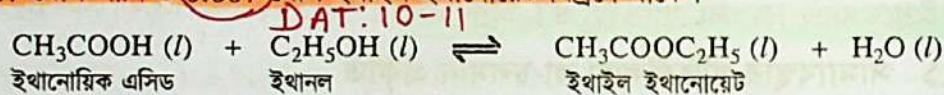
#### ৪.৫.২ রাসায়নিক সাম্যাবস্থার শর্ত বা বৈশিষ্ট্য

## Characteristics of Chemical Equilibrium

রাসায়নিক সাম্যের বা সাম্যাবস্থার নিম্নোক্ত চারটি আবশ্যিকীয় বৈশিষ্ট্য বা শর্ত আছে। যেমন,

- (ক) সাম্যের স্থিতি (Stability of equilibrium)  
 (খ) উভয়দিক থেকে সুগম্যতা (Easy approachability from both sides)  
 (গ) বিক্রিয়ার অসম্পূর্ণতা (Incompleteness of reaction)  
 (ঘ) প্রভাবকের ভূমিকাহীনতা (Ineffectiveness of catalyst)

(ক) সাম্যের স্থায়িত্ব : কোনো প্রক্রিয়া একবার সাম্যে পৌছালে তা চিরকাল একই অবস্থায় থাকবে, যদি কোনো বাহ্যিক অবস্থার (চাপ, তাপমাত্রা ও ঘনমাত্রা) কোনো পরিবর্তন ঘটানো না হয়। উদাহরণস্বরূপ এক মোল ইথানোয়িক এসিড ও এক মোল ইথানল নিয়ে  $100^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটালে সাম্যাবস্থায় পৌছার পরে উভয় বিক্রিয়কের 0.667 অংশ বিক্রিয়া করে 0.667 মোল ইথাইল ইথানোয়েট উৎপন্ন করে। অর্থাৎ  $100^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় সাম্যাবস্থায় 0.333 মোল ইথানোয়িক এসিড, 0.333 মোল ইথানল, 0.667 মোল পানি ও 0.667 মোল ইথাইল ইথানোয়েট মিশ্রণে থাকে।



প্রাথমিক অবস্থায় :	1 mol	1 mol	0 mol	0 mol
সাম্যাবস্থায় :	0.333 mol	0.333 mol	0.667 mol	0.667 mol

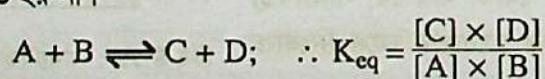
এ সাম্যাবস্থা অর্জনের পর একই তাপমাত্রায় বহুদিন ব্রথে দিলেও এ পরিমাণসময়ে কোনো পরিবর্তন হয় না।

(খ) উভয়দিক থেকে সুগম্যতা : প্রকৃত সাম্যের এমন বৈশিষ্ট্য থাকে যে, বিক্রিয়ার উভয়দিক থেকে সাম্যাবস্থায় পৌছানো সম্ভব। তবে সাম্যাবস্থা নির্ধারণকারী বাস্তিক অবস্থাগুলো অপরিবর্তনীয় থাকা প্রয়োজন।

$$\text{घेमन, } \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$$

একই অবস্থায় এক আয়তন  $N_2$  ও তিন আয়তন  $H_2$  গ্যাস নিয়ে সেখানে বিদ্যুৎ ক্রুলিং ঘটালে মাত্র 7% গ্যাস মিশ্রণ অ্যামোনিয়া গ্যাসে পরিণত হয়; বাকি 93% গ্যাসই নাইট্রোজেন  $N_2$  ও  $H_2$  হিসেবে থেকে যায়। অন্যদিকে  $NH_3$  গ্যাসের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ ক্রুলিং ঘটালে শুধু 7%  $NH_3$  গ্যাস ছাড়া বাকি 93%  $NH_3$  গ্যাস বিয়োজিত হয়ে  $N_2$  ও  $H_2$  গ্যাসে পরিণত হয়। সুতরাং এতে প্রমাণিত হয় যে, উপরিউক্ত বিক্রিয়াটি যে ক্ষেত্রে দিক থেকে শুরু করে একই সাম্যাবস্থায় পৌছানো যায়।

(গ) বিক্রিয়ার অসম্পূর্ণতা : প্রকৃত সাম্যের অন্যতম বৈশিষ্ট্য হলো বিক্রিয়ার অসম্পূর্ণতা। সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ক ও উৎপদ উভয়ই থাকে। সাম্যাক্ষের মান থেকেই তা উপলব্ধি করা যায়! **কোনো বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হলো সাম্যাক্ষের মান (K<sub>eq</sub>) শূন্য অথবা অসীম হতো।** যেহেতু সাম্যাক্ষের মান ক্ষুদ্রতিক্ষুদ্র বা অতি বৃহৎ হতে পারে, কিন্তু শূন্য বা অসীম হয় না; সূতরাং বলা যায়, একটি উভয়বৰ্তী বিক্রিয়া কখনও সমাপ্ত হয় না।



(ঘ) প্রভাবকের ভূমিকাহীনতা : রাসায়নিক সাম্যাবস্থার উপর প্রভাবকের কোনো ভূমিকা নেই। প্রভাবক উভয় দিকের বিক্রিয়াকে সমানুপাতিকভাবে দ্রুততর করে অর্থাৎ কম সময়ে সাম্যাবস্থায় দ্রুত উপনীত হতে সহায়তা করে, এর ফলে সাম্যাবস্থার কোনো পরিবর্তন হয় না। **বিক্রিয়ক ও উৎপাদের কোনোটিরও ঘনমাত্রার পরিবর্তন ঘটে না।**

### শিক্ষার্থীরা জেনে রাখো সাম্যাবস্থা চিহ্নিত করার উপায়

কোনো উভয়ী বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় স্থিত হয়েছে কীনা তা জানার উপায় হচ্ছে : (১) বিক্রিয়ক ও উৎপাদের বর্ণ পরিবর্তনের স্থিত অবস্থা, (২) অধঃক্ষেপের বর্ণের গাঢ়তা স্থিরকরণ, (৩) বিক্রিয়ার উভয় দিকের গতি নির্ণয়। যেমন,

নাইট্রোজেন টেট্রাওক্সাইড ( $N_2O_4$ ) এর তাপীয় বিয়োজন একটি উভয়ী বিক্রিয়া। (১)  $N_2O_4$  বর্ণহীন; কিন্তু উৎপন্ন নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড ( $NO_2$ ) বাদামি গ্যাস। (২) প্রাথমিক অবস্থায় যখন বিক্রিয়াটি শুরু হওয়ার পথে তখন আবশ্যিক কাচপাত্রে বর্ণহীন  $N_2O_4$  থাকে। (৩) কিছু সময় পর দেখা যায় কাচপাত্রের ভিতর হালকা বাদামি গ্যাস। (৪) আরও কিছু সময় পর গাঢ় বাদামি এবং আর বর্ণের পরিবর্তন হচ্ছে না। এক্ষেত্রে গাঢ় বাদামি বর্ণের স্থিরতা বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থা নির্দেশ করছে।



- \* (i) উল্লেখ্য সাম্যাবস্থায়, উৎপাদ  $NO_2$  এর মোলার ঘনমাত্রার বর্গ ও বিক্রিয়ক  $N_2O_4$  এর মোলার ঘনমাত্রার অনুপাতকে সাম্মুখ্যবক্তৃ (K<sub>c</sub>) বলে।
- \* (ii) বিক্রিয়া শুরুর পর যে কোনো সময়ে উৎপাদ ও বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রার অনুপাতকে বিক্রিয়া অনুপাত (Q<sub>c</sub>) বা reaction quotient বলে।
- \* (iii) সাম্যাবস্থায়, Q<sub>c</sub> = K<sub>c</sub> =  $\frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$  হয়।

### ৪.৬ লা-শাতেলিয়ারের নীতি

Le-Chatelier's Principle

কোনো বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় পৌছানোর পর যদি বাহ্যিক অবস্থার পরিবর্তন করা না হয়, তবে সে সাম্যাবস্থা চিরকাল অপরিবর্তিত থাকবে। তাপমাত্রা, চাপ ও ঘনমাত্রা প্রভৃতি নিয়ামক (factor) সাম্যাবস্থা নিয়ন্ত্রণ করে। এসব নিয়ামকের যে কোনো একটি পরিবর্তন করলে বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার পরিবর্তন হয়, নতুন সাম্যাবস্থা গড়ে ওঠে অর্থাৎ বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ঘনমাত্রায় পরিবর্তন হয়। বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার ওপর এ সব নিয়ামক পরিবর্তনের ফলাফল লা-শাতেলিয়ারের নীতির সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। লা-শাতেলিয়ারের নীতিটি নিম্নরূপ :

কোনো উভয়ী বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় থাকাকালে যদি ঐ অবস্থার একটি নিয়ামক, যেমন তাপমাত্রা, চাপ অথবা ঘনমাত্রা পরিবর্তন করা হয়, তবে সাম্যের অবস্থান ডানে বা বামে এমনভাবে পরিবর্তিত হবে, যাতে নিয়ামক পরিবর্তনের ফলাফল প্রশংসিত হয়।

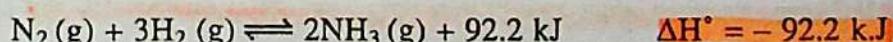
- \* তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রেখে চাপ অথবা ঘনমাত্রার পরিবর্তন করলে সাম্যাবস্থার পরিবর্তন হয়, তবে সাম্মুখ্যবক্তৃর মানের পরিবর্তন হয় না।
- \* কিন্তু তাপমাত্রা পরিবর্তিত হলে সাম্মুখ্যবক্তৃর মানের পরিবর্তন ঘটে। MAT: 13 - 14

#### ৪.৬.১ সাম্যাবস্থায় তাপমাত্রা পরিবর্তনের প্রভাব

Effect of Temperature change on Equilibrium

সাম্যাবস্থা বিশ্বাল বা নষ্ট করার তিনটি উপায় যেমন ঘনমাত্রা পরিবর্তন, চাপের পরিবর্তন অথবা তাপমাত্রার পরিবর্তন ইত্যাদির মধ্যে কেবল তাপমাত্রা পরিবর্তনই সাম্মুখ্যবক্তৃর মান পরিবর্তন করতে পারে। ঘনমাত্রা পরিবর্তন ও চাপের পরিবর্তন সাম্যাবস্থা পরিবর্তন করতে পারে; কিন্তু সে সব ক্ষেত্রে সাম্মুখ্যবক্তৃর মান স্থির থাকে। এর কারণ ব্যাখ্যার জন্য বিক্রিয়া তাপ (heat of reaction) শুরুত্ববহু। যেমন;

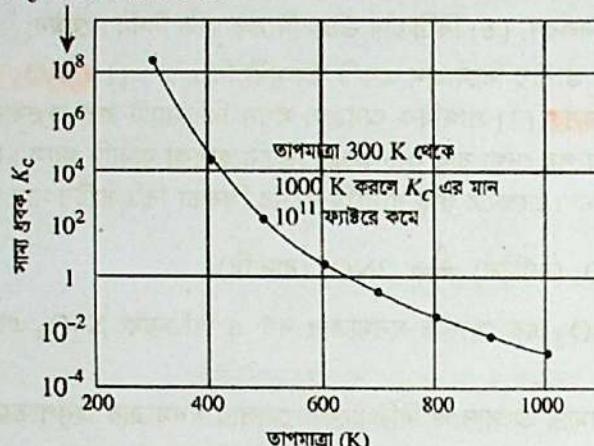
(১) হেবার পদ্ধতিতে  $N_2$  গ্যাস ও  $H_2$  গ্যাস থেকে  $NH_3$  গ্যাস উৎপাদন প্রক্রিয়া হলো একটি তাপোৎপাদী বিক্রিয়া। এ বিক্রিয়ার সমীকরণ হলো নিম্নরূপ :



এক্ষেত্রে সম্মুখ্যবক্তৃ তাপোৎপাদী (তাপ উৎপন্ন হয়  $\Delta H < 0$ ); তাই পশ্চাত্মুখ্যবক্তৃ তাপহারী (তাপ হরণ করে,  $\Delta H > 0$  হওয়ার ব্যাপার)। সাম্যাবস্থার ক্ষেত্রে তাপ শক্তিকে একটি 'উপাদান' (component) হিসেবে গণ্য করা হয়। তখন তাপমাত্রা বৃদ্ধি বলতে তাপশক্তি 'যোগ করা' এবং তাপমাত্রা হ্রাস বলতে তাপশক্তি 'অপসারণ করা' বোঝায়।

তাই ঘনমাত্রা ও চাপ পরিবর্তনের মতোই তাপমাত্রা পরিবর্তনের প্রভাব দূর করতে বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থা ডানে বা বামে পরিবর্তিত হয়। চিত্র-৪.১২ থেকে তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া উৎপাদন ব্যাখ্যা করা হলো :

$K_c$  এর মান সাম্যবক্তৃতা ক্ষেত্রে



Temp (K)	$K_c$
300	$2.6 \times 10^8$
400	$3.9 \times 10^4$
500	$1.7 \times 10^2$
600	4.2
700	$2.9 \times 10^{-1}$
800	$3.9 \times 10^{-2}$
900	$8.1 \times 10^{-3}$
1000	$2.3 \times 10^{-3}$

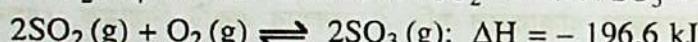
চিত্র-৪.১২ : অ্যামোনিয়া উৎপাদন বিক্রিয়ার  $K_c$  তাপমাত্রা নির্ভর।

তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে  $K_c$  এর মান হ্রাস পেতে থাকে।

প্রদত্ত ডাটা ও লেখচিত্র-৪.১২ মতে নিম্নতাপমাত্রায়, সাম্য মিশ্রণে অধিক  $\text{NH}_3$  থাকে, কারণ তখন  $K_c$  এর মান বেশি হয়; যেমন 300K তাপমাত্রায়  $K_c = 2.6 \times 10^8$ । কিন্তু উচ্চতাপমাত্রায়,  $K_c$  এর মান কম হয়; অর্থাৎ বিক্রিয়া বাম দিকে ঘটে। তখন  $\text{N}_2$  ও  $\text{H}_2$  মিশ্রণে বেশি থাকে। উচ্চমাত্রায় যেমন 1000 K তাপমাত্রায়  $\text{NH}_3$  উৎপাদন বিক্রিয়ার নতুন সাম্যাবস্থায়  $K_c$  এর মান হ্রাস পেয়ে  $2.3 \times 10^{-3}$  হয়। অ্যামোনিয়া উৎপাদনের মতো সব তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে উৎপাদ পরিমাণে হ্রাস পায়।

তাই শিল্পের অত্যানুকূল অবস্থায়,  $\text{NH}_3$  উৎপাদনে  $\text{Fe}$  প্রভাবকের উপস্থিতিতে 500°C বা, 773K তাপমাত্রা ব্যবহৃত হয়।

(২) স্পর্শ পদ্ধতিতে  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর শিল্পোৎপাদনের ফলে  $\text{SO}_2$  এর জারণে  $\text{SO}_3$  উৎপাদন বিক্রিয়াটি হলো তাপোৎপাদী :

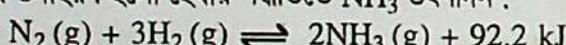


অত্যানুকূল অবস্থার ফলে  $\text{V}_2\text{O}_5$  প্রভাবকের উপস্থিতিতে 450°C বা, 723 K তাপমাত্রা প্রয়োগ করা হয়।

সাধারণভাবে, বিক্রিয়ার তাপ পরিবর্তন  $\Delta H$  এর ঝণাঝক বা ধনাত্মক মানের ওপর সাম্যবক্তৃতা নির্ভর করে।

বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় তাপমাত্রার প্রভাব হলো :

\*\* তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায়, তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে মোলার সাম্য ধ্রুবক ( $K_c$ ) এর মান হ্রাস পায়। তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার উদাহরণ হলো হেবার পদ্ধতিতে  $\text{NH}_3$  উৎপাদন :



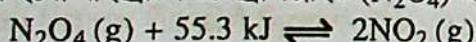
$$\therefore K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \times [\text{H}_2]^3}$$

লা-শাতেলিয়ারের নীতি অনুসারে তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায় প্রযুক্ত তাপশক্তি একটি অতিরিক্ত ‘উৎপাদ উপাদান’ হয়। তখন পশ্চাত্মক বিক্রিয়াসহ নতুন সাম্যাবস্থায়—

\* (১) উৎপাদের বিযোজন ঘটার কারণে উৎপাদের পরিমাণ হ্রাস পায়।

\* (২) বিক্রিয়াটি পশ্চাত্মক হওয়ায় বিক্রিয়কের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। তাই  $K_c$  এর মান বৃদ্ধি পায়।

\*\* তাপহারী বিক্রিয়ায়, তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে মোলার সাম্য ধ্রুবক ( $K_c$ ) এর মান বৃদ্ধি পায়। তাপহারী বিক্রিয়ার উদাহরণ হলো নাইট্রোজেন টেট্রাওর্বাইড ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) এর তাপীয় বিযোজন :



$$\therefore K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$$

লা-শাতেলিয়ারের নীতি অনুসারে প্রযুক্ত তাপশক্তি ও তাপহারী বিক্রিয়ার প্রয়োজনীয় একটি 'বিক্রিয়ক উপাদান' রূপে যোগ করা বোঝায়। তখন সম্মুখী বিক্রিয়াসহ নতুন সাম্যাবস্থায়—

\* (১) বিক্রিয়ক থেকে নতুন উৎপাদ অণু সৃষ্টি হওয়ায় উৎপাদের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

\* (২) বিক্রিয়াটি সম্মুখী হওয়ায় বিক্রিয়কের পরিমাণ হ্রাস পায়। তাই  $K_c$  এর মান বৃদ্ধি পায়।

জেনে নাও :

\* তাপহারী বিক্রিয়ায়, প্রযুক্ত 'তাপ উপাদান'টি সাম্যাক্রিয়ক ( $K_c$ ) এর সমীকরণে 'হর' হিসেবে ভূমিকা রাখে; অপরদিকে, তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায় প্রযুক্ত 'তাপ উপাদান'টি সাম্যাক্রিয়ক  $K_c$  এর সমীকরণে 'লব' হিসেবে ভূমিকা রাখে। ফলে,

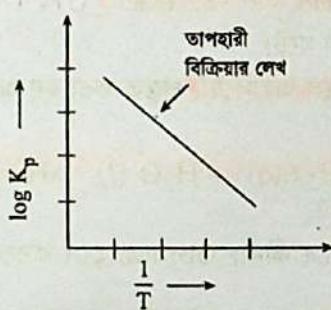
\* তাপহারী বিক্রিয়ায়, 'লব' বা উৎপাদ-এর পরিমাণ বৃদ্ধি পাওয়ায়  $K_c$  এর মান বৃদ্ধি পায়। অনুরূপভাবে,

তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায়, 'হর' বা 'বিক্রিয়ক' এর পরিমাণ বৃদ্ধির জন্য উৎপাদের বিযোজন ঘটে। ফলে উৎপাদ-হ্রাস পাওয়ায়  $K_c$  এর মান হ্রাস পায়।

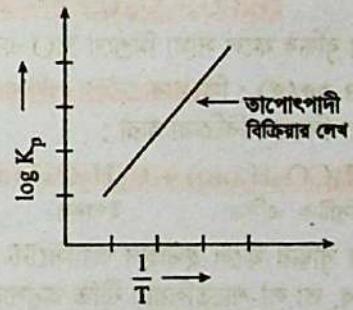
(ক) সাম্য ক্রিয়কের উপর তাপমাত্রার প্রভাব ব্যাখ্যায় ভ্যান্ট-হফ সমীকরণ : সাধারণত স্থির তাপমাত্রায় থেকেনো উভয়ী বিক্রিয়ার সাম্য ক্রিয়ক ( $K_c$  ও  $K_p$ ) এর মান স্থির থাকে। কিন্তু তাপমাত্রা পরিবর্তন করলে সাম্যাবস্থার পরিবর্তনের মতো সাম্য ক্রিয়কের মানেরও পরিবর্তন ঘটে। তাপমাত্রার ওপর সাম্য ক্রিয়কের নির্ভরশীলতার ব্যাখ্যার জন্য বিজ্ঞানী ভ্যান্ট-হফ নিম্নোক্ত সমীকরণ উপস্থাপন করেন।

$$\log K_p = \left( \frac{-\Delta H}{2.303R} \right) \times \frac{1}{T} + \text{ক্রিয়ক} \quad \text{এখানে } K_p = \text{আংশিক চাপে সাম্যক্রিয়ক,} \\ R = \text{মোলার ক্রিয়ক, } T = \text{কেলভিন তাপমাত্রা}$$

এ ভ্যান্ট হফ সমীকরণটি সরলরেখার সাধারণ সমীকরণ,  $y = mx + c$  এর অনুরূপ। তাই  $\log K_p$  বনাম  $\frac{1}{T}$  দ্বারা [অর্থাৎ 'y' বনাম 'x'] অঙ্কিত লেখচিত্রটি একটি সরলরেখা হবে। তাপহারী বিক্রিয়া ও তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে লেখচিত্র-৪.১৩(ক) ও ৪.১৩(খ) এর অনুরূপ ভিন্ন ধরনের দুটি লেখচিত্র পাওয়া যায়।



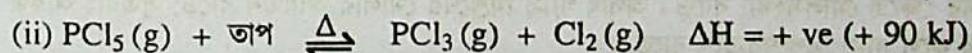
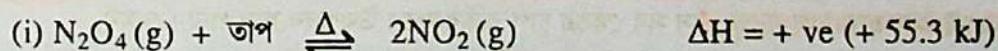
চি-৪.১৩(ক) : তাপহারী বিক্রিয়ার  $\log K_p$  বনাম  $\frac{1}{T}$  লেখ



চি-৪.১৩(খ) : তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার  $\log K_p$  বনাম  $\frac{1}{T}$  লেখ

(১) তাপহারী বিক্রিয়ার লেখ-৪.১৩(ক) থেকে বোঝা যায় যে, বিক্রিয়ক গ্যাসের তাপমাত্রা  $T$  বৃদ্ধি করলে তখন  $\frac{1}{T}$  হ্রাস পায় (X অক্ষ বরাবর) এবং  $\log K_p$  এর মানও সে অনুসারে বৃদ্ধি পায় (Y অক্ষ বরাবরে)। অর্থাৎ তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে তাপহারী বিক্রিয়ার সাম্যক্রিয়ক  $K_p$  এর মান বৃদ্ধি পায়।

এক্ষেত্রে তাপহারী বিক্রিয়ার উদাহরণ হলো  $N_2O_4$  এবং  $PCl_5$  এর তাপীয় বিযোজন। যেমন,

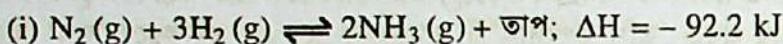


$N_2O_4$  এর বিযোজন বিক্রিয়ার তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাম্য মিশ্রণে  $NO_2$  গ্যাসের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। ফলে সাম্য ক্রিয়ক  $K_p$  এর মানও বৃদ্ধি পায়।  $PCl_5$  এর বেলায়, তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে সাম্যমিশ্রণে  $PCl_3$  ও  $Cl_2$  গ্যাসের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

$$(i) K_p = \frac{(P_{NO_2})^2}{P_{N_2O_4}} ; \quad (ii) K_p = \frac{P_{PCl_3} \times P_{Cl_2}}{P_{PCl_5}}$$

(২) তাপোৎপন্নী বিক্রিয়ার লেখচিত্র-৪.১৩(খ) থেকে বোঝা যায় যে, গ্যাসের তাপমাত্রা  $T$  বৃদ্ধি করলে তখন  $\frac{1}{T}$  এর মান হ্রাস পায় ( $X$  অক্ষ বরাবর); এবং  $\log K_p$  এর মানও হ্রাস পায় ( $Y$  অক্ষ বরাবর)। অর্থাৎ তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে তাপোৎপন্নী বিক্রিয়ার সামান্যবক  $K_p$  এর মান হ্রাস পায়।

এরপ বিক্রিয়ার উদাহরণ হলো  $N_2$  ও  $H_2$  থেকে  $NH_3$  উৎপাদন। এক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে উৎপন্ন  $NH_3$  বিমেজিত হয়ে  $NH_3$  উৎপাদন হ্রাস পায়। ফলে সাম্য ধ্রুবকের মানও হ্রাস পায়। যেমন,



$$K_p = \frac{(P_{NH_3})^2}{P_{N_2} \times (P_{H_2})^3}$$



$$\therefore K_p = \frac{(P_{SO_3})^2}{(P_{SO_2})^2 \times (P_{O_2})}$$

**MCQ-4.7 :** କୋଣଟି ପ୍ରଭାବକ  
ବିଷ? [ସି. ବୋ. ୨୦୧୬]  
(କ)  $\text{Al}_2\text{O}_3$       (ଖ)  $\text{MnO}_2$   
(ଗ)  $\text{As}_2\text{O}_3$       (ଘ)  $\text{Ni}$

### শিক্ষার্থীর কাজ-৪.৫ : সাময়িক ভাবিতিক :

**সমস্যা-৪.২৩(ক) :** রাসায়নিক সাম্যাবস্থা কী?

[দি. বো. ২০১৬]

**সমস্যা-৪.২৩(খ) :** রাসায়নিক সাম্যাবস্থা গতিশীল;-ব্যাখ্যা কর।

[চ. বো. ২০১৫]

**সমস্যা-৮.২৩(গ) :** রাসায়নিক সাম্যবদ্ধার গতিশীলতা বা চলমান প্রকৃতির প্রমাণের জন্য বাস্তব প্রমাণ উপস্থাপন কর।

**সমস্যা-৪.২৪ :** বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার ওপর প্রভাব সৃষ্টিকারী নিয়ামক কী কী এবং এদের কোনটির প্রভাব কীরণ হয়ে থাকে? [অনুধাবনভিত্তিক]

সমস্যা-৪.২৫(কে) : অটোমোবাইল ইঞ্জিনে উচ্চতাপমাত্রায় বাতাসের  $N_2$  ও  $O_2$  বিক্রিয়া করে বায়ু দৃষ্টক NO গ্যাস উৎপন্ন হয়।  $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$   $\Delta H^\circ = + 182.6 \text{ kJ}$  **DATTI 17-18**

তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে সাম্য ঘিনুকে NO এর পরিমাণে কীরুপ পরিবর্তন ঘটে?

**সমস্যা-৪.২৫(খ) :** ফিংগার-নেইল পলিশ রিমুভারজপে ব্যবহৃত ইথাইল অ্যাসিটেট প্রস্তুত করা হয় অ্যাসিটিক এসিড ও ইথানলের মধ্যে নিম্নরূপ বিক্রিয়া দ্বারা :



তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে ইথাইল অ্যাসিটেট উৎপাদন বৃদ্ধি বাহাস পাবে কীনা? তাপমাত্রা হাস করলে  $K_c$  এর কীরণ পরিবর্তন ঘটবে, তা লা-শাতেলিয়ার নীতি অনসারে ব্যাখ্যা কর।

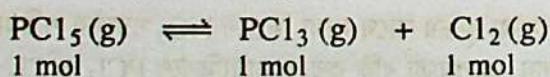
#### ৪.৬.২ সাম্যবস্থায় চাপের (আয়তনের) পরিবর্তনের প্রভাব

## **Effect of Pressure change on Equilibrium**

କୋନୋ ଗ୍ୟାସିଆ ସିଲ୍‌ଟେମ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥା ଥାକାକାଲେ ତାର ଓପର ଚାପ ବାଡ଼ାଲେ ଅଥବା ଚାପ କମାଲେ ତଥନ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥା ଏମନଭାବେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହବେ ଯାତେ ଚାପ ପରିବର୍ତ୍ତନେର ପ୍ରଭାବ ପ୍ରଶମିତ ହୁଁ । ତବେ—

(i) চাপের প্রভাব : উৎপাদের মোল সংখ্যা বেশি হলে : যদি বিক্রয়ক অপেক্ষা উৎপাদে গ্যাসীয় মোল সংখ্যা বেশি হয়, তখন আবন্ধ পাত্রে একই আয়তনে চাপ বাড়ে। সে সব ক্ষেত্রে চাপ বৃদ্ধির ফলে উৎপাদন হাস পায়। যেমন,

PC<sub>15</sub> এর বিয়োজনের ক্ষেত্রে মোলসংখ্যা বাড়ে। অর্থাৎ গ্যাস মিশ্রণের মোলার আয়তন বাড়ে; সুতরাং আবক্ষ পাত্রে একই আয়তনে এ বিক্রিয়ার ফলে গ্যাস মিশ্রণের চাপ বাড়ে।

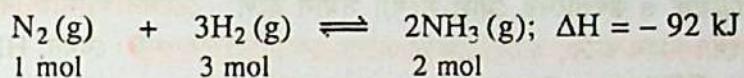


লক্ষ কর, চাপ বাড়ালে গ্যাস মিশ্রণের আয়তন কমে, ঘনমাত্রা বাড়ে। আবার চাপ কমালে মিশ্রণের আয়তন বাড়ে; ঘনমাত্রা কমে। এখন বিক্রিয়া অনুপাত (বা reaction quotient),  $Q_c = \frac{[PCl_3] \times [Cl_2]}{[PCl_5]}$  থেকে জানা যায়, যদি চাপ

বাড়ার ফলে আয়তন অর্ধেক করা হয়; তখন ঘনমাত্রা দ্বিগুণ হয়। এক্ষেত্রে  $Q_c$  এর রাশিমালার 'লব' অংশে দৃটি বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার গুণফল চারগুণ হয়; কিন্তু 'হর' অংশে ঘনমাত্রা দ্বিগুণ হয়। তখন  $Q_c > K_c$  হয়। তাই  $Q_c$  এর মান হ্রাস করার জন্য  $PC_1$  এর ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করতে বিক্রিয়া বাম দিকে ঘটবে। সুতরাং এক্ষেত্রে চাপ বাড়ালে উৎপাদন হ্রাস পায়।

(ii) চাপের প্রভাব : **উৎপাদের মোল সংখ্যা কম হলে :** যে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক অপেক্ষা উৎপাদে গ্যাসীয় মোল সংখ্যা কম হয়, সেখানে চাপ বাড়ালে বিক্রিয়া সামনের দিকে অগ্রসর হবে। যেমন,

অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণের ক্ষেত্রে বিক্রিয়ক অপেক্ষা উৎপাদের মোল সংখ্যা কম। ফলে আবন্ধ পাত্রের একই আয়তনে গ্যাসের চাপ কমে। সুতরাং সাম্যাবস্থায় চাপ বাড়ালে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বাঢ়বে।



$K_c$  এর মান দ্বারা ব্যাখ্যা : এখন সাম্যাবস্থার চাপ বৃদ্ধির প্রভাব লা-শাতেলিয়ারের নীতির আলোকে বিক্রিয়া অনুপাত (reaction quotient),  $Q_c$  এর সমীকরণ ও সাম্যাবস্থক,  $K_c$  এর সাহায্যে ব্যাখ্যা করা হলো। মনে করি  $400^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় সাম্যমিশ্রণে  $0.5\text{M}$   $N_2$ ,  $3.0\text{M}$   $H_2$  এবং  $1.98\text{M}$   $NH_3$  আছে।

$$\therefore Q_c = \frac{[NH_3]_t^2}{[N_2]_t \times [H_2]_t^3} = \frac{(1.98)^2}{(0.5) \times (3.0)^3} = 0.29 = K_c$$

**MCQ-4.8 :** কোনটি সাম্যাবস্থার বৈশিষ্ট্য নয়?

[ঢ. বো. ২০১৫]

- (ক) সাম্যের স্থায়িত্ব      (খ) উভয় দিকে সুগম্যতা  
 (গ) বিক্রিয়ার হার      (ঘ) বিক্রিয়ার অসম্পূর্ণতা

এ সাম্যাবস্থাকে বিশ্লেষণ বা নষ্ট করার জন্য চাপ বৃদ্ধি করে আয়তন অর্ধেক করা হলো;

তখন প্রতিটি উপাদানের ঘনমাত্রা দ্বিগুণ হয়।  $[NH_3]_t = 1.98 \times 2 = 3.96$ ,

$[N_2]_t = 0.5 \times 2 = 1.0$ ,  $[H_2]_t = 3.0 \times 2 = 6.0$  হয়। এসব মান  $Q_c$  এর সমীকরণে বসিয়ে পাই :

$$Q_c = \frac{[NH_3]_t^2}{[N_2]_t \times [H_2]_t^3} = \frac{(3.96)^2}{(1.0) \times (6.0)^3} = 0.0726 < K_c$$

তাই  $Q_c$  এর মান বৃদ্ধির জন্য বিক্রিয়া ডানদিকে অগ্রসর হয়ে অধিক  $NH_3$  উৎপন্ন হয়। অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণে উচ্চচাপ  $200 - 300 \text{ atm}$  প্রয়োগ করে সম্ভাব্য অধিক পরিমাণ  $NH_3$  উৎপাদন করা হয়।



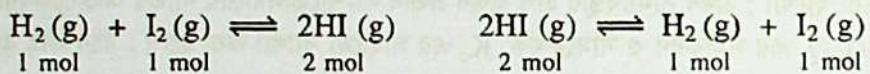
চিত্র-৪.১৪ : অ্যামোনিয়া উৎপাদনের বেলায় চাপ বৃদ্ধিতে উৎপাদন বৃদ্ধি।

$K_p$  এর মান দ্বারা ব্যাখ্যা : মনে করি  $400^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির সাম্যমিশ্রণে  $N_2$ ,  $H_2$  ও  $NH_3$  গ্যাসের মোল গুণাংশ হলো যথাক্রমে  $X_{N_2}$ ,  $X_{H_2}$  ও  $X_{NH_3}$  এবং সাম্যমিশ্রণের মোটচাপ  $P$ । সুতরাং সাম্যমিশ্রণে  $N_2$ ,  $H_2$  ও  $NH_3$  এর আংশিক চাপ হবে :  $p_{N_2} = X_{N_2} \times P$ ,  $p_{H_2} = X_{H_2} \times P$  এবং  $p_{NH_3} = X_{NH_3} \times P$

$$\therefore \text{বিক্রিয়াটির সাম্যকুরক}, K_p = \frac{(p_{NH_3})^2}{p_{N_2} \times (p_{H_2})^3} = \frac{(X_{NH_3} \times P)^2}{(X_{N_2} \times P) \times (X_{H_2} \times P)^3} = \frac{X_{NH_3}^2}{X_{N_2} \times X_{H_2}^3} \times \frac{1}{P^2}$$

$K_p$  এর সমীকরণের ডান দিকে চাপের রাশি  $P^2$  মানটি 'হ'র' হিসেবে আছে। স্থির তাপমাত্রায়  $K_p$  এর মান একটি স্থির (constant) রাশি। তাই  $K_p$  এর মান স্থির রাখার জন্য  $K_p$  এর রাশিমালায় 'লবের মান' অর্থাৎ  $NH_3$  এর মোল-ভগ্নাংশ ( $X_{NH_3}$ ) বৃদ্ধি পাবে। সুতরাং স্থির তাপমাত্রায়  $NH_3$  উৎপাদনে সাম্যাবস্থায় চাপ বৃদ্ধির ফলে সাম্যাবস্থা ডানদিকে সরে যায়। ফলে  $NH_3$  উৎপাদন বৃদ্ধি পায়।

(iii) চাপের প্রভাব : বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোল সংখ্যা সমান হলে : যে সব গ্যাসীয় বিক্রিয়ার উভয় দিকে বিক্রিয়ক ও উৎপাদ এর মোল সংখ্যা সমান থাকে, তাদের ক্ষেত্রে চাপের কোনো প্রভাব নেই। যেমন,  $H_2$ - $I_2$  প্রস্তুতকরণ বা  $HI$ -এর বিযোজন উভয়ুভী বিক্রিয়াটিতে বিক্রিয়কের ও উৎপাদের মোল-সংখ্যা সমান থাকে।



এক্ষেত্রে চাপ বিশুণ করলে গ্যাস মিশ্রণের আয়তন অর্ধেক হয়; কিন্তু প্রতি উৎপাদানের ঘনমাত্রা বিশুণ হয়। তখন বিক্রিয়া-অনুপাত,  $Q_c$  এর রাশিমালার ক্ষেত্রে 'লব' ও 'হ'র' উভয় দিকে দুটি করে পদ থাকায় উভয়ের অনুপাত অর্থাৎ  $Q_c$  এর মান অপরিবর্তিত থাকে। তাই এক্ষেত্রে চাপের কোনো প্রভাব পড়ে না।

$$Q_c = \frac{[HI]^2}{[H_2] \times [I_2]} = \frac{[HI] \times [HI]}{[H_2] \times [I_2]} ; \quad Q_c = \frac{[H_2] \times [I_2]}{[HI]^2} = \frac{[H_2] \times [I_2]}{[HI] \times [HI]}$$

### সমাধানকৃত সমস্যা-৪.১০ : সাম্যাবস্থায় চাপের প্রভাব সম্পর্কীয় :

নিম্নোক্ত রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় চাপ-হাস করে গ্যাসীয় আয়তন বৃদ্ধি করলে বিক্রিয়া মিশ্রণে উৎপাদের মোল সংখ্যা বৃদ্ধি, হাস অথবা একই থাকবে কীনা যুক্তি দেখাও :

- (ক)  $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$ ;
- (খ)  $CaO(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons CaCO_3(s)$
- (গ)  $3Fe(s) + 4H_2O(g) \rightleftharpoons Fe_3O_4(s) + 4H_2(g)$

দক্ষতা : লা-শাতেলিয়ারের নীতি অনুসারে, সাম্যাবস্থায় গ্যাস মিশ্রণের চাপ-হাসের ফলে বিক্রিয়ার গতি সে দিকে যাবে, যে দিকে হলে গ্যাসীয় মোল সংখ্যা বৃদ্ধি পায়।

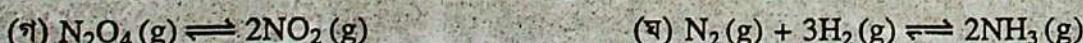
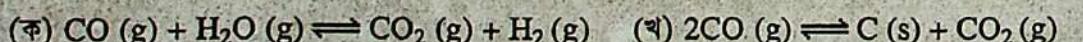
সমাধান : (ক) এক্ষেত্রে 1 mol বিক্রিয়ক গ্যাস বিযোজনে 2 mol উৎপাদ গ্যাস উৎপন্ন হয়; তাই চাপ-হাসের প্রভাব বা আয়তন বৃদ্ধির প্রভাব দূর করতে উৎপাদের যেমন  $PCl_3$  ও  $Cl_2$  এর মোল সংখ্যা বৃদ্ধি পাবে।

(খ) এক্ষেত্রে সমতাযুক্ত সমীকরণ মতে কেবল 1 mol গ্যাসীয় বিক্রিয়ক আছে; কোনো উৎপাদ গ্যাস নয়। তাই চাপ-হাসের প্রভাব বা আয়তন বৃদ্ধির প্রভাব দূর করতে উৎপাদ থেকে বিক্রিয়ক গ্যাস উৎপন্ন হবে। ফলে উৎপাদ  $CaCO_3$  এর মোল সংখ্যা হাস পাবে।

(গ) এক্ষেত্রে সমতাযুক্ত সমীকরণ মতে বিক্রিয়ক ও উৎপাদ উভয় ক্ষেত্রে 2 mol গ্যাসীয় পদার্থ আছে; তাই চাপের হাসের ফলে সাম্যমিশ্রণে মোল সংখ্যার কোনো পরিবর্তন ঘটবে না; একই থাকবে।

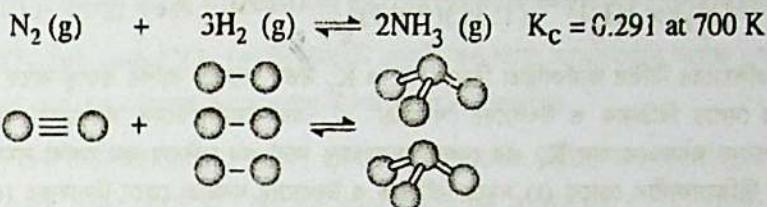
### শিক্ষার্থী নিজে কর-৪.৬ : সাম্যাবস্থায় চাপের প্রভাব :

সমস্যা- ৪.২৬ : নিম্নোক্ত রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় চাপ বৃদ্ধি করে গ্যাসীয় আয়তন হাস করলে বিক্রিয়া মিশ্রণে প্রতিক্ষেত্রে উৎপাদের মোল সংখ্যা বৃদ্ধি, হাস বা একই থাকবে কীনা যুক্তি দেখাও :



### ৪.৬.৩ সাম্যাবস্থায় ঘনমাত্রা পরিবর্তনের প্রভাব Effect of Concentration change on Equilibrium

গ্যাসীয় সাম্যাবস্থায়  $N_2$  গ্যাস ও  $H_2$  গ্যাস থেকে হেবার পদ্ধতিতে  $NH_3$  উৎপাদনের ক্ষেত্রে ঘনমাত্রা পরিবর্তনের প্রভাব আলোচনা করা যাক :



চিত্র-৪.১৫ :  $NH_3$  সংশ্লেষণে বিক্রিয়ক ও উৎপাদনের আগন্তিক মডেল সমীকরণ

মনে করি, 700K ( $427^\circ C$ ) তাপমাত্রায়, এ বিক্রিয়ার সাম্যমিশ্রণে  $0.5 \text{ M } N_2$ ,  $3.0 \text{ M } H_2$  ও  $1.98 \text{ M } NH_3$  গ্যাস আছে। এখন ঐ সাম্যাবস্থা বিশৃঙ্খল বা নষ্ট করার জন্য  $N_2$  এর ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করে 1.5 M করা হলো। এখন লা-শাতেলিয়ারের নীতি কী বলে? এ নীতি অনুসারে  $N_2$  এর ঘনমাত্রা বৃদ্ধিজনিত চাপ বা পীড়ন (stress) থেকে উপর্যুক্ত জন্য কিছু  $N_2$  গ্যাস  $H_2$  গ্যাসসহ বিক্রিয়া করে আরো  $NH_3$  গ্যাস উৎপন্ন করবে। তখন  $NH_3$  এর পরিমাণ বাড়বে,  $N_2$  ও  $H_2$  এর পরিমাণ কমবে। চিত্র-৪.১৬ থেকে তা সুস্পষ্ট হবে। সাধারণভাবে সাম্যমিশ্রণে কোনো বিক্রিয়ক বা উৎপাদ যুক্ত বা অপসারণ করলে সাম্যাবস্থা ডানে বা বামে দিক পরিবর্তন করে ঘনমাত্রা পরিবর্তনের প্রভাব হাস করবে।

\* ঘনমাত্রার বৃদ্ধি ঘটলে, সাম্য-সিস্টেমটি ডানে বা বামে বিক্রিয়া দ্বারা ঐ যুক্ত উপাদান কিছু হাস করবে।

\* ঘনমাত্রার হাস ঘটলে, সাম্য-সিস্টেমটি ডানে বা বামে বিক্রিয়া দ্বারা হাসকৃত উপাদান কিছু বৃদ্ধি করবে।

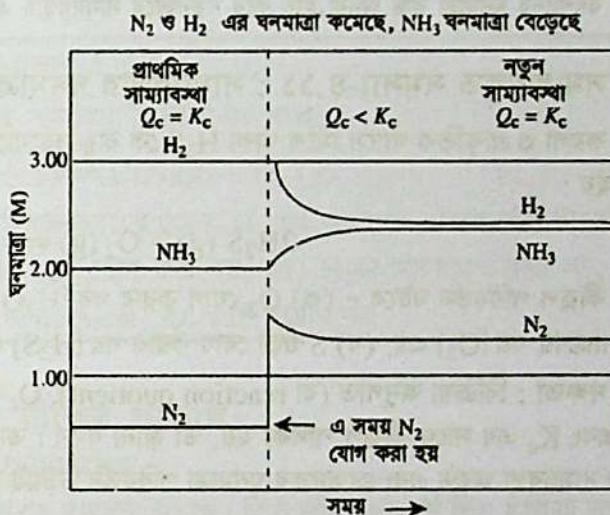
এখন আমরা লা-শাতেলিয়ারের নীতির কার্যকারিতা বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থাকের সাহায্যে জানতে চেষ্টা করবো। বিক্রিয়ার তাপমাত্রায় (700K) প্রাথমিক সাম্যমিশ্রণে  $0.50 \text{ M } N_2$  গ্যাস,  $3.0 \text{ M } H_2$  গ্যাস ও  $1.98 \text{ M } NH_3$  গ্যাস সহযোগে সংঘটিত বিক্রিয়া অনুপাত (reaction quotient),  $Q_c$  এর নির্ণীত মান এবং বিক্রিয়া সমীকরণে প্রদত্ত সাম্যাবস্থক,  $K_c$  ( $0.291$ ) এর মান সমান হয়।

$$Q_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \times [H_2]^3} = \frac{(1.98)^2}{(0.50)(3.0)^3} = 0.29 = K_c$$

\* যখন সাম্যাবস্থাকে বিশৃঙ্খল বা নষ্ট করার জন্য  $N_2$  এর ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করে 1.5 M করা হয়, তখন সাম্যাবস্থক সমীকরণের 'হর' অংশের মান বৃদ্ধি পায়; ফলে  $Q_c$  এর মান হাস পেয়ে  $K_c$  মানও কম হয়।

$$Q_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \times [H_2]^3} = \frac{(1.98)^2}{(1.50) \times (3.0)^3} = 0.0968 < K_c$$

\*\* তাই নতুনভাবে সাম্যাবস্থা অর্জনের জন্য  $Q_c$  এর মান বৃদ্ধি করতে সাম্যাবস্থকের সমীকরণের ডানদিকের অনুপাত রাশিতে 'হর' এর মান হাস ও 'লব' এর মান বৃদ্ধি করতে হবে। এ জন্য কিছু  $N_2$  ও  $H_2$  কে  $NH_3$  গ্যাসে পরিবর্তন করতে



চিত্র-৪.১৬ : সাম্যমিশ্রণে  $N_2$  উৎপাদন যোগ করার পর সাম্য মিশ্রণে  $N_2$ ,  $H_2$ ,  $NH_3$  এর ঘনমাত্রার পরিবর্তন।

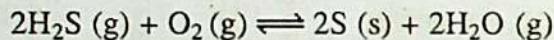
হয়। এটিই লা-শাতেলিয়ারের নীতির মূল কথা। নতুন সাম্যাবস্থা লাভের পর (চিত্র-৪.১৬ দেখ) সাম্যমিশ্রণের ঘনমাত্রায়  $1.31 \text{ M N}_2$ ,  $2.43 \text{ M H}_2$  ও  $2.36 \text{ M NH}_3$  থাকে (চিত্র-৪.১৬ এর নতুন সাম্যাবস্থায়  $\text{H}_2$ ,  $\text{NH}_3$  ও  $\text{N}_2$  এর ঘনমাত্রা Y-অক্ষ থেকে নেয়া হয়েছে)। তখন  $Q_c$  এর নির্ণিত মান ( $0.296$ ) ও  $K_c$  ( $0.29$ ) এর নির্দিষ্ট মানের প্রায় সমান হয়।

$$Q_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \times [\text{H}_2]^3} = \frac{(2.36)^2}{(1.31)(2.43)^3} = 0.296 = K_c$$

[দ্রষ্টব্য : (১) লা-শাতেলিয়ারের নীতির কার্যকারিতা বিচারে  $Q_c$  ও  $K_c$  উভয় অনুপাত রাশির গুরুত্ব আছে। (২)  $Q_c$  ও  $K_c$  এর মধ্যে মূল পার্থক্য হলো, ' $Q_c$ ' এর বেলায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদের 'ঘনমাত্রা'  $K_c$  এর সাম্যসিটেমের 'ঘনমাত্রার' মানের মতো নাও হতে পারে অর্থাৎ  $Q_c$  এর বেলায় উৎপাদের ঘনমাত্রার মান  $K_c$  এর বেলায় 'ঘনমাত্রার মান' এর তুলনায় কম অথবা সমান অথবা বেশি হতে পারে। (৩) তাই নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিক্রিয়াকালীন কোনো (t) সময়ে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ঘনমাত্রা জেনে হিসাবকৃত (calculated)  $Q_c$  এর মান যখন  $K_c$  এর স্থিতির মানের সমান হয়, তখন বিশৃঙ্খল অবস্থার (disturbed) বিক্রিয়া-সিটেমটি লা-শাতেলিয়ারের নীতি অনুসারে প্রয়োজন মতো উৎপাদের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি অথবা হ্রাস করে নতুনভাবে সাম্যাবস্থায় এসেছে প্রমাণ করে।]

### সমাধানকৃত সমস্যা-৪.১১ : সাম্যাবস্থায় ঘনমাত্রা পরিবর্তনের প্রভাব

কয়লা ও প্রাকৃতিক গ্যাসে মিশে থাকা  $\text{H}_2\text{S}$  কে বায়ু সহযোগে জারিত করে প্রয়োজনীয় সালফার সংগ্রহ ও বায়ুদূষণ রোধ করা হয় :



কীরুপ পরিবর্তন ঘটবে - (ক)  $\text{O}_2$  যোগ করার পর  $[\text{H}_2\text{O}]$  এর; (খ)  $\text{O}_2$  যোগ করার পর  $[\text{H}_2\text{S}]$  এর, (গ)  $\text{H}_2\text{S}$  এর অপসারণের পর  $[\text{O}_2]$  এর; (ঘ)  $\text{S}$  গুঁড়া যোগ করার পর  $[\text{H}_2\text{S}]$  এর ?

দক্ষতা : বিক্রিয়া অনুপাত (বা reaction quotient),  $Q_c$  বিবেচনা করে প্রতিটি পরিবর্তনের পর  $Q_c$  এর কী পরিবর্তন হয় এবং  $K_c$  এর সাথে কীরুপ পার্থক্য হয়, তা জানা যাবে। তা থেকে সাম্যাবস্থা কী ভাব বা বাম কোন দিকে অগ্রসর হয়ে নতুন সাম্যাবস্থা অর্জন এবং প্রত্যেকের ঘনমাত্রা পরিবর্তন উভয়ই জানা যাবে।

সমাধান : বিক্রিয়া অনুপাত (বা reaction quotient),  $Q_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{H}_2\text{S}]^2 \times [\text{O}_2]}$

(ক) মিশ্রণে  $\text{O}_2$  যোগ করলে,  $Q_c$  এর হরের মান বাড়ে; তখন  $Q_c < K_c$  হবে। তাই সাম্যাবস্থা লাভের জন্য বিক্রিয়া ডান দিকে ঘটবে এবং  $[\text{H}_2\text{O}]$  বাড়বে।

(খ) যেহেতু  $\text{O}_2$  যোগ করলে,  $Q_c < K_c$  হয়; তখন কিছু  $\text{H}_2\text{S}$  ঐ যোগ করা  $\text{O}_2$  এর সাথে বিক্রিয়া করে, তখন সাম্যাবস্থা ডানদিকে অগ্রসর হবে এবং  $[\text{H}_2\text{S}]$  কমবে।

(গ)  $\text{H}_2\text{S}$  অপসারণের পর  $Q_c$  এর হরের মান কমবে; তখন  $Q_c > K_c$  হবে। তাই সাম্যাবস্থা বাম দিকে শিফটের জন্য কিছু  $\text{H}_2\text{S}$  ও  $\text{O}_2$  উৎপন্ন হবে এবং  $[\text{O}_2]$  বাড়বে।

(ঘ) কঠিন বস্তু  $\text{S}$  এর ঘনমাত্রা 1 এবং অগ্রিবর্তিত ধরা হয় এবং বিক্রিয়া অনুপাত রাশি  $Q_c$  এর সমীকরণে কঠিন বস্তুকে ধরা হয় না।

### সমাধানকৃত সমস্যা-৪.১২ : সাম্যাবস্থায় বিভিন্ন নিয়ামকের প্রভাব :

(ক)  $\text{A} (\text{g}) + \text{B} (\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C} (\text{g})$  : বিক্রিয়াটি একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সাম্যাবস্থায় আছে। বিক্রিয়াটিতে (১) প্রভাবক যোগ করলে অথবা (২) স্থির তাপমাত্রায় চাপ বৃদ্ধি করলে উৎপাদ  $\text{C} (\text{g})$  এর পরিমাণ বৃদ্ধি করা যাবে কি?

সমাধান : (১) অনুষ্টক যোগ করে  $\text{C} (\text{g})$  এর পরিমাণ বাড়ানো যাবে না, কারণ সাম্যব্যাবস্থার উপর অনুষ্টকের কোনো প্রভাব নেই। (২) যেহেতু বিক্রিয়াটিতে আয়তনের কোনো পরিবর্তন হয় না, তাই বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থার ওপর চাপের কোনো প্রভাব নেই। কাজেই স্থির তাপমাত্রায় চাপবৃদ্ধি করে  $\text{C} (\text{g})$  এর উৎপাদন বাড়ানো সম্ভব নয়।

(খ)  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$  বিক্রিয়াটি একটি বদ্ধ পাত্রে আছে। যদি স্থির তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থায় বাইরে থেকে  $\text{CO}_2(\text{g})$  যোগ করা হয়, তাহলে সাম্যাবস্থার উপর কী প্রভাব পড়বে?

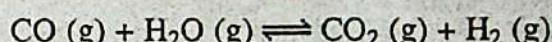
সমাধান : প্রদত্ত বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে  $K_p = P_{\text{CO}_2}$ । স্থির তাপমাত্রার বাইরে থেকে  $\text{CO}_2$  যোগ করলে  $\text{CO}_2$  এর আংশিক চাপ ( $P_{\text{CO}_2}$ ) বৃদ্ধি পাবে। কিন্তু নির্দিষ্ট তাপমাত্রায়  $K_p$  এর মান ধ্রুবক। তাই, অতিরিক্ত  $\text{CO}_2$  গ্যাস সমমৌলার  $\text{CaO}$  এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে  $\text{CaCO}_3$  উৎপন্ন করবে। যতক্ষণ না  $\text{CO}_2$  এর আংশিক চাপ পূর্বের চাপের সমান হয়।

(গ)  $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g})$  বিক্রিয়াটি একটি বদ্ধপাত্রে সাম্যাবস্থায় আছে। যদি বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থায় বাইরে থেকে  $\text{C}(\text{s})$  যোগ করা হয়, তাহলে সাম্যাবস্থার উপর কী প্রভাব পড়বে?

সমাধান :  $\text{C}(\text{s})$  একটি বিশুদ্ধ কঠিন পদার্থ। এ ধরনের পদার্থের সক্রিয় ভর সর্বদা ধ্রুবক এবং সক্রিয় ভরের মান পদার্থটির পরিমাপের উপর নির্ভর করে না। কাজেই প্রদত্ত বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায়  $\text{C}(\text{s})$  যোগ করলে সাম্যাবস্থার কোনো পরিবর্তন হবে না।

শিক্ষার্থী নিজে কর-৪.৭ : সাম্যাবস্থায় ঘনমাত্রার প্রভাব :

সমস্যা-৪.২৭ : ওয়াটার গ্যাস শিফ্ট বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থা বিবেচনা করা যাক :



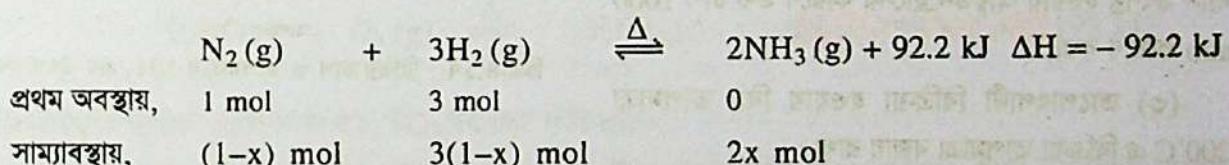
লা-শাতেলিয়ারের নীতিভিত্তিক ব্যাখ্যা কর নিচের পরিবর্তনসমূহের বেলায়  $\text{H}_2$  এর ঘনমাত্রায় কীরুপ পরিবর্তন ঘটবে; যখন সাম্য মিশ্রণে - (ক)  $\text{CO}$  যোগ করা হয়; (খ)  $\text{CO}_2$  যোগ করা হয়; (গ)  $\text{H}_2\text{O}$  অপসারণ করা হয়; (ঘ)  $\text{CO}_2$  অপসারণ করা হয়। বিক্রিয়া অনুপাত (বা reaction quotient),  $Q_c$  রাশি গ্রয়োগ কর।

## ৪.৭ শিল্পোৎপাদনে লা-শাতেলিয়ারের নীতির প্রয়োগ

### Use of Le-Chatelier's Principle in Industries

শিল্প উৎপাদনের ক্ষেত্রে লা-শাতেলিয়ারের নীতির ব্যাপক ব্যবহার রয়েছে। নিচে দুটি গুরুত্বপূর্ণ শিল্প প্রক্রিয়া সম্পর্কে এ নীতির আলোকে আলোচনা করা হলো।

(ক) অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপাদন : বাণিজ্যিক ভিত্তিতে হেবার-বোস পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদনের বিক্রিয়া নিম্নলিখিত সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায় :



(১) চাপের প্রভাব : এ বিক্রিয়ায় চাপের প্রভাব  $K_p$  এর রাশিমালা থেকে জানা যায়। সমীকরণ মতে, সাম্যাবস্থায় মোট মৌলসংখ্যা  $= (1 - x + 3 - 3x + 2x) = (4 - 2x)$

$$\text{বিক্রিয়ার সাম্যাক্রিয়া, } K_p = \frac{(\text{P}_{\text{NH}_3})^2}{(\text{P}_{\text{N}_2}) \times (\text{P}_{\text{H}_2})^3}$$

$$\text{গ্যাস মিশ্রণটির মোট চাপ } P \text{ হলে; } \text{NH}_3 \text{ এর আংশিক চাপ, } \text{P}_{\text{NH}_3} = \frac{2x \cdot P}{(4-2x)} = \frac{x \cdot P}{(2-x)}$$

$$\text{N}_2 \text{ এর আংশিক চাপ, } \text{P}_{\text{N}_2} = \frac{(1-x)P}{(4-2x)} \text{ এবং } \text{H}_2 \text{ এর আংশিক চাপ, } \text{P}_{\text{H}_2} = \frac{(3-3x)P}{(4-2x)}$$

$$\therefore K_p = \frac{\left(\frac{x}{2-x} \cdot P\right)^2}{\left(\frac{1-x}{4-2x} \cdot P\right) \left(\frac{3-3x}{4-2x} \cdot P\right)^3} = \frac{\frac{x^2 \times P^2}{(2-x)^2}}{\frac{(1-x) \times P}{2(2-x)} \times \frac{27(1-x)^3 \times P^3}{8(2-x)^3}}$$

$$\therefore K_p = \frac{16x^2(2-x)^2}{27(1-x)^4 P^2}; \text{ যদি } x \ll 1 \text{ হয়।}$$

তখন  $(1-x)=1$  এবং  $(2-x)=2$  ধরে পাই;

$$\therefore K_p = \frac{64}{27} \cdot \frac{x^2}{P^2}; \text{ বা, } x^2 = \frac{27}{64} \cdot K_p \cdot P^2$$

**চিন্তা কর :** বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করলে সাম্যবস্থা কোন দিকে সরে যায়? **MAT:14-15**  
 (ক) ডানে (খ) স্থিত অবস্থায় থাকে  
 (গ) বামে (ঘ) অপরিবর্তিত থাকে

সমীকরণ মতে, স্থির তাপমাত্রায় মোট চাপ  $P$  এর মান যতোই বৃদ্ধি করা যাবে উৎপাদ,  $x$  এর মান ততোই বৃদ্ধি পাবে অর্থাৎ  $\text{NH}_3$  এর উৎপাদন ত্বরান্বিত হবে। কারণ, স্থির তাপমাত্রায়  $K_p$  এর মান ফ্রবক। অর্থাৎ চাপ বৃদ্ধির ফলে  $\text{NH}_3$  এর উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে এবং চাপ হ্রাসের ফলে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন হ্রাস পাবে। পরীক্ষামূলক ডাটা থেকে দেখা যায়, চাপ 200–300 atm এর মধ্যে রাখলে উৎপাদন বাঢ়ে। **বাস্তবে অ্যামোনিয়া উৎপাদনে 200 atm অত্যানুকূল চাপরূপে প্রয়োগ করা হয়।**

(২) তাপমাত্রার প্রভাব : অ্যামোনিয়া উৎপাদন বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদী। সুতরাং লা-শাতেলিয়ারের নীতি অনুসারে তাপমাত্রা যতো কম হবে, অ্যামোনিয়ার উৎপাদন ততো বেশি হবে।

\* **বিভিন্ন শিল্পে অ্যামোনিয়া উৎপাদনের ডাটা** মতে (চি-৮.১৭) **সর্বাধিক 98.3%** অ্যামোনিয়া উৎপাদনের তিন শর্ত হলো :

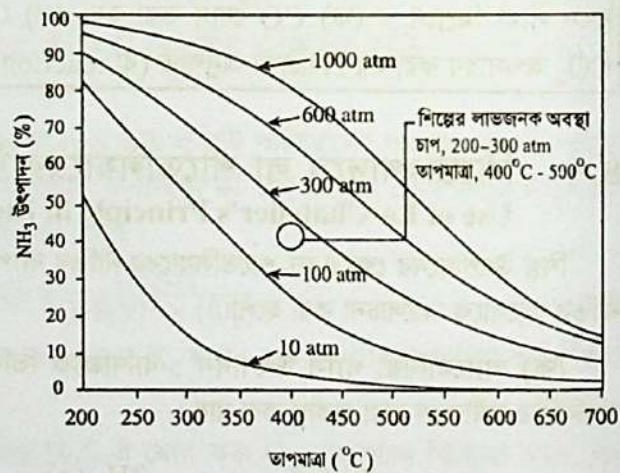
(১)  $\text{NH}_3$  গ্যাস উৎপন্ন হওয়ার সাথে সাথে এর বিযোজন রোধে একে বিক্রিয়া স্থল থেকে অপসারণ করা;

(২) 4 mol বিক্রিয়ক গ্যাস থেকে 2 mol  $\text{NH}_3$  গ্যাস উৎপন্ন হওয়ায় আয়তন হ্রাসের কারণে উচ্চ চাপ 1000 atm প্রয়োগ করা;

(৩) তাপোৎপাদী বিক্রিয়া হওয়ায় নির্ম তাপমাত্রা  $200^\circ\text{C}$  এ বিক্রিয়া তাপমাত্রা বজায় রাখা।

কিন্তু শিল্প কারখানায় অর্থনৈতিক লাভের জন্য উৎপাদনের পরিমাণের সাথে সময়ের হিসাবটাও দরকার। নির্ম তাপমাত্রায় অ্যামোনিয়া উৎপাদনের হার বা গতি হ্রাস পায় এবং উচ্চ তাপমাত্রায় বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি পায়। অপরদিকে তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে সাম্যবস্থায় অ্যামোনিয়ার শতকরা উৎপাদন হ্রাস পায় (চি-৮.১৭)। এ দুটি বিপরীত শর্তের কারণে এমন একটি তাপমাত্রা নির্বাচন করতে হয়, যে তাপমাত্রায় যথোপযুক্ত কম সময়ে আশানুরূপ উৎপাদন লাভ করা যায়।

প্রতিটি তাপোৎপাদী শিল্প প্রক্রিয়ায় এমন একটি সর্বনিম্ন তাপমাত্রা আছে, যাতে প্রক্রিয়া সম্পাদন লাভজনক হয়। এ তাপমাত্রাকে অত্যানুকূল তাপমাত্রা (optimum temperature) বলা হয়। শিল্পোৎপাদনে যে কোনো প্রভাবক রাসায়নিক বিক্রিয়ার বেগ ত্বরান্বিত করে। কিন্তু সাম্য অবস্থার ওপর এর প্রভাব নেই। এ কারণে শিল্পোৎপাদনে অধিকাংশ ক্ষেত্রে প্রভাবকের সাহায্য গ্রহণ করা হয়। অত্যানুকূল তাপমাত্রা বিভিন্ন প্রভাবকের জন্য বিভিন্ন হয়। তবে এ বিক্রিয়ায় **Fe গুড়া**



চি-৮.১৭ : বিভিন্ন চাপ ও তাপমাত্রায়  $\text{NH}_3$  এর উৎপাদন।

প্রভাবকের সাথে  $MgO$ ,  $SiO_2$  ও  $Al_2O_3$  মিশ্রণকে প্রভাবক সহায়ক বা প্রমোটর (promoter) হিসেবে ব্যবহার করা হয় এবং অত্যানুকূল তাপমাত্রার পে 400°–500°C বজায় রাখা হয়।

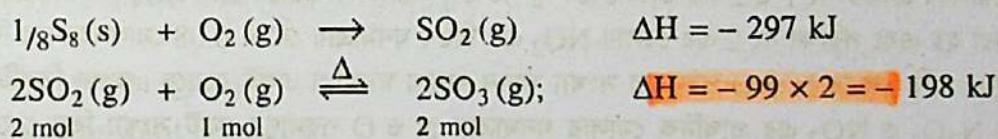
বিক্রিয়াটিতে আয়তন হ্রাস পায় বলে উচ্চাপে  $NH_3$  এর উচ্চ উৎপাদন আশা করা সঙ্গত, যা এ বিক্রিয়ার  $K_p$  এর সমীকরণ থেকেও স্পষ্ট। তাই এ বিক্রিয়ার জন্য অত্যানুকূল 200–300 atm চাপ প্রয়োগ করা হয়ে থাকে।

\*\* লাভজনকভাবে শিল্পক্ষেত্রে বাস্তবে সর্বাধিক 35–40%  $NH_3$  (আয়তনে) উৎপাদন করতে নিম্নরূপ অত্যানুকূল অবস্থা প্রয়োগ করা হয় :

(1) বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধির জন্য প্রভাবক  $Fe$  গুঁড়া ও প্রমোটরের পেগলিত (fused)  $MgO$ ,  $Al_2O_3$  ও  $SiO_2$  এর মিশ্রণের 5 mm – 10 mm স্তর বিক্রিয়া চেষ্টারে ব্যবহার; (2) বিক্রিয়া পরিবেশে 400°–500°C তাপমাত্রা বজায় রাখা;

(3) চাপমাত্রা 200–300 atm প্রয়োগ করে  $NH_3$  গ্যাসকে প্রথমে শীতল ও পরে তরলীভূত করে স্টোরেজে সংরক্ষণ করা।

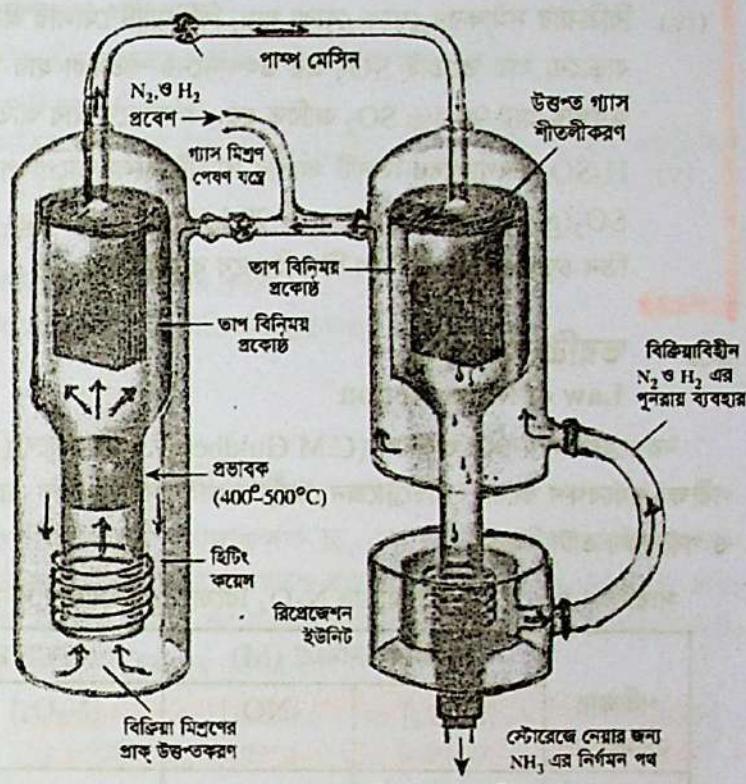
(খ) সালফিউরিক এসিড শিল্পোৎপাদনের ক্ষেত্রে  $SO_2$ -এর জারণ বা  $SO_3$  উৎপাদন : বাণিজ্যিক ভিত্তিতে সালফিউরিক এসিড প্রস্তুতির একটি গুরুত্বপূর্ণ ধাপ হচ্ছে  $SO_2$ -এর জারণ। উৎপন্ন  $SO_3$  গ্যাসের সাথে পানির বিক্রিয়া ঘটিয়ে সালফিউরিক এসিড প্রস্তুত করা হয়। পানিতে  $SO_3$  এর দ্রবণীয়তা কম বলে 98%  $H_2SO_4$  এসিডে  $SO_3$  গ্যাসকে শোষিত করা হয়।



উপরিউক্ত সমীকরণ থেকে জানা যায়,  $SO_3$  উৎপাদন বিক্রিয়াটি-

লা-শাতেলিয়ারের নীতি অনুসারে, নিম্ন তাপমাত্রায় ও উচ্চ চাপে সম্মুখ দিকে ঘটবে। কিন্তু উচ্চাপে সালফার ডাইঅক্সাইড তরলীভূত হয় এবং নিম্ন তাপমাত্রায় বিক্রিয়ার গতি হ্রাস পায়। এ কারণে, নিম্নোক্ত শর্তবলি প্রয়োগ করে প্রভাবকীয় জারণ প্রক্রিয়ায় সর্বোচ্চ পরিমাণ  $SO_3$  উৎপাদন করা হয়।

- (i) বিক্রিয়াটি উভয় এবং তাপে পার্শ্বপাদী, তাই নিম্ন তাপমাত্রায়  $SO_3$  এর উৎপাদন বাঢ়বে। তবে নিম্ন তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ধীরগতিতে অগ্রসর হয় বলে উচ্চ তাপমাত্রার প্রয়োজন হয়।
- (ii) প্রভাবক ব্যবহার করেও বিক্রিয়ার গতি বাঢ়ানো হয়। এক্ষেত্রে ভ্যানাডিয়াম পেন্টোক্সাইড ( $V_2O_5$ ) চূর্ণ প্রভাবক নিম্নোক্ত সিলিকা জালির পেগলিতে ব্যবহার করে 400°–500°C তাপমাত্রা এ ক্ষেত্রে অত্যানুকূল তাপমাত্রা হয়।
- (iii) বাতাসের অক্সিজেন যেহেতু সহজলভ্য, সেহেতু শিল্পক্ষেত্রে এ বিক্রিয়ার জন্য হিসাবকৃত পরিমাণের তুলনায় প্রায় তিনগুণ বাতাস বিক্রিয়াস্থলে প্রবেশ করানো হয় যাতে অধিক পরিমাণ  $SO_2$  জারিত হয়।



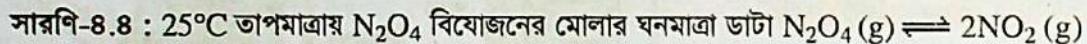
চিত্র-৪.১৮ : হেবার পদ্ধতিতে আয়মেনিয়া উৎপাদন

- (iv) বিক্রিয়ার সমীকরণ থেকে বোঝা যায়, বিক্রিয়াটি মৌলার আয়তন হাসের মাধ্যমে সংঘটিত হয় অর্থাৎ যতোই চাপ বাড়ানো যায় ততোই  $\text{SO}_3$  এর উৎপাদনের শতকরা হার বাড়ানো যায়। তবে 1.7 atm চাপেই উপরোক্তিত অবস্থায় প্রায় 99.5%  $\text{SO}_2$  জারিত হয়। এ কারণে আর অতিরিক্ত চাপ প্রয়োগ করা হয় না।
- (v)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  উৎপাদনের তিনটি ধাপের প্রতিটি হলো তাপোৎপাদী। যেমন  $\text{S}_8$  এর দখনে  $\Delta H^\circ = -297 \text{ kJ/mol}$ ;  $\text{SO}_2(\text{g})$  এর জারণে  $\Delta H^\circ = -99 \text{ kJ/mol}$  ও  $\text{SO}_3(\text{g})$  এর হাইড্রেশনে  $\Delta H^\circ = -132 \text{ kJ/mol}$  হয়। তাই তিন-চতুর্থাংশ উৎপন্ন তাপ স্থিম হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

## ৪.৮ ভরক্রিয়ার সূত্র

### Law of Mass Action

নরওয়ের রসায়নবিদ গুল্ডবার্গ (C.M Guldberg) ও পি. ভাগে (P. Wage) বিভিন্ন উভয়ী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার ওপর পরীক্ষা-পর্যবেক্ষণ করেন। নাইট্রোজেন টেক্ট্রো অক্সাইডের বিযোজন একটি উভয়ী বিক্রিয়া। এ বিক্রিয়ার ওপর পরীক্ষা ও পর্যবেক্ষণ ডাটা নিম্নরূপ :



পরীক্ষার ক্রমিক নং	প্রাথমিক ঘনমাত্রা (M)		সাম্যাবস্থায় ঘনমাত্রা (M)		$K_C = [\text{NO}_2]^2 / [\text{N}_2\text{O}_4]$
	[ $\text{N}_2\text{O}_4$ ]	[ $\text{NO}_2$ ]	[ $\text{N}_2\text{O}_4$ ]	[ $\text{NO}_2$ ]	
1	0.04	0.00	0.0337	0.0125	$4.64 \times 10^{-3}$
2	0.00	0.08	0.0337	0.0125	$4.64 \times 10^{-3}$
3	0.06	0.00	0.0522	0.0156	$4.66 \times 10^{-3}$
4	0.00	0.06	0.0246	0.0107	$4.65 \times 10^{-3}$
5	0.02	0.06	0.0429	0.0141	$4.63 \times 10^{-3}$

পরীক্ষার ক্রমিক নং 1 ও 2 এর ডাটা থেকে সূপ্ত যে, পরীক্ষা 1 এর বেলায়  $\text{N}_2\text{O}_4$  এর 0.04 মোলসহকারে পরীক্ষাটি শুরু করা হয় এবং পরীক্ষা নং 2 এর বেলায়  $\text{NO}_2$  এর দিগ্ন ঘনমাত্রায় যেমন 0.08 মোলসহকারে বিপরীত পরীক্ষাটি শুরু করা হয়। প্রতি ক্ষেত্রে N ও O পরমাণুর সংখ্যা সমান রাখায় ঘনমাত্রা একই রয়েছে। অপর তিনটি পরীক্ষা 3, 4, 5-এর বেলায়  $\text{N}_2\text{O}_4$  ও  $\text{NO}_2$  এর প্রাথমিক মৌলার ঘনমাত্রায় N ও O পরমাণুর মোট সংখ্যা ভিন্ন রেখে করা হয়েছে। তাই সাম্যাবস্থায়  $\text{N}_2\text{O}_4$  ও  $\text{NO}_2$ -এর মৌলার ঘনমাত্রা ভিন্ন হয়েছে। তবে সব পরীক্ষার ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মৌলার ঘনমাত্রার মধ্যে একটি আনুপাতিক সম্পর্ক রয়েছে। সারণি-8.8 এর  $[\text{NO}_2]^2 / [\text{N}_2\text{O}_4]$  এর অনুপাত প্রতি ক্ষেত্রে প্রায় ধ্রুবক মানের যেমন  $4.64 \times 10^{-3}$  হয়েছে। এ ধ্রুবক মান সমতায়ুক্ত সমীকরণ  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$  এর সাথে সম্পর্কযুক্ত, যা উৎপাদের মৌল সংখ্যাকে উৎপাদের মৌলার ঘনমাত্রার ঘাত ও বিক্রিয়কের মৌলার ঘনমাত্রার অনুপাত প্রকাশ করে।

1864 খ্রিস্টাব্দে রসায়নবিদ গুল্ডবার্গ ও পি.ভাগে তাঁদের বিভিন্ন পরীক্ষালদ্ধ এসব তথ্য সমন্বয় করে উভয়ী বিক্রিয়ার জন্য ভরক্রিয়া সূত্র উপস্থাপন করেন। ভরক্রিয়ার সূত্রটি নিম্নরূপ :

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায়, নির্দিষ্ট সময়ে যে কোনো বিক্রিয়ার হার ঐ সময়ে উপস্থিত বিক্রিয়কগুলোর সক্রিয় ভরের (অর্থাৎ মৌলার ঘনমাত্রা বা আংশিক চাপের) সমানুপাতিক হয়। একাধিক বিক্রিয়কের বেলায়, বিক্রিয়ার হার প্রত্যেকটি বিক্রিয়কের সক্রিয় ভরের গুণফলের সমানুপাতিক হয়। সক্রিয় ভর বলতে সাধারণত প্রতি লিটার দ্রবণে পদার্থটির দ্রবীভূত মৌল সংখ্যাকে বোঝায় এবং গ্যাসের ক্ষেত্রে আংশিক চাপ বোঝায়।

ভর ক্রিয়া সূত্রের গাণিতিক প্রকাশ :  $K_c$  এর রাশিমালা প্রতিপাদন :

উভয়বুদ্ধি বিক্রিয়ার নিম্নরূপ সাধারণ সমীকরণ থেকে ভর ক্রিয়া সূত্রের গাণিতিক রূপ প্রতিপাদন করা যায় :



মনে করি A, B, C ও D এর মোলার ঘনমাত্রায় সক্রিয় ভর হলো যথাক্রমে [A], [B], [C] ও [D]। সুতরাং ভরক্রিয়ার সূত্র মতে, সম্মুখবুদ্ধি বিক্রিয়ার গতিবেগ,  $r_f = k_1 [A] \times [B]$ ;

পশ্চাত্যবুদ্ধি বিক্রিয়ার গতিবেগ,  $r_b = k_2 [C] \times [D]$ ;

এখানে  $k_1$  ও  $k_2$  হলো যথাক্রমে সম্মুখবুদ্ধি ও পশ্চাত্যবুদ্ধি বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক।

উভয়বুদ্ধি বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায়, সম্মুখবুদ্ধি বিক্রিয়ার হার ও পশ্চাত্যবুদ্ধি বিক্রিয়ার হার সমান হয়।

অর্থাৎ,  $r_f = r_b$

$$\therefore k_1 \times [A] \times [B] = k_2 \times [C] \times [D],$$

$$\therefore \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C] \times [D]}{[A] \times [B]} ; \text{ অথবা, } \frac{[C] \times [D]}{[A] \times [B]} = \frac{k_1}{k_2} = K_c \text{ (আরেকটি ধ্রুবক)}.$$

$K_c$  কে এ বিক্রিয়ার মোলার সাম্যাক্ষ বা সাম্যধ্রুবক বলা হয়। সাম্যধ্রুবক  $K_c$  এর কোনো একক নেই। কারণ সাম্যধ্রুবকের সমীকরণে উৎপাদ (লব) ও বিক্রিয়ক (হর) প্রতিক্রিয়ে ঘনমাত্রা পদকে প্রত্যেকের মোলারিটি (1M) দ্বারা ভাগ করা হয়। Thermodynamic Standard State মতে এরূপ করা হয়; ফলে এককসমূহ কাটা যায়; ঘনমাত্রার অনুপাত ও  $K_c$  উভয়ের কোনো একক থাকে না। যেমন সারণি-৪.৪ এর সাম্য ধ্রুবকের বেলায় দেখানো হয়েছে :

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{\left(\frac{0.0125M}{1M}\right)^2}{\left(\frac{0.0337M}{1M}\right)} = 4.64 \times 10^{-3}$$

[‘Thermodynamic Standard State’ রূপে দ্রবণে দ্রবণে ঘনমাত্রা 1M, প্রতিটি গ্যাসের চাপ 1 atm ও তাপমাত্রা 25°C দ্বারা হয়। এক্ষেত্রে  $K_c$  ও  $K_p$  এর রাশিমালার প্রতিটি উপাদান represents the ratio of the measurable quantity of the substance (molar concentration or pressure) to the thermodynamic standard state quantity of the substance]

অনুরূপভাবে  $K_a$ ,  $K_b$ ,  $K_w$  হলো এককবিহীন।

\* এ পুস্তকে পূরাতন নিয়ম বাদ দিয়ে এ নতুন নিয়ম ব্যবহার করা হয়েছে।

[Reference : (1) Chemistry : Martin S. Silberberg, Published by Mc. Graw Hill (Higher Education). (2) General Chemistry ATOMS FIRST : John E. McMurry and Robert C. Fay. এই বই দুটি আমেরিকার ক্যালিফোর্নিয়া ইউনিভার্সিটিতে একাদশ-দ্বাদশ শ্রেণিতে পাঠ্যপুস্তক।]

### ৪.৯.১ বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক $K_c$ ও $K_p$

#### Equilibrium Constant $K_c$ and $K_p$

সাম্যধ্রুবক : স্থির তাপমাত্রায় ও স্থির চাপে একটি উভয়বুদ্ধি বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থসমূহের সক্রিয় ভর যেমন মোলার ঘনমাত্রা বা আংশিক চাপ-এর গুণফল এবং বিক্রিয়কসমূহের সক্রিয় ভরের গুণফলের অনুপাত একটি স্থির রাশি হয়ে থাকে। এ রাশিকে সাম্যধ্রুবক বলে। সাম্যধ্রুবক দু'প্রকার: যেমন মোলার সাম্যধ্রুবক,  $K_c$  ও আংশিক চাপে সাম্যধ্রুবক,  $K_p$ ।

মোলার সাম্যধ্রুবক,  $K_c$ : কোনো উভয়বুদ্ধি বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় ভর ক্রিয়ার সূত্র মতে উৎপাদসমূহের মোলার ঘনমাত্রার গুণফল ও বিক্রিয়কসমূহের মোলার ঘনমাত্রার গুণফলের অনুপাতকে মোলার সাম্যধ্রুবক বলা হয়। একে  $K_c$  দ্বারা প্রকাশ করা হয়। বিভিন্ন মোল সংখ্যা (a, b) বিশিষ্ট বিক্রিয়ক (A, B) ও উৎপাদ (L, M) সহকারে নিম্নলিখিত সাধারণ বিক্রিয়াটি হলো :



ভরক্রিয়ার সূত্র মতে উপরোক্ত উভয়বুদ্ধি বিক্রিয়ার মোলার সাম্যধ্রুবক নিম্নরূপে প্রকাশ করা হয় :

$$K_c = \frac{[L]^l \times [M]^m}{[A]^a \times [B]^b} ; \text{ অথবা, } K_c = \frac{C_L^l \times C_M^m}{C_A^a \times C_B^b}$$

এখানে C দ্বারা মোলার ঘনমাত্রা এবং মোলার সাম্যধ্রুবককে  $K_c$  দ্বারা প্রকাশ করা হয়েছে।

আংশিক চাপে সাম্যক্ষেত্রক,  $K_p$  : উভয়ী বিক্রিয়ার পদার্থসমূহ গ্যাসীয় হলে তাদের প্রত্যেকের সক্রিয় ভর আংশিক চাপ  $P$  দ্বারা প্রকাশ করা যায়। তব ক্রিয়ার সূত্র মতে উভয়ী বিক্রিয়ার উৎপাদসমূহের আংশিক চাপের গুণফল ও বিক্রিয়কসমূহের আংশিক চাপের গুণফলের অনুপাতকে ঐ বিক্রিয়ার আংশিক চাপ সাম্যক্ষেত্রক বলে। একে  $K_p$  দ্বারা নির্দেশ করা হয়। সূতরাং নিম্নলিখিত সাধারণ উভয়ী গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে আংশিক চাপে সাম্যক্ষেত্রক  $K_p$  কে নিম্নরূপে লেখা হয়।

$$aA + bB \rightleftharpoons l L + mM; \quad K_p = \frac{P_L^l \times P_M^m}{P_A^a \times P_B^b}$$

এক্ষেত্রে বিক্রিয়ক  $A, B$  এবং উৎপাদ  $L, M$  এর আংশিক চাপ হলো যথাক্রমে  $P_A, P_B$  এবং  $P_L, P_M$ । সমীকরণে তাদের মোল সংখ্যাকে আংশিক চাপে স্ব-স্ব ঘাতে প্রকাশ করা হয়েছে।

কোনো গ্যাস মিশ্রণের কোনো উপাদান গ্যাসের আংশিক চাপ বলতে **ঐ উপাদানের মোল ভগ্নাংশ ও গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপের গুণফলকে বোঝায়।**

**জেনে নাও :**  $K_c$  ও  $K_p$  এর মান শূন্য বা অসীম হতে পারে না।  $K_c$  ও  $K_p$  হলো উভয়ী বিক্রিয়ার উৎপাদ ও বিক্রিয়কের যথাক্রমে মোলার ঘনমাত্রা ও আংশিক চাপের সংখ্যা মানের অনুপাত যেমন—

$$aA + bB \rightleftharpoons l L + mM$$

$$K_c = \frac{[L]^l \times [M]^m}{[A]^a \times [B]^b}; \quad K_p = \frac{P_L^l \times P_M^m}{P_A^a \times P_B^b}$$

উভয়ী বিক্রিয়ার সাম্য মিশ্রণে উৎপাদ ও বিক্রিয়ক উভয়ই সব সময় বর্তমান থাকে। তাই সাম্য ক্ষেত্রক  $K_c$  বা,  $K_p$  এর মান অর্থাৎ উৎপাদ ও বিক্রিয়কের মাত্রিক অনুপাত কখনো শূন্য অথবা অসীম হতে পারে না।

\* (a)  $K_c$  বা  $K_p$  এর মান শূন্য হতে হলে উৎপাদের পরিমাণ শূন্য হয়, যা উভয়ী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় অসম্ভব।

\* (b)  $K_c$  বা  $K_p$  এর মান অসীম হতে হলে বিক্রিয়কের পরিমাণ শূন্য হয়, যা উভয়ী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় অসম্ভব।

### ৪.৯.২ $K_c$ ও $K_p$ -এর মধ্যে সম্পর্ক

Relation between  $K_c$  and  $K_p$

গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে  $K_c$  ও  $K_p$  এর মধ্যে সম্পর্কটি প্রতিষ্ঠার জন্য একটি সাধারণ গ্যাসীয় উভয়ী বিক্রিয়া ধরা যাক। যেমন,



এখানে বিক্রিয়ক পদার্থ  $A, B$  এবং উৎপাদ পদার্থ  $L, M$ ; এদের মোলার ঘনমাত্রা যথাক্রমে  $[A], [B]$  এবং  $[L], [M]$  ধরা হলো। তখন বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় মোলার সাম্যক্ষেত্রক  $K_c$  এর মান নিম্নরূপে লেখা যায় :

$$K_c = \frac{[L]^l \times [M]^m}{[A]^a \times [B]^b} = \frac{C_L^l \times C_M^m}{C_A^a \times C_B^b}$$

আবার গ্যাসীয় বিক্রিয়ক ও উৎপাদ পদার্থের আংশিক চাপ যথাক্রমে  $P_A, P_B$  এবং  $P_L, P_M$  ইত্যাদি ধরা হলো। তখন বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় আংশিক চাপে সাম্যক্ষেত্রক  $K_p$  এর মান নিম্নরূপে লেখা যায় :

$$K_p = \frac{P_L^l \times P_M^m}{P_A^a \times P_B^b}$$

আমরা জানি, একটি আদর্শ গ্যাস মিশ্রণে যে কোনো একটি গ্যাসের  $n$  মোলের আংশিক চাপ  $P$  হলে এবং গ্যাসটি  $T$  তাপমাত্রায়  $V$  লিটার আয়তন দখল করলে আদর্শ গ্যাসের সূত্রানুসারে-

$$PV = nRT, \text{ বা, } P = \frac{n}{V} RT = CRT \dots\dots\dots (1)$$

এখানে,  $C = \frac{n}{V}$  = একক লিটার আয়তনে মোল সংখ্যা বা মোলার ঘনমাত্রা।

সমীকরণ (1) এর মান নিচের সমীকরণে বসালে আমরা পাই,

$$K_p = \frac{P_L^l \times P_M^m}{P_A^a \times P_B^b}, \text{ বা, } K_p = \frac{(C_L RT)^l \times (C_M RT)^m}{(C_A RT)^a \times (C_B RT)^b}$$

$$\therefore K_p = \frac{(C_L^l \times C_M^m) \times (RT)^{l+m}}{(C_A^a \times C_B^b) \times (RT)^{a+b}} = K_c (RT)^{(l+m)-(a+b)}$$

$$\therefore K_p = K_c (RT)^{\Delta n}; \text{ এখানে } \Delta n = (l+m)-(a+b)$$

**MCQ-4.9 :** নিচের কোন বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায়  $K_p$  ও  $K_c$  এর মান সমান হবে?

- (ক)  $\text{PCl}_5 \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$
- (খ)  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$
- (গ)  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$
- (ঘ)  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$

= বিক্রিয়াকালে বিক্রিয়ক ও উৎপাদসমূহের মোল সংখ্যার পরিবর্তন।

= উৎপাদসমূহের মোল সংখ্যা - বিক্রিয়কসমূহের মোল সংখ্যা

যখন বিক্রিয়ায় উৎপাদ ও বিক্রিয়কসমূহের মোল সংখ্যার কোনো পরিবর্তন না ঘটে; তখন  $\Delta n = 0$  হয়। তখন,

$$K_p = K_c (RT)^0 \therefore K_p = K_c; \text{ কারণ } (RT)^0 = 1$$

\* এক্ষেত্রে  $R = 0.08206 \text{ L.atm.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$  এবং  $R$  এর মান কেলভিন এককে ধরে গাণিতিক সমস্যা সমাধান করতে হবে।

\*  $K_p$  ও  $K_c$  এর কোনো একক হবে না। অনুচ্ছেদ-৪.৮ প্রয়োজনে দেখো।

### ৪.৯.৩ সমস্ত সাম্যের ক্ষেত্রে ভর-ক্রিয়া সূত্রের ব্যবহার

#### Application of the Law of Mass action to Homogeneous Equilibrium

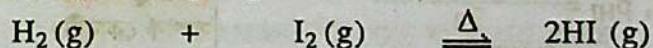
যে সকল উভয়ই বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদ একই ভৌত অবস্থায় থাকে সে সব সাম্যাবস্থাকে সমস্ত সাম্য বলে। যেমন  $\text{N}_2$  ও  $\text{H}_2$  থেকে  $\text{NH}_3$  উৎপাদন,  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$

কোনো বিক্রিয়া থেকে কোনো বিশেষ উৎপাদ কী পরিমাণ পাওয়া যেতে পারে, তা জানার জন্য ভর-ক্রিয়া সূত্রের প্রয়োগ করা হয়। বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থায়  $K_p$  ও  $K_c$  গণনা করা হয়। নিম্ন কয়েকটি সমস্ত সাম্যের  $K_c$ ,  $K_p$  গণনার উদাহরণ দেয়া হলো।

**(ক) বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোল সংখ্যা যখন সমান হয়, তখন  $K_p = K_c$  হয়**

(১) হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুতকরণ :

হাইড্রোজেন আয়োডাইড (HI) প্রস্তুতকরণ  $\text{H}_2$  ও  $\text{I}_2$  থেকে নিম্ন সমীকরণ মতে করা হয়।



প্রাথমিক অবস্থায় : a mol b mol 0 mol

সাম্যাবস্থায় :  $(a-\alpha)$  mol  $(b-\alpha)$  mol  $2\alpha$  mol

$K_c$  এর গণনা : মনে করি, a মোল হাইড্রোজেন ও b মোল আয়োডিন V লিটার আয়তনবিশিষ্ট একটি পাত্রে রেখে তাপ প্রদানের ফলে সাম্যাবস্থায়  $2\alpha$  মোল HI তৈরি হলো। সুতরাং সাম্যাবস্থায় হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের পরিমাণ হবে যথাক্রমে  $(a-\alpha)$  মোল এবং  $(b-\alpha)$  মোল। সুতরাং

$$\text{সাম্যাবস্থায় } H_2 \text{ এর মোলার ঘনমাত্রা} = \frac{(a - \alpha)}{V} \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$$

$$\text{সাম্যাবস্থায় } I_2 \text{ এর মোলার ঘনমাত্রা} = \frac{(b - \alpha)}{V} \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$$

$$\text{সাম্যাবস্থায় } HI \text{ এর মোলার ঘনমাত্রা} = \frac{2\alpha}{V} \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$$

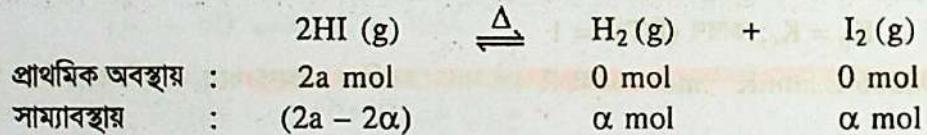
$$\therefore \text{সাম্যাক্ষ, } K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} = \frac{\left(\frac{2\alpha}{V}\right)^2}{\left(\frac{a - \alpha}{V}\right) \times \left(\frac{b - \alpha}{V}\right)} = \frac{4\alpha^2}{(a - \alpha)(b - \alpha)}$$

আবার,  $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$  এবং এখানে  $\Delta n = (2 - 2) = 0$

$$\therefore \text{এক্ষেত্রে } K_p = K_c (RT)^0 = K_c \times 1 \text{ বা, } K_p = K_c = \frac{4\alpha^2}{(a - \alpha)(b - \alpha)}$$

$K_p$  ও  $K_c$  এর তাত্পর্য : এক্ষেত্রে  $K_p = K_c$  হয়েছে এবং উভয় সাম্য ধূরক বিক্রিয়ায় গ্যাস পাত্রের আয়তন (V) ও চাপ (P) কোনো রাশির সাথে সম্পর্কিত নয়। তাই বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে (V) ও (P) পরিবর্তন করলেও সাম্য ধূরক অপরিবর্তিত থাকবে।

(২)  $HI$  এর বিযোজন : এ তাপীয় বিযোজন সাম্যাবস্থায় নিম্নরূপে প্রকাশ করা হয় :



$K_c$  এর গণনা : মনে করি,  $2a$  মোল হাইড্রোজেন আয়োডাইডকে V লিটার পাত্রে তাপ দেয়ায় সাম্যাবস্থায়  $2\alpha$  মোল  $HI$  বিযোজিত হয়ে  $\alpha$  মোল  $H_2$  ও  $\alpha$  মোল  $I_2$  উৎপন্ন হলো। সূতরাং

$$\text{সাম্যাবস্থায় } HI \text{ এর মোলার ঘনমাত্রা} = \frac{(2a - 2\alpha)}{V} \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$$

$$\text{সাম্যাবস্থায় } H_2 \text{ এর মোলার ঘনমাত্রা} = \frac{\alpha}{V} \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$$

$$\text{সাম্যাবস্থায় } I_2 \text{ এর মোলার ঘনমাত্রা} = \frac{\alpha}{V} \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$$

$$\therefore \text{সাম্যাক্ষ, } K_c = \frac{[H_2] \times [I_2]}{[HI]^2} = \frac{\frac{\alpha}{V} \times \frac{\alpha}{V}}{\left(\frac{2a - 2\alpha}{V}\right)^2} = \frac{\alpha^2}{4(a - \alpha)^2}$$

$K_p$  এর গণনা (মোল ভগ্নাংশ ও মোট চাপের সাহায্যে) : মনে করি  $HI$  এর বিযোজনে সাম্যমিশ্রণে  $HI$ ,  $H_2$  ও  $I_2$  এর মোল সংখ্যা হলো যথাক্রমে  $(2a - 2\alpha)$ ,  $\alpha$  ও  $\alpha$ । সূতরাং মিশ্রণে মোট মোল সংখ্যা হবে  $(2a - 2\alpha + \alpha + \alpha) = 2a$ । এখন গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ P হলে, তখন সাম্যাবস্থায়—

$$HI \text{ এর আংশিক চাপ, } p_{HI} = \frac{(2a - 2\alpha) \times P}{2a}$$

$$H_2 \text{ এর আংশিক চাপ, } p_{H_2} = \frac{\alpha \times P}{2a}$$

$$I_2 \text{ এর আংশিক চাপ, } p_{I_2} = \frac{\alpha \times P}{2a}$$

$$\therefore \text{সাম্যাক্ষ, } K_p = \frac{p_{H_2} \times p_{I_2}}{(p_{HI})^2} = \frac{\left(\frac{\alpha \times P}{2a}\right) \times \left(\frac{\alpha \times P}{2a}\right)}{\left[\frac{(2a - 2\alpha)P}{2a}\right]^2} = \frac{\alpha^2}{4(a - \alpha)^2}$$

**MCQ-4.10 :** নিচের বিক্রিয়ায়  $K_p$  ও  $K_c$  এর সম্পর্ক কৌনটি? [সি. বো. ২০১৬]



$$(ক) K_c = K_p (RT)^2 \quad (খ) K_p = K_c (RT)^{-2}$$

$$(গ) K_c = K_p (RT)^{-2} \quad (ঘ) K_c = K_p$$

$K_p$  ও  $K_c$  এর তাৎপর্য : (১) এক্ষেত্রে  $K_p = K_c = \frac{\alpha^2}{4(a-\alpha)^2}$  হয়েছে।

(২) উভয় সাম্যান্তরিক সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ায় গ্যাসপাত্রের আয়তন ( $V$ ) ও চাপ ( $P$ ) কোনো রাশির সাথে সম্পর্কিত নয়; তাই বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে  $V$  ও  $P$  পরিবর্তন করলেও সাম্যান্তরিক অপরিবর্তিত থাকবে।

(৩) বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোলসংখ্যা যথন পরিবর্তিত হয়,  $K_p \neq K_c$

(৪) ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাওয়াইডের বিযোজন : ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাওয়াইড ( $N_2O_4$ ) কে বক পাত্রে উৎপন্ন করলে তা আংশিকভাবে বিযোজিত হয়ে নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড ( $NO_2$ ) উৎপন্ন করে। সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ :



প্রাথমিক অবস্থায় :  $a \text{ mol}$   $0 \text{ mol}$

সাম্যাবস্থায় :  $(a - \alpha) \text{ mol}$   $2\alpha \text{ mol}$

$$\therefore \text{বিক্রিয়াটির } K_p = \frac{(P_{NO_2})^2}{P_{N_2O_4}} \text{ এবং } K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$$

$K_p$  এর গণনা : মনে কর,  $N_2O_4$ -এর প্রাথমিক মোলসংখ্যা,  $a$  এবং সাম্যাবস্থায় বিযোজনের পরিমাণ,  $\alpha$  মোল। ঐ অবস্থায়  $N_2O_4$  এর মোলসংখ্যা ও  $NO_2$  এর মোলসংখ্যা হবে যথাক্রমে  $(a - \alpha)$  ও  $2\alpha$ । সুতরাং মোট মোলসংখ্যা হবে  $(a - \alpha + 2\alpha)$  বা,  $(a + \alpha)$ । গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ যদি  $P$  হয়, তবে—

$$N_2O_4 \text{ এর আংশিক চাপ, } P_{N_2O_4} = \frac{a - \alpha}{a + \alpha} P ; \text{ এবং } NO_2 \text{ এর আংশিক চাপ, } P_{NO_2} = \frac{2\alpha}{a + \alpha} P$$

$$\therefore K_p = \frac{(P_{NO_2})^2}{N_2O_4} = \frac{\left(\frac{2\alpha}{a + \alpha}\right)^2 P^2}{\left(\frac{a - \alpha}{a + \alpha}\right) P} = \frac{4\alpha^2}{(a + \alpha)^2} \times \frac{(a + \alpha)}{(a - \alpha)} P = \frac{4\alpha^2 P}{a^2 - \alpha^2}$$

$K_p$ -এর তাৎপর্য : উপরিউক্ত সমীকরণ থেকে জানা যায়,

(১)  $\alpha$ ,  $a$  ও  $P$  জানা থাকলে সহজেই  $K_p$  নির্ণয় করা যায়।

(২) এ ক্ষেত্রে চাপ  $P$  বাড়ালে  $K_p$  এ মান ক্রমে রাখার জন্য বিযোজনের পরিমাণ  $\alpha$  হ্রাস পাবে।

(৩) আবার বিযোজনের পরিমাণ  $\alpha$  অত্যন্ত ক্ষুদ্র হলে উপরিউক্ত সমীকরণে  $a^2$  এর তুলনায়  $\alpha^2$  এত বেশি ক্ষুদ্র হয় যে,  $\alpha^2$  কে উপেক্ষা করে অর্থাৎ শূন্য ধরে  $(a^2 - \alpha^2) = a^2$  বসিয়ে সমীকরণটি নিম্নভাবে লেখা যায়।

$$\text{অর্থাৎ } K_p = \frac{4\alpha^2}{a^2} P ; \therefore \alpha = \frac{a}{2} \sqrt{\frac{K_p}{P}}$$

উপরিউক্ত সমীকরণে দেখা যায়, বিযোজনের পরিমাণ  $\alpha$  মোট চাপের উপর নির্ভরশীল।  $K_p$  ও  $P$  জানা থাকলে বিযোজনের পরিমাণ  $\alpha$  সহজেই নির্ণয় করা যায়।

$K_c$ -এর গণনা : মনে কর, বিক্রিয়াটি  $V$  লিটার আয়তনবিশিষ্ট পাত্রে সম্পন্ন করা হয়েছে।

$$\text{সুতরাং সাম্যাবস্থায় ; } N_2O_4(g) \text{ এর ঘনমাত্রা, } [N_2O_4] = \frac{(a - \alpha)}{V} \text{ mol L}^{-1}$$

$$NO_2(g) \text{ এর ঘনমাত্রা, } [NO_2] = \frac{2\alpha}{V} \text{ mol L}^{-1} !$$

$$\therefore \text{সাম্যাক্ষ, } K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{\left(\frac{2\alpha}{V}\right)^2}{\left(\frac{a - \alpha}{V}\right)} = \frac{4\alpha^2}{(a - \alpha)V}$$

$K_p$  ও  $K_c$  এর তাৎপর্য : (১)  $K_p$  এর রাশিমালার সাথে চাপ (P) লব অংশে সম্পর্কিত; তাই P বাড়লে  $K_p$  এর মান স্থির রাখার জন্য বিয়োজনের পরিমাণ  $\alpha$  হাস পায়।

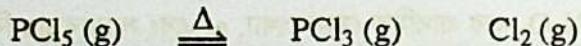
(২) এক্ষেত্রে  $K_p = K_c ((RT)^{\Delta n})$  এবং  $\Delta n = (2 - 1) = 1$  হওয়ায়  $K_p = K_c RT$  হয়।

বিশেষ দ্রষ্টব্য : বিয়োজনের পরিমাণ ও বিয়োজন মাত্রা এ দুটো পদের অর্থ ভিন্ন।

যদি  $a$  মোল পদার্থের  $\alpha$  mol বিয়োজিত হয়, তবে বিয়োজনের পরিমাণ হচ্ছে  $\alpha$  mol। অপরদিকে 'বিয়োজন মাত্রা' (degree of dissociation) বলতে বোায় সে পদার্থের কত ভগ্নাংশ বিয়োজিত হয়েছে সে সংখ্যা, অর্থাৎ বিয়োজন মাত্রা  $\beta$  হলে,  $\beta = \frac{\alpha}{a}$ । এ ভগ্নাংশকে অনেকক্ষেত্রে 100 দ্বারা গুণ করে শতকরা হিসাবে প্রকাশ করা হয়। যেমন 5 mol  $N_2O_4$  নিয়ে উত্পন্ন করার পর 2 mol বিয়োজিত হলে 'বিয়োজনের পরিমাণ' বলতে 2 mol বোাবে। অপরদিকে বিয়োজন মাত্রা হচ্ছে,  $\frac{2}{5} = 0.4$  বা,  $0.4 \times 100 = 40\%$ ।

#### (৪) ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের বিয়োজন :

ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড ( $PCl_5$ ) নিম্নলিখিত বিক্রিয়া অনুসারে তাপ বিয়োজিত হয়ে সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হয়।



প্রাথমিক অবস্থায় : 1 mol 0 mol 0 mol

সাম্যাবস্থায় :  $(1 - \alpha)$  mol  $\alpha$  mol  $\alpha$  mol

$K_c$  এর গণনা : ধরা যাক, 1 mol  $PCl_5$  কে তাপ দেয়ার ফলে সাম্যাবস্থায়  $\alpha$  অংশ বিয়োজিত হয়ে  $\alpha$  mol  $PCl_3$  ও  $\alpha$  mol  $Cl_2$  উৎপন্ন হয়েছে। সুতরাং  $PCl_5$  এর অবিয়োজিত মোলসংখ্যা  $= (1 - \alpha)$ । বিক্রিয়াটি V লিটার পাত্রে নিষ্পত্তি করা হলে,

$$PCl_5 \text{ এর মোলার ঘনমাত্রা}, [PCl_5] = \frac{(1 - \alpha)}{V} \text{ mol L}^{-1}$$

$$PCl_3 \text{ এর মোলার ঘনমাত্রা}, [PCl_3] = \frac{\alpha}{V} \text{ mol L}^{-1}$$

$$Cl_2 \text{ এর মোলার ঘনমাত্রা}, [Cl_2] = \frac{\alpha}{V} \text{ mol L}^{-1}$$

$$\text{সুতরাং } K_c = \frac{[PCl_3] \times [Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{\frac{\alpha}{V} \times \frac{\alpha}{V}}{\frac{(1 - \alpha)}{V}} = \frac{\alpha^2}{(1 - \alpha)V} = \frac{\alpha^2}{(1 - \alpha)V}$$

$K_p$  এর গণনা : ধরা যাক, উপরিউক্ত বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় মোট মোলসংখ্যা  $= (1 - \alpha + \alpha + \alpha) = (1 + \alpha)$ । মোট চাপ P হলে,  $PCl_5$  এর আংশিক চাপ,  $P_{PCl_5} = P_{PCl_5} \times \frac{(1 - \alpha)}{1 + \alpha} \times P$

$$\text{অনুরূপভাবে, } P_{PCl_3} = \frac{\alpha}{(1 + \alpha)} \times P ; \text{ এবং } P_{Cl_2} = \frac{\alpha}{(1 + \alpha)} \times P ;$$

$$\therefore K_p = \frac{P_{PCl_3} \times P_{Cl_2}}{P_{PCl_5}} = \frac{\frac{\alpha}{(1 + \alpha)} P \times \frac{\alpha}{(1 + \alpha)} P}{\frac{(1 - \alpha)}{(1 + \alpha)} P} = \frac{\alpha^2 P^2}{(1 - \alpha)(1 + \alpha) P} = \frac{\alpha^2 \times P^2}{(1 + \alpha)^2} \times \frac{(1 + \alpha)}{(1 - \alpha) \times P}$$

$$= \frac{\alpha^2 \times P}{(1 - \alpha^2)}$$

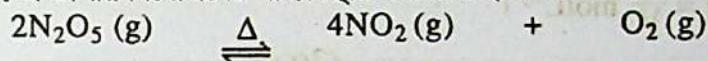
$K_p$  এর তাৎপর্য : উপরের সমীকরণ থেকে দেখা যায়, (১)  $\text{PCl}_5$  এর বিযোজনের পরিমাণ  $\alpha$ , প্রাথমিক মৌলার ঘনমাত্রা এবং মোট চাপ  $P$  জানা থাকলে  $K_p$  এর মান নির্ণয় করা যায়। এছাড়া (২) যদি  $P$  হাস পায়, তবে  $K_p$  এর মান ক্রবক রাখার জন্য  $\alpha$  এর মান অর্থাৎ  $\text{PCl}_5$  এর বিযোজন বৃদ্ধি পায়।

বিশেষ দ্রষ্টব্য : কার্বনাইল ক্লোরাইড বা কার্বন ডাইক্লোরাইড অক্সাইড ( $\text{COCl}_2$ ) এর বিযোজন উপরিউক্ত  $\text{PCl}_5$  এর বিযোজনের অনুরূপ। যেমন,  $\text{COCl}_2(g) \xrightleftharpoons{\Delta} \text{CO}(g) + \text{Cl}_2(g)$

সূতরাং  $\text{COCl}_2$  বিযোজনের বেলায়  $K_c$  ও  $K_p$  এর গণনা অনুরূপভাবে করা যাবে।

$$\text{এ বিক্রিয়ায় } K_c = \frac{[\text{CO}] \times [\text{Cl}_2]}{[\text{COCl}_2]} \text{ এবং } K_p = \frac{P_{\text{CO}} \times P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{COCl}_2}}$$

(৫)  $\text{N}_2\text{O}_5$  এর বিযোজন : এ তাপীয় বিযোজনের সাম্যাবস্থার সমীকরণ হলো নিম্নরূপ :



প্রাথমিক অবস্থায় :  $2a$  mol  $0$  mol  $0$  mol

সাম্যাবস্থায় :  $(2a - 2\alpha)$  mol  $4\alpha$  mol  $\alpha$  mol

$K_p$  এর গণনা : ধরা যাক,  $\text{N}_2\text{O}_5$  এর প্রাথমিক মৌলসংখ্যা  $2a$  এবং সাম্যাবস্থায় বিযোজনের পরিমাণ  $2\alpha$  মৌল। তখন  $2\alpha$  মৌল  $\text{N}_2\text{O}_5$  বিযোজিত হলে  $4\alpha$  মৌল  $\text{NO}_2$  ও  $\alpha$  মৌল  $\text{O}_2$  উৎপন্ন হয়। সূতরাং সাম্য মিশ্রণে  $\text{N}_2\text{O}_5$  এর মৌল সংখ্যা হয়  $(2a - 2\alpha)$  এবং মিশ্রণে মোট মৌল সংখ্যা  $= (2a - 2\alpha + 4\alpha + \alpha) = (2a + 3\alpha)$ । গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ  $P$  হলে, তখন সাম্যাবস্থায়—

$$\text{N}_2\text{O}_5 \text{ এর আংশিক চাপ, } P_{\text{N}_2\text{O}_5} = \frac{(2a - 2\alpha) \times P}{(2a + 3\alpha)}$$

$$\text{NO}_2 \text{ এর আংশিক চাপ, } P_{\text{NO}_2} = \frac{4\alpha \times P}{(2a + 3\alpha)}$$

$$\text{O}_2 \text{ এর আংশিক চাপ, } P_{\text{O}_2} = \frac{\alpha \times P}{(2a + 3\alpha)}$$

$$\therefore \text{সাম্যাক্ষ, } K_p = \frac{(P_{\text{NO}_2})^4 \times P_{\text{O}_2}}{(P_{\text{N}_2\text{O}_5})^2} = \frac{\left[ \frac{4\alpha P}{(2a + 3\alpha)} \right]^4 \times \left[ \frac{\alpha P}{(2a + 3\alpha)} \right]}{\left[ \frac{(2a - 2\alpha) \times P}{(2a + 3\alpha)} \right]^2}$$

$$\text{বা, } K_p = \frac{256\alpha^5 P^5 \times (2a + 3\alpha)^2}{(2a + 3\alpha)^5 \times 4(a - \alpha)^2 P^2} = \frac{64\alpha^5 P^3}{(2a + 3\alpha)^3 \times (a - \alpha)^2}$$

$K_p$  এর তাৎপর্য : এক্ষেত্রে চাপ বাড়ালে  $K_p$  এর মান স্থির রাখার জন্য বিযোজন  $\alpha$  হাস পাবে।

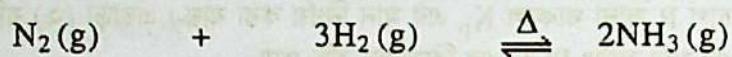
$K_c$  এর গণনা : মনে করি, বিক্রিয়াটি  $V$  লিটার আয়তনের পাত্রে সম্পন্ন করা হলো। তখন সাম্যাবস্থায়,  $\text{N}_2\text{O}_5$  এর ঘনমাত্রা,  $[\text{N}_2\text{O}_5] = \frac{(2a - 2\alpha)}{V} \text{ mol L}^{-1}$ ,  $\text{NO}_2$  এর ঘনমাত্রা,  $[\text{NO}_2] = \frac{4\alpha}{V} \text{ mol L}^{-1}$ ,  $\text{O}_2$  এর ঘনমাত্রা,  $[\text{O}_2] = \frac{\alpha}{V} \text{ mol L}^{-1}$

$$\therefore \text{সাম্যাক্ষ, } K_c = \frac{[\text{NO}_2]^4 \times [\text{O}_2]}{[\text{N}_2\text{O}_5]^2} = \frac{\left( \frac{4\alpha}{V} \right)^4 \times \frac{\alpha}{V}}{\left( \frac{2a - 2\alpha}{V} \right)^2} = \frac{256\alpha^5}{V^5} \times \frac{V^2}{4(a - \alpha)^2}$$

$$\text{বা, } K_c = \frac{64\alpha^5}{(a - \alpha)^2 V^3}$$

$K_c$  এর তাৎপর্য : যেহেতু  $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$  এবং  $\Delta n = (5 - 2) = 3$  হয়; তাই  $K_p = K_c (RT)^3$

(৬) অ্যামোনিয়া উৎপাদন : অ্যামোনিয়া উৎপাদন  $N_2$  ও  $H_2$  থেকে নিম্নের সমীকরণ মতে করা হয়।



প্রাথমিক অবস্থায় :  $a$  mol  $3b$  mol  $0$  mol

সাম্যাবস্থায় :  $(a - \alpha)$  mol  $(3b - 3\alpha)$  mol  $2\alpha$  mol

$K_c$  এর গণনা : মনে করি  $a$  mol  $N_2$  ও  $3b$  mol  $H_2$  এর মধ্যে  $V$  লিটার পাত্রে বিক্রিয়া ঘটালে সাম্যাবস্থায়  $2\alpha$  mol  $NH_3$  উৎপন্ন হলো। সুতরাং সাম্যাবস্থায়  $(a - \alpha)$  mol  $N_2$  ও  $(3b - 3\alpha)$  mol  $H_2$  বিক্রিয়া মিশ্রণে থাকে। তখন সাম্যাবস্থায়  $N_2$  এর ঘনমাত্রা  $[N_2] = \frac{(a - \alpha)}{V}$  mol L<sup>-1</sup>,  $H_2$  এর ঘনমাত্রা,  $[H_2] = \frac{(3b - 3\alpha)}{V}$  mol L<sup>-1</sup>,  $NH_3$  এর ঘনমাত্রা,  $[NH_3] = \frac{2\alpha}{V}$  mol L<sup>-1</sup>।

$$\therefore \text{সাম্যাক্ষ}, K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \times [H_2]^3} = \frac{\left(\frac{2\alpha}{V}\right)^2}{\left(\frac{a - \alpha}{V}\right) \times \left(\frac{3b - 3\alpha}{V}\right)^3} = \frac{4\alpha^2 V^2}{27(a - \alpha)(b - \alpha)^3}$$

$K_p$  এর গণনা : উপরিউক্ত বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় মোট মোল সংখ্যা  $= (a - \alpha + 3b - 3\alpha + 2\alpha) = (a + 3b - 2\alpha)$ । মোট চাপ  $P$  হলে তখন—

$N_2$  এর আংশিক চাপ,  $p_{N_2} = \frac{(a - \alpha) \times P}{(a + 3b - 2\alpha)}$ ,  $H_2$  এর আংশিক চাপ,  $p_{H_2} = \frac{(3b - 3\alpha) \times P}{(a + 3b - 2\alpha)}$  ও  $NH_3$  এর আংশিক চাপ,  $p_{NH_3} = \frac{2\alpha \times P}{(a + 3b - 2\alpha)}$ ।

$$\therefore \text{সাম্যাক্ষ}, K_p = \frac{(p_{NH_3})^2}{(p_{N_2}) \times (p_{H_2})^3} = \frac{\left[\frac{2\alpha P}{(a + 3b - 2\alpha)}\right]^2}{\frac{(a - \alpha) P}{(a + 3b - 2\alpha)} \times \left[\frac{(3b - 3\alpha) P}{(a + 3b - 2\alpha)}\right]^3}$$

$$\text{বা, } K_p = \frac{4\alpha^2 (a + 3b - 2\alpha)^2}{27 (a - \alpha) (b - \alpha) P^2}$$

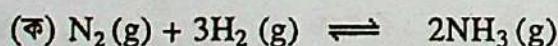
$K_p$  ও  $K_c$  এর তাৎপর্য : (১) যেহেতু  $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$  এবং  $\Delta n = (2 - 4) = -2$ ,

তাই  $K_p = K_c (RT)^{-2}$ , বা,  $K_c = K_p \times (RT)^2$ ।

(২)  $K_p$  এর সাথে  $P$  এর সম্পর্ক মতে, এক্ষেত্রে চাপ  $P$  বাড়ালে,  $K_p$  এর মান স্থির রাখার জন্য উৎপাদের পরিমাণ ( $\alpha$ ) বাড়বে।

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.১৩ : সাম্যাবস্থার সমীকরণ লেখা :

নিচের প্রত্যেকটি বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার সমীকরণ লেখ।



দক্ষতা : উৎপাদের মোলার ঘনমাত্রা রাশিকে লব ও বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রা রাশিকে হররূপে লেখা হয়। প্রতিক্ষেত্রে মোল সংখ্যাকে মোলার ঘনমাত্রার পাওয়ার বা ঘাতকাপে লেখা হয়।

সমাধান : (ক)  $K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \times [H_2]^3}$

(খ)  $K'_c = \frac{[N_2] \times [H_2]^3}{[NH_3]^2} = \frac{1}{K_c}$

**MCQ-4.11 :** 4.25 mol H<sub>2</sub> ও 4.75 mol I<sub>2</sub> বাষ্পকে 1.0 L পাত্রে উৎপন্ন করলে সাম্যাবস্থায় H<sub>2</sub>, I<sub>2</sub> ও HI এর ঘনমাত্রা 0.86, 1.36 ও 6.78 mol L<sup>-1</sup> হয়। K<sub>c</sub> এর মান কত?

(ক) 36 (খ) 32.67 (গ) 33.5 (ঘ) 39.3

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.১৪ : সাম্যাবস্থায় K<sub>c</sub> গণনা :

500 K তাপমাত্রায়, অ্যামোনিয়া উৎপাদনের বেলায় সাম্য মিশ্রণে নিম্নরূপ ঘনমাত্রা যেমন : [N<sub>2</sub>] = 3.0 × 10<sup>-2</sup> M; [H<sub>2</sub>] = 3.7 × 10<sup>-2</sup> M; [NH<sub>3</sub>] = 1.6 × 10<sup>-2</sup> M হয়। আগের সমস্যা-৪.১৩ এর উভয় বিক্রিয়ার জন্য ঐ তাপমাত্রায় সাম্যাবস্থায় K<sub>c</sub> গণনা কর।

দক্ষতা : সাম্য সমীকরণে, সাম্যাবস্থায় উৎপাদ ও বিক্রিয়কের মৌলার ঘনমাত্রার মান বসিয়ে সাম্যাবস্থায় K<sub>c</sub> গণনা কর।

সমাধান : (ক)  $K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \times [H_2]^3} = \frac{(1.6 \times 10^{-2})^2}{(3.0 \times 10^{-2}) \times (3.7 \times 10^{-2})^3} = 1.7 \times 10^2$

(খ)  $K'_c = \frac{[N_2] \times [H_2]^3}{[NH_3]^2} = \frac{(3.0 \times 10^{-2}) \times (3.7 \times 10^{-2})^3}{(1.6 \times 10^{-2})^2} = 5.9 \times 10^{-3}$

লক্ষ কর যে, K<sub>'c</sub> হলো K<sub>c</sub> এর ব্যক্তিগতিক। অর্থাৎ  $5.9 \times 10^{-3} = \frac{1}{1.7 \times 10^2}$

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.১৫ : সাম্যাবস্থায় K<sub>c</sub> ও K<sub>p</sub> সম্পর্কিয় :

স্টিম-হাইড্রোকার্বন রিফরমিং প্রক্রিয়ায় অধিক পরিমাণ H<sub>2</sub> গ্যাস শিরো উৎপাদন করা হয়। এক্ষেত্রে প্রথম ধাপের বিক্রিয়াটি হলো : H<sub>2</sub>O (g) + CH<sub>4</sub> (g) ⇌ CO (g) + 3H<sub>2</sub> (g)

(ক) যদি এক্ষেত্রে K<sub>c</sub> = 3.8 × 10<sup>-3</sup>, তাপমাত্রা 1000K হয়; তবে ঐ তাপমাত্রায় K<sub>p</sub> এর মান কত?

(খ) যদি এক্ষেত্রে K<sub>p</sub> = 6.1 × 10<sup>4</sup>, তাপমাত্রা 1125°C হয়; তবে ঐ তাপমাত্রায় K<sub>c</sub> এর মান কত?

(গ) কোন্ ধরনের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে (i) K<sub>p</sub> > K<sub>c</sub> এবং (ii) K<sub>p</sub> < K<sub>c</sub> হবে? উদাহরণ দাও।

দক্ষতা : সম্পর্ক K<sub>p</sub> = K<sub>c</sub> × (RT)<sup>Δn</sup> ব্যবহৃত হবে; R = 0.08206 L.atm/(K.mol), কেলভিন এককে T, Δn = (গ্যাসীয় উৎপাদের মৌল সংখ্যা - বিক্রিয়কের মৌল সংখ্যা)

সমাধান : (ক) এ বিক্রিয়ায়, Δn = (1 + 3) - (1 + 1) = 2

$$\therefore K_p = K_c \times (RT)^{\Delta n} = (3.8 \times 10^{-3}) \times (0.08206 \times 1000)^2 = 26$$

(খ) এক্ষেত্রে K<sub>p</sub> = K<sub>c</sub> (RT)<sup>2</sup> সমাধান করে K<sub>c</sub> এর মান বের হবে :

**MCQ-4.12 :** A + B ⇌ 3D সমীকরণ মতে

বিক্রিয়াটির K<sub>p</sub> ও K<sub>c</sub> এর সম্পর্ক হবে—

(ক) K<sub>p</sub> = K<sub>c</sub>(RT) (খ) K<sub>p</sub> = K<sub>c</sub> × (RT)<sup>-1</sup>

(গ) K<sub>c</sub> = K<sub>p</sub>(RT) (ঘ) K<sub>c</sub> = K<sub>p</sub> × (RT)<sup>2</sup>

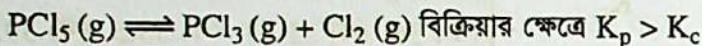
$$K_c = K_p / (RT)^2 = 6.1 \times 10^4 / (0.08206 \times 1398)^2 = 4.6$$

$$\text{লক্ষ কর, এখানে } T = (1125 + 273) = 1398\text{K}$$

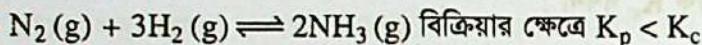
(গ) আমরা জানি,  $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$ ;

এখানে,  $\Delta n$  = বিক্রিয়ার গ্যাসীয় উৎপাদের মোট মোল সংখ্যা – গ্যাসীয় বিক্রিয়কের মোট মোল সংখ্যা।

১।  $K_p > K_c$  হবে, যদি বিক্রিয়ায়  $\Delta n > 0$  হয়। যেমন,

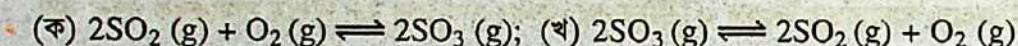


২।  $K_p < K_c$  হবে, যদি বিক্রিয়ায়  $\Delta n < 0$  হয়। যেমন,



**শিক্ষার্থী নিজে কর-৪.৮ :** ভরক্রিয়ার সূত্রভিত্তিক :

সমস্যা-৪.২৮ : সালফিটেরিক এসিডের শিল্পোৎপাদনে সালফার ডাইঅক্সাইডকে জারিত করে সালফার ট্রাই অক্সাইড উৎপাদন করা হয়। নিচের প্রত্যেক বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার সমীকরণ লেখ।



সমস্যা-৪.২৯ : ৮০০K তাপমাত্রায়,  $\text{SO}_3$  উৎপাদনের সাম্যাবস্থায় মোলার ঘনমাত্রা হয়

$[\text{SO}_2] = 3.0 \times 10^{-3} \text{ M}$ ;  $[\text{O}_2] = 3.5 \times 10^{-3} \text{ M}$ ;  $[\text{SO}_3] = 5.0 \times 10^{-2} \text{ M}$ ; উপরের সমস্যা-৪.২৮ এর উভয় বিক্রিয়ার জন্য ৮০০K তাপমাত্রায় সাম্যাক্রিয়ক গণনা কর। [উ: (ক)  $7.9 \times 10^4$ ; (খ)  $1.26 \times 10^{-5}$ ]

সমস্যা-৪.৩০ : (ক) সাম্যাক্রিয়ক  $K_c$  ও  $K_p$  এর কোনো একক নেই; এর কারণ ব্যাখ্যা কর।

(খ)  $K_p$  ও  $K_c$  এর মধ্যে গাণিতিক সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা কর।

[অনুধাবনভিত্তিক]

(গ)  $\text{A}_2(\text{g}) + \text{B}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{AB}(\text{g})$ ; এ উদ্বীপকের বিক্রিয়াটির জন্য  $K_p$  ও  $K_c$  এর মধ্যে সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা কর।

[চ. বো. ২০১৫]

(ঘ)  $2\text{A}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{AO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ ; এ উদ্বীপকের বিক্রিয়াটির  $K_p$  রাশিমালা প্রতিপাদন কর।

[কু. বো. ২০১৫]

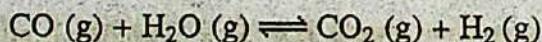
(ঙ)  $\text{N}_2\text{O}_4$  এর বিয়োজনের  $K_p$  রাশিমালা প্রতিপাদন কর।

[বা. বো. ২০১৫]

(চ)  $K_c$  এর মান শূন্য বা অসীম হতে পারে না; ব্যাখ্যা কর।

[কু. বো. ২০১৫; দি. বো. ২০১৫]

সমস্যা-৪.৩১ : স্টিম হাইড্রোকার্বন রিফরমিং প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন ওয়াটার গ্যাস মিশ্রণ ( $\text{CO}$  ও  $3\text{H}_2$ ) কে অধিকতর  $\text{H}_2$  গ্যাস সমৃদ্ধ করতে  $\text{CO}$  গ্যাসকে স্টিমসহ প্রভাবকীয় বিক্রিয়া ঘটানো হয়, এ ওয়াটার-গ্যাস শিফ্ট বিক্রিয়াটি হলো :



700K তাপমাত্রায়, চারটি গ্যাসের এ মিশ্রণে আধিক্য চাপসমূহ হলো  $\text{CO}$  গ্যাসের 1.31 atm,  $\text{H}_2\text{O}$  বাস্পের 10.0 atm,  $\text{CO}_2$  গ্যাসের 6.12 atm এবং  $\text{H}_2$  গ্যাসের 20.3 atm। ঐ তাপমাত্রায়  $K_p$  কত হবে? [উ: 9.48]

সমস্যা-৪.৩২ : অসওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক এসিড উৎপাদনে ২য় ধাপে নাইট্রিক অক্সাইডকে অক্সিজেনসহ জারিত করে নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড উৎপাদন করা হয় :  $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$

(ক) যদি  $227^\circ\text{C}$ -এ  $K_c = 6.9 \times 10^5$  হয়, ঐ তাপমাত্রায়  $K_p$  এর মান কত হবে? [উ: (ক)  $K_p = 1.68 \times 10^4$ ]

(খ) যদি 1000K-এ  $K_p = 1.3 \times 10^{-2}$  হয়, ঐ তাপমাত্রায়  $K_c$  এর মান কত হবে? [উ: (খ)  $K_c = 1.066$ ]

### ৪.৯.৮ সাম্যাক্রিয়ক $K_c$ এর তাৎপর্য

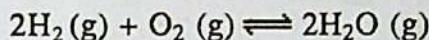
#### Significance of $K_c$

কোনো উভয়ীয়ি বিক্রিয়ার সাম্যাক্রিয়কের মান জেনে আমরা কী সুবিধা পাব?

(১) আমরা বিক্রিয়াটির ব্যাপ্তি (extent) বিচার করব, (২) বিক্রিয়াটির দিক (direction) সম্বন্ধে ধারণা পাব,

(৩) প্রাথমিক ঘনমাত্রা থেকে সাম্যাবস্থার মিশ্রণের উপাদানের ঘনমাত্রা গণনা করতে পারব।

(১) বিক্রিয়ার ব্যাপ্তি (Extent) বিচার : সাম্যক্রিয়কের অধিক মান উভয়বুদ্ধি বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে প্রায় সম্পূর্ণতার দিকে নির্দেশ করে। বিপরীতমুখী বিক্রিয়া নগণ্য অবস্থায় থাকে। যেমন,  $H_2$  ও  $O_2$  এর মধ্যে বিক্রিয়ায়  $H_2O$  উৎপন্ন হয়; এক্ষেত্রে 500K ( $227^{\circ}C$ ) তাপমাত্রায় সাম্যক্রিয়ক অত্যধিক মানের ( $K_c = 2.4 \times 10^{47}$ ) হয়।



$$\text{সম্মুখবুদ্ধি বিক্রিয়ার বেলায়, } 500K \text{ তাপমাত্রায়, } K_c = \frac{[H_2O]^2}{[H_2]^2 \times [O_2]} = 2.4 \times 10^{47}$$

$$\therefore \text{পচাত্ত্বমুখী বিক্রিয়ার বেলায় ঐ তাপমাত্রায়, } K'_c = \frac{[H_2]^2 \times [O_2]}{[H_2O]^2} = \frac{1}{K_c} = \frac{1}{2.4 \times 10^{47}} = 4.2 \times 10^{-48}$$

এক্ষেত্রে  $4.2 \times 10^{-48}$  হলো খুবই নগণ্য সংখ্যা। অর্থাৎ পানির বিযোজনে বাস্তবে  $H_2$  ও  $O_2$  গ্যাস পাওয়া যায় না।

আমরা এখন দুটি উভয়বুদ্ধি বিক্রিয়া যেমন (i)  $H_1$  সংশ্লেষণ ও (ii)  $N_2O_4$  বিযোজনের সাম্যক্রিয়ক নিয়ে বিচার করব।

(i)  $H_2$  গ্যাস ও  $I_2$  বাস্পের বিক্রিয়ায়, 700K তাপমাত্রায়  $K_c = 57$  হয়;



$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2] \times [I_2]} = 57.0 \text{ (at 700K)}$$

এক্ষেত্রে,  $H_2$  ও  $I_2$  এর ঘনমাত্রা 0.01M হলে সাম্যাবস্থায়  $H_1$  এর ঘনমাত্রা পাওয়া যায় 0.075 M. যেমন,

$$[HI]^2 = K_c \times [H_2] \times [I_2]; \text{ বা, } [HI] = \sqrt{(57.0 \times 0.01 \times 0.01)} = 0.075M$$

এক্ষেত্রে সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা 0.01M ও উৎপাদের ঘনমাত্রা 0.075M বাস্তবমুখী ও গণনাযোগ্য।

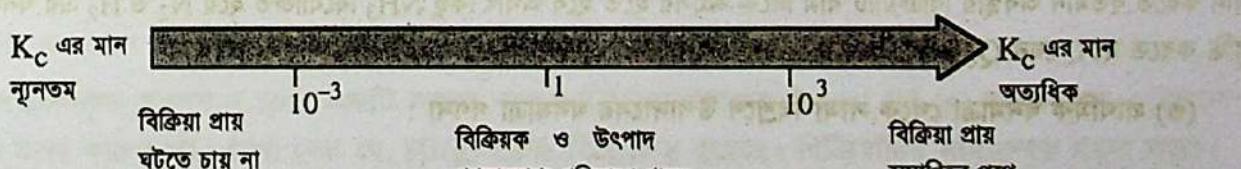
(ii) আবার  $N_2O_4$  এর বিযোজনের সাম্যক্রিয়ক  $K_c$  এর মান খুব বড় বা ছেট নয়,  $K_c = 4.64 \times 10^{-3}$  (at  $25^{\circ}C$ )। সাম্যাবস্থায়  $N_2O_4$  এবং  $NO_2$  এর ঘনমাত্রা গণনাযোগ্য হয়। যেমন, 0.0337 M ও 0.0125 M (সারণি-8.8 দেখ)।

সাধারণ সিদ্ধান্ত : (i)  $K_c$  এর মান  $10^{-3}$  থেকে  $10^3$  এর মধ্যে থাকলে সাম্য মিশ্রণে বিক্রিয়ক ও উৎপাদ গণনাযোগ্য পরিমাণে থাকে।

(ii) যদি  $K_c > 10^3$ ; তখন সাম্যমিশ্রণে বিক্রিয়কের চেয়ে উৎপাদ বেশি হয়। আবার  $K_c$  এর মান খুব বেশি হলে, সম্মুখবুদ্ধি বিক্রিয়া শেষ প্রাপ্তে বোঝায়।

(iii) যদি  $K_c < 10^{-3}$ ; তখন সাম্য মিশ্রণে উৎপাদনের চেয়ে বিক্রিয়ক বেশি থাকে। আবার  $K_c$  এর মান খুব কম হলে, সম্মুখবুদ্ধি বিক্রিয়া ঘটতে চায় না বোঝায়।

নিচের-৮.১৯ নং চিত্রে  $K_c$  এর মানভিত্তিক বিক্রিয়ার ব্যাপ্তি বিচার দেখানো হলো :



চিত্র-৮.১৯ :  $K_c$  এর মানভিত্তিক বিক্রিয়ার ব্যাপ্তি বিচার

(২) বিক্রিয়ার দিক সহকে প্রাক্ ধারণা : হাইড্রোজেন গ্যাস ও আয়োডিন বাস্প থেকে 700K ( $427^{\circ}C$ ) তাপমাত্রায়  $HI$  সংশ্লেষণ বিক্রিয়াটির  $K_c$  এর মান নিয়ে আলোচনা করা যাক :



ধৰা যাক, বিক্রিয়া শুরুর t সময় পরে বিক্রিয়া মিশ্রণে 700K তাপমাত্রায়  $H_2(g)$ ,  $I_2(g)$  ও  $HI(g)$  এর ঘনমাত্রা  $[H_2]_t = 0.10M$ ,  $[I_2]_t = 0.20M$  এবং  $[HI]_t = 0.40M$  পাওয়া গেল। এ সময়ে বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় পৌছায়নি। এখন এসব মোলার ঘনমাত্রার মান সাম্যক্ষেত্রের সমীকরণে বসিয়ে যে মান পাই, তাকে বিক্রিয়া অনুপাত ( $Q_c$ ) বা reaction quotient বলে।

$$\therefore \text{বিক্রিয়া অনুপাত}, Q_c = \frac{[HI]^2}{[H_2]_t \times [I_2]_t} = \frac{(0.40)^2}{(0.10) \times (0.20)} = 8.0$$

উল্লেখ্য  $K_c$  এর অনুজ্ঞপ্রাপ্ত অনুপাত  $Q_c$  কে সংজ্ঞায়িত করা হয়। উপরের সম্পর্ক থেকে বোঝা যায়  $Q_c (8.0)$  এর মান  $K_c (57.0)$  এর মান থেকে অনেক কম। তাই  $Q_c = K_c$  হতে হলে, সময়ের পরেও বিক্রিয়াটি সম্মুখ দিকে অনেক সময় নিয়ে অগ্রসর হতে হবে। এখানে বোঝা গেল বিক্রিয়া অনুপাত,  $Q_c$  এর বিশেষ শুরুত্ব রয়েছে। সুতরাং  $Q_c$  ও  $K_c$  রাশি দুটির মান থেকে বিক্রিয়ার দিক সংক্ষে নিম্নরূপ সিদ্ধান্ত মিলে-

- (i) যদি  $Q_c < K_c$  হয়; তখন বিক্রিয়াটি সম্মুখদিকে অগ্রসর হবে, উৎপাদ বাড়তে থাকবে।
- (ii) যদি  $Q_c > K_c$  হয়; তখন বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় আসার জন্য পশ্চাত্যুর্ধী হবে; উৎপাদের বিযোজন ঘটবে।
- (iii) যদি  $Q_c = K_c$  হয়; তখন বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় পৌছে গেছে বোঝায়।

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.১৬ :** বিক্রিয়ার দিকের ধারণাভিত্তিক :

500K তাপমাত্রায় 20L বিক্রিয়া পাত্রে 1.57 mol  $N_2$ , 1.92 mol  $H_2$  এবং 8.13 mol  $NH_3$  মিশ্রিত করা হলো। ঐ তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির যেমন  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$  এর জানা  $K_c$  এর মান  $1.7 \times 10^2$  হলে বর্তমানে মিশ্রিত গ্যাসসহকারে বিক্রিয়াটি কোন দিকে অগ্রসর হবে?

**দক্ষতা :**  $Q_c$  এর মান নির্ণয় করে তা প্রদত্ত  $K_c$  এর মানের সাথে তুলনা করতে হবে।

**সমাধান :**  $N_2$  এর মোলার ঘনমাত্রা  $[N_2] = 1.57 \text{ mol}/20\text{L} = 0.0785\text{M}$ .

অনুজ্ঞপ্রাপ্ত,  $[H_2] = 1.92 \text{ mol}/20\text{L} = 0.096\text{M}$ ;  $[NH_3] = 8.13 \text{ mol}/20\text{L} = 0.406\text{M}$ ;

এ মানসমূহ সাম্যক্ষেত্রের সমীকরণে  $Q_c$  এর জন্য বসিয়ে পাই:

$$Q_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2]_t \times [H_2]_t} = \frac{(0.406)^2}{(0.0785) \times (0.096)^3} = 2.37 \times 10^3$$

যেহেতু  $Q_c (2.37 \times 10^3)$  এর মান প্রদত্ত  $K_c (1.7 \times 10^2)$  এর মানের চেয়ে বড়, তাই সাম্যক্ষেত্রের মানের সমান মান করতে বর্তমান অবস্থায় বিক্রিয়াটি বাম দিকে অগ্রসর হতে হবে অর্থাৎ কিছু  $NH_3$  বিযোজিত হয়ে  $N_2$  ও  $H_2$  এর ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করতে হবে, যেন  $Q_c = K_c = 1.7 \times 10^2$  হয়।

(৩) প্রাথমিক ঘনমাত্রা থেকে সাম্য মিশ্রণে উপাদানের ঘনমাত্রা গণনা :

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.১৭ :** 700K তাপমাত্রায় 1.0 mol  $H_2$  ও 1.0 mol  $I_2$  মিশ্রণকে 10L বিক্রিয়া পাত্রে নেয়া হলো। ঐ তাপমাত্রায় সাম্যক্ষেত্রের  $K_c = 57$  হলে সাম্যাবস্থায়  $H_2$ ,  $I_2$  ও  $HI$  এর ঘনমাত্রা কত হবে? সাম্য মিশ্রণে মোল এককে প্রতিটি উপাদান গণনা কর।

**সমাধান :** নিম্নোক্ত পাঁচ ধাপে সমস্যাটি সমাধান করা হবে :

১ম ধাপ : প্রক্রিয়া শুরুর সময়ের ঘনমাত্রা গণনা :  $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$

২য় ধাপ : প্রদত্ত প্রাথমিক ঘনমাত্রা,  $[H_2] = [I_2] = 1.0/10 L = 0.1 M$ , মনে করি  $t$  সময় পরে  $x mol/L H_2$  ও  $x mol/L I_2$  বিক্রিয়া করে  $2x mol/L HI$  উৎপন্ন করেছে। এতে  $H_2$  ও  $I_2$  এর ঘনমাত্রাহাস পেয়ে  $(0.1-x)mol/L$  হয় :

	$H_2(g)$	+	$I_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2HI(g)$
প্রাথমিক ঘনমাত্রা (M) :	0.1		0.1		0
ঘনমাত্রার পরিবর্তন (M) :	$-x$		$-x$		$+2x$
সাম্য ঘনমাত্রা (M) :	$(0.1-x)$		$(0.1-x)$		$2x$

৩য় ধাপ : সাম্যাবস্থায়  $K_c = 57$  ধরে, সাম্ভবক সমীকরণ মতে পাই :

$$Q_c = K_c = 57 = \frac{[HI]^2}{[H_2] \times [I_2]} = \frac{(2x)^2}{(0.1-x)(0.1-x)} = \frac{4x^2}{(0.1-x)^2}$$

$$\therefore \text{বর্গমূল করে পাই; } \sqrt{57} = \pm 7.55 = \frac{2x}{(0.1-x)}$$

ধনাত্মক মান নিয়ে পাই;

$$7.55 \times (0.1-x) = 2x$$

$$\text{বা, } 0.755 = 7.55x + 2x$$

$$\text{বা, } x = 0.755/9.55 = 0.0791 M$$

ঋণাত্মক মান নিয়ে পাই;

$$-7.55 \times (0.1-x) = 2x$$

$$\text{বা, } -0.755 = 2x - 7.55x$$

$$\text{বা, } x = (-0.755)/(-5.55) = 0.136 M$$

যেহেতু প্রাথমিক অবস্থায়,  $H_2$  ও  $I_2$  এর ঘনমাত্রা  $0.10 M$  ছিল;  $x$  এর মান  $0.10 M$  এর বেশি হতে পারে না।  
সূতরাং  $x = 0.0791 M$  গ্রহণীয়; অপর মান ( $0.136$ ) গ্রহণীয় নয়।

৪র্থ ধাপ :  $x$ -এর মান বসিয়ে সাম্যাবস্থায় উপাদানের ঘনমাত্রা নির্ণয় :

$$[H_2] = [I_2] = (0.10 - x) = (0.10 - 0.0791) = 0.021 M$$

$$[HI] = 2x = 2 \times 0.0791 = 0.158 M$$

৫ম ধাপ : সাম্যাবস্থার সমীকরণে ঐ সব মান বসিয়ে ফলাফল যাচাই :

$$K_c = 57.0 = \frac{[HI]^2}{[H_2] \times [I_2]} = \frac{(0.158)^2}{(0.021)(0.021)} = 57$$

সাম্যমিশ্রণে মোল সংখ্যা গণনা :

মোল সংখ্যা = মোলারিটি  $\times$  বিক্রিয়া পাত্রের আয়তন লিটারে

$$\therefore H_2 \text{ এর মোল সংখ্যা} = I_2 \text{ এর মোল সংখ্যা} = (0.021 mol/L) \times (10 L) = 0.21 mol$$

$$HI \text{ এর মোল সংখ্যা} = (0.158 mol/L) \times (10 L) = 1.58 mol.$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.১৮ : একটি আবক্ষ নলে  $440^\circ C$  তাপমাত্রায়  $2 mol HI(g)$  সাম্যাবস্থায় পৌছানো অবধি উৎপন্ন করা হলো। দেখা গেল যে,  $HI(g)$  22% বিযোজিত হয়েছে। বিক্রিয়াটির সাম্ভবক গণনা করো।

সমাধান : শর্ত অনুসারে সমীকরণ  $2HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g)$

প্রশ্নমতে,  $HI(g)$  22% বিযোজিত হলে  $2 mol HI(g)$  থেকে  $2 \times 0.22 = 0.44 mol HI(g)$  বিযোজিত হয়েছে। সূতরাং সাম্য মিশ্রণে অবিযোজিত  $HI(g)$  আছে  $= (2 - 0.44) = 1.56 mol$ .

বিক্রিয়ার সমীকরণ থেকে দেখা যায়,  $2mol HI(g)$  এর বিযোজনে  $1 mol H_2(g)$  ও  $1 mol I_2(g)$  উৎপন্ন হয়।

সূতরাং  $0.44 mol HI(g)$  এর বিযোজনে  $H_2(g)$  ও  $I_2(g)$  প্রতিটির  $0.22 mol$  উৎপন্ন হয়।

**MCQ-4.13 :** সাম্যাবস্থায়  $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$  বিক্রিয়াটির বেলায়-

(i) সর্বদা গতিশীল (ii) সিস্টেম স্থির

থাকলে বিক্রিয়া শেষ হয় না

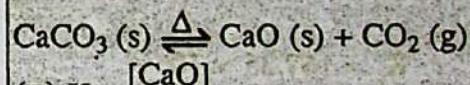
(iii) উৎপাদ বৃদ্ধি পায় না

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii

(গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

**MCQ-4.14 :** নিচের বিক্রিয়ার  $K_c$  এর  
রাশিমালা কোনটি? [ৰা. বো. ২০১৬]

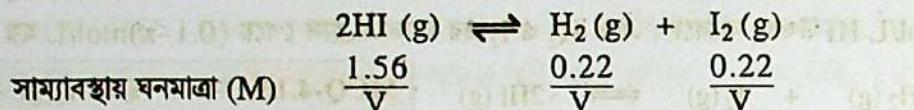


$$(ক) K_c \frac{[CaO]}{[CaCO_3]}$$

$$(খ) K_c \frac{[CaO] \times [CO_2]}{[CaCO_3]}$$

$$(গ) K_c = [CO_2] \quad (ঘ) [CaO]$$

যদি আবক্ষ নলের আয়তন  $VL$  হয়, তবে সাম্যাবস্থায় বিভিন্ন উপাদানের মোলার ঘনমাত্রা হবে নিম্নরূপ :

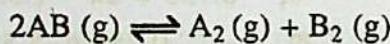


$$\therefore K_c = \frac{[\text{H}_2] \times [\text{I}_2]}{[\text{HI}]^2} = \frac{\frac{0.22}{V} \times \frac{0.22}{V}}{\left(\frac{1.56}{V}\right)^2} = 0.018$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.১৯ :  $470^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায়  $\text{AB}(\text{g})$  যৌগটির 45% বিযোজিত হয়। উক্ত বিযোজনের সাম্যক্রূতক  $K_c$  গণনা কর। সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াটি হলো :  $2\text{AB}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{A}_2(\text{g}) + \text{B}_2(\text{g})$

সমাধান : সংশ্লিষ্ট সমীকরণ :  $2\text{AB}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{A}_2(\text{g}) + \text{B}_2(\text{g})$

প্রশ্নাত্তে,  $\text{AB}(\text{g})$  45% বিযোজিত হয়। তখন সমীকরণ মতে 2 mol  $\text{AB}(\text{g})$  থেকে  $2 \times 0.45 = 0.90$  mol  $\text{AB}(\text{g})$  বিযোজিত হয়েছে। সুতরাং সাম্যমিশ্রণে অবিযোজিত  $\text{AB}(\text{g})$  আছে  $= (2 - 0.90) = 1.10$  mol। বিক্রিয়ার সমীকরণ থেকে দেখা যায় 2 mol  $\text{AB}(\text{g})$  এর 1 mol  $\text{A}_2(\text{g})$  ও 1 mol  $\text{B}_2(\text{g})$  উৎপন্ন হয়। সুতরাং 0.90 mol  $\text{AB}(\text{g})$  বিযোজনে  $\text{A}_2(\text{g})$  ও  $\text{B}_2(\text{g})$  প্রতিটির 0.45 mol উৎপন্ন হয়। যদি আবক্ষ পাত্রের আয়তন  $VL$  হয়, তবে সাম্যাবস্থায় উপাদানগুলোর মোলার ঘনমাত্রা হবে নিম্নরূপ :



$$\text{সাম্যাবস্থায় ঘনমাত্রা (M)} \quad \frac{1.10}{V} \quad \frac{0.45}{V} \quad \frac{0.45}{V}$$

$$\therefore \text{সাম্যক্রূতক, } K_c = \frac{[\text{A}_2] \times [\text{B}_2]}{[\text{AB}]^2} = \frac{\frac{0.45}{V} \times \frac{0.45}{V}}{\left(\frac{1.10}{V}\right)^2} = 167.35 \times 10^{-3}$$

$$\therefore K_c = 167.35 \times 10^{-3}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.২০ : 4.05 mol হাইড্রোজেন এবং 4.65 আয়োডিন  $444^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় 1L ফ্লাকে রেখে তাপ দিলে 6.75 mol HI উৎপন্ন হলো।  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$  বিক্রিয়াটির সাম্যক্রূতক  $K_c$  ও  $K_p$  নির্ণয় কর।

সমাধান :  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons{\Delta} 2\text{HI}(\text{g})$  এখানে,  $a = 4.05$  mol

প্রাথমিক অবস্থায় :  $a$  mol       $b$  mol      0 mol       $b = 4.65$  mol

$$\text{সাম্যাবস্থায় : } (a - \alpha) \text{ mol} \quad (b - \alpha) \text{ mol} \quad 2\alpha \text{ mol}$$

$$\alpha = \frac{6.75}{2} = 3.375 \text{ mol}$$

$$V = 1\text{L}$$

$\therefore$  বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় :

$$[\text{H}_2] = (a - \alpha) = (4.05 - 3.375) = 0.675 \text{ (M)}$$

$$[\text{I}_2] = (a - \alpha) = (4.65 - 3.375) = 1.275 \text{ (M)}$$

$$[\text{HI}] = 2\alpha = 2 \times 3.375 = 6.75 \text{ (M)}$$

$K_c$  এর সমীকরণের জন্য প্রত্যেক উপাদানের মোলার ঘনমাত্রাকে 1M দিয়ে ভাগ করে পাই-

$$\therefore K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{I}_2][\text{H}_2]} = \frac{(6.75)^2}{(1.275)(0.675)} = \frac{45.5625}{0.860625} = 52.94$$

আবার, যেহেতু এ বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মোল সংখ্যা সমান, সেহেতু  $K_p = K_c = 52.94$

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.২১ : 298 K তাপমাত্রায় সাম্যাবস্থায়  $N_2O_4$  এর বিযোজন মিশ্রণে  $N_2O_4$  এর আধিক চাপ 0.8 atm এবং বিক্রিয়াটির  $K_p = 0.008$ । বিক্রিয়াটির  $K_c$  ও  $NO_2$  এর আধিক চাপ নির্ণয় কর।

সমাধান : সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়াটির সমীকরণ হলো :  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$

$$\text{এক্ষেত্রে } K_p = \frac{(P_{NO_2})^2}{P_{N_2O_4}} ; \text{ বা, } (P_{NO_2})^2 = K_p \times P_{N_2O_4} \text{ [বজ্রণন করে]}$$

$$\text{বা, } (P_{NO_2})^2 = 0.008 \times 0.8 \text{ atm} = 0.0064 \text{ atm}$$

$$\therefore P_{NO_2} = \sqrt{0.0064} = 0.08 \text{ atm}$$

$$\text{আবার, } K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

$$\therefore K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}}$$

$$\text{বা, } K_c = \frac{0.008}{(0.082 \text{ K}^{-1} \times 298 \text{ K})^1}$$

$$\text{বা, } K_c = \frac{0.008}{24.436} = 3.274 \times 10^{-4}$$

$$\therefore K_c = 3.274 \times 10^{-4}$$

$$\text{এখানে, } K_p = 0.008$$

$$K_c = ?$$

$$\text{এক্ষেত্রে, } R = \frac{0.082 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}}{\text{L mol}^{-1} \cdot \text{atm}}$$

$$T = 298 \text{ K}$$

$$\Delta n = (2 - 1) = 1$$

দ্রষ্টব্য :  $K_c$  ও  $K_p$ -এর সমীকরণে সংশ্লিষ্ট প্রত্যেক রাশিকে প্রযোজ্য ক্ষেত্রে 1 M ও 1 atm দিয়ে ভাগ করে নিতে হবে। কারণ  $K_c$  ও  $K_p$  এর একক নেই।

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.২২ : 298 K বা, 25°C তাপমাত্রায় ও 1 atm চাপে ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাইড ( $N_2O_2$ ) এর 18.5% নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে বিযোজিত হয়। উক্ত বিযোজনের জন্য  $K_p$  নির্ণয় কর। এ তাপমাত্রায় এবং 0.5 atm চাপে  $N_2O_4$  এর বিযোজন মাত্রা কত হবে?

সমাধান : সংশ্লিষ্ট সমীকরণ হলো,  $N_2O_4(g) \xrightleftharpoons{\Delta} 2NO_2(g)$

সাম্যাবস্থায় :  $(a - \alpha) \quad 2\alpha$

মনে করি, 1 mol  $N_2O_4$  নেওয়া হয়েছে। অর্থাৎ  $a = 1 \text{ mol}$

প্রশ্নমতে, 298 K তাপমাত্রা ও 1 atm চাপে  $\alpha = 0.185 \text{ mol}$ ,  $a = 1 \text{ mol}$

$$\text{আমরা জানি, } N_2O_4 \text{ এর বিযোজনের বেলায়, } K_p = \frac{4\alpha^2 \times P}{a^2} ; \therefore \alpha = \frac{a}{2} \sqrt{\frac{K_p}{P}}$$

$$\text{এখানে } \alpha = \frac{a}{2} \sqrt{\frac{K_p}{P}} ; \text{ অর্থাৎ, } 0.185 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{K_p}{1}} \quad \text{বা, } K_p = (0.185 \times 2)^2 = 0.1369$$

$$\text{এখন, } P = 0.5 \text{ বসালে বিযোজন এর পরিমাণ, } \alpha = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{K_p}{0.5}} ; \quad \text{বা, } \alpha = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{0.1369}{0.5}}$$

$$\text{বা, } \alpha = \frac{1}{2} \times 0.524 = 0.262$$

$$\text{আবার বিযোজন মাত্রা, } \beta = \frac{\alpha}{a} = \frac{0.262}{1} ; \quad \text{বা, } \beta = 0.262 = 26.2\%$$

অতএব, 298 K তাপমাত্রায় ও 0.5 atm চাপে বিযোজন মাত্রা,  $\beta = 26.2\%$

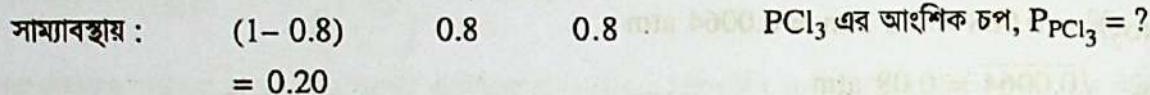
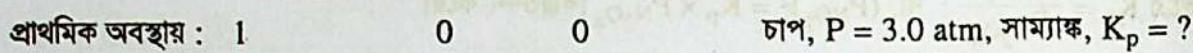
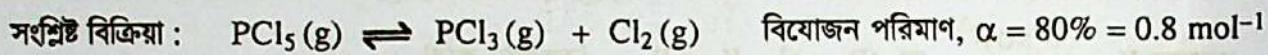
দ্রষ্টব্য : যেহেতু  $K_p$  হলো এককবিহীন,

তাই চাপের একক atm বাদ দিয়ে

সংখ্যামান ব্যবহৃত হয়েছে।

**সমাধানকৃত সমস্যা-৮.২৩ :**  $25^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় 3.0 atm চাপে  $\text{PCl}_5$  80% বিযোজিত হয়ে  $\text{PCl}_3$  এবং  $\text{Cl}_2$  উৎপন্ন করে।  $\text{PCl}_3$  ও  $\text{Cl}_2$  এর আংশিক চাপ এবং  $K_p$  নির্ণয় কর।

সমাধান :



$$= 0.20$$

$$\therefore \text{সাম্যাবস্থায় মোট মৌল সংখ্যা} = (0.20 + 0.8 + 0.8) = 1.8$$

$$\therefore \text{PCl}_5 \text{ এর আংশিক চাপ, } P_{\text{PCl}_5} = \frac{0.20}{1.8} \times 3 \text{ atm} = \frac{0.33 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} = 0.33$$

$$\text{PCl}_3 \text{ এর আংশিক চাপ, } P_{\text{PCl}_3} = \frac{0.8}{1.8} \times 3 \text{ atm} = 1.332 \text{ atm} = \frac{1.332 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} = 1.332$$

$$\text{Cl}_2 \text{ এর আংশিক চাপ, } P_{\text{Cl}_2} = \frac{0.8}{1.8} \times 3 \text{ atm} = 1.332 \text{ atm} = \frac{1.332 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} = 1.332$$

$$\therefore \text{বিক্রিয়ার সাম্যাক্ষৰক, } K_p = \frac{P_{\text{PCl}_3} \times P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{PCl}_5}} = \frac{1.332 \times 1.332}{0.33} = 5.33$$

$$\therefore K_p \text{ এর মান } 5.33; \text{ PCl}_3 \text{ এর আংশিক চাপ} = 1.332 \text{ atm}; \text{ Cl}_2 \text{ এর আংশিক চাপ} = 1.332 \text{ atm}$$

**সমাধানকৃত সমস্যা-৮.২৪ :** একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায়  $2A + B \rightleftharpoons 2C$  বিক্রিয়ায় সাম্যাক্ষৰকের মান  $8.0 \times 10^{-4}$ । যদি ঐ তাপমাত্রায় বিপরীত বিক্রিয়ার হার প্রক্রকের মান  $1.24 \text{ L mol}^{-1}\text{s}^{-1}$  হয়, তবে সম্মুখ বিক্রিয়ার হার প্রক্রকের মান কত হবে?

সমাধান : সাম্যাক্ষৰক,  $K = \frac{\text{সম্মুখ বিক্রিয়ার হার প্রক্রক}}{\text{বিপরীত বিক্রিয়ার হার প্রক্রক}}$

$$\begin{aligned} \therefore \text{সম্মুখ বিক্রিয়ার হার প্রক্রক} &= K \times \text{বিপরীত বিক্রিয়ার হার প্রক্রক} \\ &= 8 \times 10^{-4} \times 1.24 \text{ L mol}^{-1}\text{s}^{-1} \\ &= 9.92 \times 10^{-4} \text{ L mol}^{-1}\text{s}^{-1} \end{aligned}$$

**MCQ-4.15 :** হেবার পদ্ধতিতে  $\text{NH}_3$  উৎপাদনে কোন প্রভাবক ব্যবহৃত হয়? [কু. বো. ২০১৭]

- |        |        |
|--------|--------|
| (ক) Mo | (খ) Fe |
| (গ) Ni | (ঘ) Cr |

**সমাধানকৃত সমস্যা-৮.২৫ :**  $25^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায়  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$  বিক্রিয়ার  $K_p = 3 \times 10^{24}$  হলে এর  $K_c$  এর মান কত?

সমাধান : প্রদত্ত বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে,  $\Delta n = [2 - (2 + 1)] = -1$

$$\text{প্রশ্নানুসারে, } K_p = 3 \times 10^{24} \text{ এবং } T = (273 + 25) = 298\text{K}, R = \frac{0.082 \text{ L atm mol}^{-1}\text{K}^{-1}}{\text{L atm mol}^{-1}} \text{ (এক্ষেত্রে)}$$

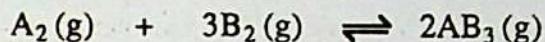
$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} \text{ সমীকরণে এ মানগুলো বসিয়ে পাই,}$$

$$3 \times 10^{24} = K_c (0.082 \text{ K}^{-1} \times 298 \text{ K})^{-1}$$

$$\begin{aligned} \therefore K_c &= (3 \times 10^{24}) \times (0.082 \times 298) \\ &= 7.33 \times 10^{25} \end{aligned}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.২৬ :  $A_2(g) + 3B_2(g) \rightleftharpoons 2AB_3(g)$ ; 650 K তাপমাত্রা এবং 25 atm চাপে সাম্যাবস্থার মিশ্রণে 22%  $A_2$  এবং 17%  $AB_3$  থাকলে বিক্রিয়াটির  $K_p$  এবং  $K_c$  এর মান নির্ণয় কর।

সমাধান : এখানে মোট চাপ  $P = 25$  atm



সাম্যাবস্থায় : 22% 61% 17%

$$\text{প্রশ্নমতে, } B_2 = (100 - 22 - 17)\% = 61\%$$

$$\text{সাম্যাবস্থায়, } A_2 \text{ এর আংশিক চাপ, } P_{A_2} = \frac{22}{100} \times 25 \text{ atm} = 5.5 \text{ atm} = \frac{5.5 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} = 5.5$$

$$\text{সাম্যাবস্থায়, } B_2 \text{ এর আংশিক চাপ, } P_{B_2} = \frac{61}{100} \times 25 \text{ atm} = 15.25 \text{ atm} = \frac{15.25 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} = 15.25$$

$$\text{সাম্যাবস্থায়, } AB_3 \text{ এর আংশিক চাপ, } P_{AB_3} = \frac{17}{100} \times 25 \text{ atm} = 4.25 \text{ atm} = \frac{4.25 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} = 4.25$$

$$\therefore K_p = \frac{(P_{AB_3})^2}{P_{A_2} \times (P_{B_2})^3} = \frac{(4.25)^2}{5.5 \times (15.25)^3} = 9.25 \times 10^{-4}$$

আবার আমরা জানি,  $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$  ..... (i)

$$\text{এখানে, } K_p = 9.25 \times 10^{-4}, T = 650K, \Delta n = 2 - (1 + 3) = -2, R = \frac{0.082 \text{ L.atm mol}^{-1}\text{K}^{-1}}{\text{L.atm mol}^{-1}}$$

$$K_p = K_c (RT)^{-2}$$

$$\therefore K_c = K_p (RT)^2 = 9.25 \times 10^{-4} \times (0.082 \text{ K}^{-1} \times 650 \text{ K})^2$$

$$\therefore K_c = 2.6278$$

$$\therefore K_p = 9.25 \times 10^{-4} \text{ এবং } K_c = 2.6278$$

দ্রষ্টব্য :  $K_p$  ও  $K_c$  সমীকরণে প্রত্যেক রাশিকে প্রযোজ্য ক্ষেত্রে 1 atm ও 1M একক দিয়ে ভাগ করে নিতে হবে।

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.২৭ : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় 1L একটি পাত্রে 0.326 mol  $N_2$  এবং 0.439 mol  $H_2$  কে উৎপন্ন করায় সাম্যাবস্থায় মিশ্রণের মোট মৌল সংখ্যা পাওয়া যায় 0.657 mol. বিক্রিয়াটির  $K_c$  নির্ণয় কর।

সমাধান : মনে করি, বিক্রিয়াটির  $x$  mol  $N_2$  এবং  $3x$  mol  $H_2$  পরম্পরের সাথে বিক্রিয়া করে সাম্যাবস্থায়  $2x$  mol পরিমাণ  $NH_3$  উৎপন্ন করে।



$$\text{প্রাথমিক মৌল সংখ্যা} : 3.326 \quad 0.439 \quad 0$$

$$\text{পরিবর্তন ঘটেছে} : -x \quad -3x \quad 2x$$

$$\text{সাম্যাবস্থায় মৌলসংখ্যা} : (0.326 - x) \quad (0.439 - 3x) \quad 2x$$

প্রশ্নমতে সাম্যাবস্থায় মিশ্রণের মোট মৌল সংখ্যা

$$= (0.326 - x) + (0.439 - 3x) + 2x = 0.657 \text{ mol}$$

$$\text{বা, } 0.765 - 2x = 0.657$$

$$\text{বা, } 0.765 - 0.657 = 2x \text{ বা, } 2x = 0.108$$

$$\text{বা, } x = 0.054$$

$$\text{সূতরাং সাম্যাবস্থায় } N_2 \text{ এর মৌলসংখ্যা} = (0.326 - 0.054) = 0.272 \text{ mol}$$

$$\therefore \text{সাম্যাবস্থায় } N_2 \text{ এর ঘনমাত্রা}, [N_2] = \frac{0.272 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.272 \text{ (M)}$$

সাম্যাবস্থায়  $H_2$  এর মোলসংখ্যা  $= (0.439 - 0.054 \times 3) = 0.275 \text{ mol}$ ;  
 $H_2$  এর ঘনমাত্রা,  $[H_2] = 0.275 \text{ (M)}$

$$NH_3 \text{ এর মোল সংখ্যা} = 2 \times 0.054 = 0.108 \text{ mol}$$

$$NH_3 \text{ এর ঘনমাত্রা} [NH_3] = \frac{0.108 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.108 \text{ (M)}$$

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{(0.108)^2}{0.272 \times (0.275)^3} = \frac{0.011664}{0.0056567} = 2.062$$

[দ্রষ্টব্য :  $K_c$  এর সরীকরণে প্রত্যেক উপাদানের ঘনমাত্রাকে 1M দিয়ে ভাগ করে নিতে হবে,  $K_c$  ও  $K_p$  একক শূন্য।]

**MCQ-4.16 :** অন্নীয়  $KMnO_4$

ও অক্সালিক এসিডের রিডুক্শন

বিক্রিয়ায় অটো প্রভাবক কোনটি?

[রা. বো. ২০১৭]

(ক)  $MnO_4^-$  (খ)  $Mn^{2+}$

(গ)  $CrO_4^{2-}$  (ঘ)  $K^+$

শিক্ষার্থী নিজে কর-৪.৯ :  $K_p$  ও  $K_c$  ভিত্তিক গণনা :

সমস্যা-৪.৩৩ : উভয়ী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে  $Q_c$  ও  $K_c$  এর তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর।

[অনুধাবনভিত্তিক]

সমস্যা-৪.৩৪ :  $427^\circ C$ -এ বিক্রিয়া পাত্রে  $[H_2] = 0.10 \text{ M}$  এবং  $[I_2] = 0.20 \text{ M}$  আছে। ঐ তাপমাত্রায় বিক্রিয়া,  $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2 HI(g)$  এর সাম্যাক্ষৰক,  $K_c = 57.0$  ( $427^\circ C$  তাপমাত্রায়)। সাম্যমিশ্রণে  $H_2$ ,  $I_2$ ,  $HI$  এর ঘনমাত্রা বের কর।  
[উ:  $[H_2] = 0.006 \text{ M}$ ,  $[I_2] = 0.106 \text{ M}$ ,  $[HI] = 0.188 \text{ M}$ ]

সমস্যা-৪.৩৫(ক) :  $25^\circ C$  তাপমাত্রায়, একটি বিক্রিয়া পাত্রে  $0.050 \text{ M}$  ঘনমাত্রার  $N_2O_4$  গ্যাস আছে। ঐ তাপমাত্রায় বিযোজন বিক্রিয়া,  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$  এর সাম্যাক্ষৰক  $K_c$  এর মান  $4.64 \times 10^{-3}$ । সাম্যাবস্থায়  $N_2O_4$  ও  $NO_2$  এর ঘনমাত্রা বের কর।  
[উ:  $[N_2O_4] = 0.0429 \text{ M}$ ;  $[NO_2] = 0.0141 \text{ M}$ ]

সমস্যা-৪.৩৫(খ) :  $25^\circ C$  তাপমাত্রায়  $N_2O_4$  এর বিযোজন সাম্যমিশ্রণে  $N_2O_4$  এর আংশিক চাপ  $0.8 \text{ atm}$  এবং  $K_p = 0.008$  হয়। বিক্রিয়াটির  $K_c$  ও  $NO_2$  এর আংশিক চাপ গণনা কর।

[উ:  $K_c = 3.274 \times 10^{-4}$ ;  $P_{NO_2} = 0.08 \text{ atm}$ ]

সমস্যা-৪.৩৫(গ) :  $25^\circ C$  তাপমাত্রায়, বিক্রিয়া পাত্রে  $[N_2O_4] = 0.02 \text{ M}$  এবং  $[NO_2] = 0.03 \text{ M}$  আছে।  $K_c = 4.64 \times 10^{-3}$  হলে সাম্য মিশ্রণে উপাদানের ঘনমাত্রা বের কর।

[উ:  $[N_2O_4] = 0.0292 \text{ M}$ ;  $[NO_2] = 0.0116 \text{ M}$ ]

সমস্যা-৪.৩৫(ঘ) :  $30^\circ C$  ও  $1 \text{ atm}$  চাপে  $N_2O_4$  এর বিযোজন  $K_p = 0.50$  হলে  $N_2O_4$  এর শতকরা বিযোজনের পরিমাণ কত?  
[উ: 33.33%]

সমস্যা-৪.৩৬(ক) : এক রসায়নবিদ ফসফরাস হ্যালাইডের ওপর পরীক্ষা করতে গিয়ে  $0.50 \text{ L}$  ফ্লাকে  $0.105 \text{ mol}$   $PCl_5$  সহ  $0.045 \text{ mol}$   $Cl_2$  এবং  $0.045 \text{ mol}$   $PCl_3$  কে মিশ্রিত করলেন।  $250^\circ C$  এ বিক্রিয়াটির  $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$  সাম্যাক্ষৰক,  $K_c = 4.2 \times 10^{-2}$  হয়। তুমি বিক্রিয়াটির দিক নির্ধারণ কর।

সমস্যা-৪.৩৬(খ) : যদি উপরোক্ত বিক্রিয়ার সাম্য মিশ্রণে  $[PCl_5] = 0.2065 \text{ M}$  হয়; তবে অন্য সব উপাদানের ঘনমাত্রা বের কর।  
[উ: (ক) সমুখ দিকে; (খ)  $[PCl_3] = [Cl_2] = 0.093 \text{ M}$ ]

সমস্যা-৪.৩৭(ক) : এক অজেব রসায়নবিদ ফসফরাস ক্লোরাইডের বিযোজন সম্পর্কীয় পরীক্ষায়  $1 \text{ mol}$   $PCl_5$  বিক্রিয়া ফ্লাকে  $250^\circ C$  ও  $1 \text{ atm}$  চাপে রাখলেন। এতে  $80\%$   $PCl_5$  বিযোজিত হয়ে থাকে :

$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$ । এক্ষেত্রে  $PCl_3$  ও  $Cl_2$  এর আংশিক চাপ,  $K_p$  ও  $K_c$  গণনা কর।

[উ:  $K_c = 4.1 \times 10^{-2}$ ,  $K_p = 1.76$ ;  $PCl_3$  ও  $Cl_2$  এর আংশিক চাপ  $0.44 \text{ atm}$ .]

সমস্যা-৪.৩৭ (খ) :  $30^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় ও  $1.5 \text{ atm}$  চাপে  $15.6\% \text{ PCl}_5$  বিযোজিত হয়। এই বিযোজন বিজ্ঞানের  $K_p$  এর মান বের কর। [উ:  $K_p = 0.0374$ ]

সমস্যা-৪.৩৭ (গ) :  $250^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় ও 3 atm চাপে 80%  $\text{PCl}_5$  বিয়োজিত হয়ে  $\text{PCl}_3$  ও  $\text{Cl}_2$  উৎপন্ন হয়।  $\text{PCl}_3$  ও  $\text{Cl}_2$  এর আংশিক চাপ ও  $K_p$  নির্ণয় কর। [উ: 1.33 atm এবং  $K_p = 5.36$ ]

সমস্যা-৪.৩৮ (ক) :  $450^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায়  $1.01 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$  চাপে  $1\text{L}$  ফ্লাকে  $1 \text{ mol H}_2$  ও  $1 \text{ mol I}_2$  মিশ্রিত করা হলো। সাম্য মিশ্রণে  $1.56 \text{ mol HI}$  উৎপাদ থাকলে এই তাপমাত্রায়  $K_p$  নির্ণয় কর। [উ:  $K_p = 50.37$ ]

সমস্যা-৮.৩৮ (খ) :  $425^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায়  $4.25 \text{ mol H}_2$  এবং  $4.75 \text{ mol I}_2$  কে  $1\text{L}$  ফ্লাকে রেখে তাপ দিলে  $6.70 \text{ mol HI}$  উৎপন্ন হয়।  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$  বিক্রিয়াভিত্তিক সামুদ্রিক  $K_c$  ও  $K_p$  নির্ণয় কর।

[ $\Theta$ :  $K_c = K_p = 35.627$ ]

সমস্যা-৮.৩৮ (গ) :  $445^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায়  $41.14 \text{ g H}_2$  এবং  $1325.88 \text{ g I}_2$  বাল্পের মিশ্রণকে  $1\text{L}$  ফ্লাকে উত্তপ্ত করা হলো। ফলে  $1308.16 \text{ g HI}$  উৎপন্ন হয়। এ বিক্রিয়ার সামৃদ্ধিক গণনা কর। [উ:  $K_c = K_p = 85.61$ ]

সমস্যা-৮.৩৮ (ব) :  $425^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায়  $15 \text{ mol H}_2$  এবং  $5.2 \text{ mol I}_2$  এর মিশ্রণকে  $1\text{L}$  আবন্দ পাত্রে উত্তপ্ত করলে  $10 \text{ mol HI}$  উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটির সামগ্র্যবক গণনা কর। [উ:  $K_c = K_p = 50$ ]

সমস্যা-৮.৩৮ (৫) :  $37^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায়  $\text{HI}$  35% বিয়োজিত হয়। এ বিয়োজনের  $K_p$  ও  $K_c$  গণনা কর।  
 $\text{उत्तर: } K_p = 0.07248; K_c = 0.072481$

সমস্যা-৮.৩৯ :  $X_2(g) + Y_2(g) \rightleftharpoons 2XY(g)$  বিক্রিয়াটি 2L পাত্রে 1 atm চাপে ও নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সম্পন্ন করা হয়।  $X_2$  ও  $Y_2$  প্রতিকের প্রথমিক ঘনমাত্রা 2 mol এবং সাম্যবস্থায় 3.12 mol উৎপন্ন হলে  $K_p$  ও  $K_c$  এর মান বের কর। [উ:  $K_p = K_c = 50.28$ ] [ব. বো. ২০১৫]

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.২৮ :** আয়রন আকরিক থেকে আয়রন নিষ্কাশনে,  $\text{FeO} (\text{s})$  ও  $\text{CO}$  গ্যাসের রিডক্ষন বিক্রিয়ায় আয়রন ও  $\text{CO}_2$  গ্যাস উৎপন্ন হয়।  $\text{FeO} (\text{s}) + \text{CO} (\text{g}) \rightleftharpoons \text{Fe} (\text{s}) + \text{CO}_2 (\text{g})$

1000 K তাপমাত্রায় সংঘটিত বিক্রিয়ায়, সাম্যধূর্বক  $K_p = 0.259$  হয়। বিক্রিয়া তাপমাত্রায় উভয় গ্যাসের প্রাথমিক আংশিক চাপ  $P_{CO} = 1.0 \text{ atm}$  এবং  $P_{CO_2} = 0.5 \text{ atm}$  হয়। সাম্যমিশ্রণে CO ও  $CO_2$  এর আংশিক চাপ গণনা কর।

$$\text{সমাধান : } 1\text{ম ধাপ : } \text{সমতাযুক্ত সঘীকরণ : } \text{FeO (s)} + \text{CO (g)} \rightleftharpoons \text{Fe (s)} + \text{CO}_2 (g)$$

২য় ধাপ : মনে করি বিক্রিয়ার পর  $\text{CO}$  গ্যাসের আংশিক চাপ কমল  $x \text{ atm}$ .



প্রাথমিক চাপ (atm): 1.0 0.5

পরিবর্তন (atm): . - x + x

$$\text{সাম্যাবস্থায় চাপ (atm)} : \quad (1 - x) \quad (0.5 + x)$$

তৃয় ধাপ : সামান্যবকের সমীকরণে মানগুলো বসিয়ে পাই :

$$K_p = 0.259 = P_{CO_2}/P_{CO} = \frac{0.5 + x}{1.0 - x}; [কঠিন বস্তু FeO, Fe এর পদ বাদ যাবে]$$

$$\text{b), } 0.259 - 0.259x = 0.5 + x;$$

$$\text{वा } x = -0.241/1.259 \approx -0.191$$

୪୯୯ ଧାରା : x ଏଇ ମାନ 'ଆମ୍ବାବଢ଼ୀ ଚାପ' ଏଇ ସମ୍ପର୍କେ ବସିଯେ ପାଇଁ :

$$P_c = (1.0 - x) = 1.0 - (-0.191) = 1.191 \text{ atm}$$

$$P_c = (0.5 + x) \equiv 0.5 + (-0.191) \equiv 0.309 \text{ atm}$$

**MCQ-4.17 :**  $K_c$  এর  
মানের তাৎপর্য কী?

- (i) বিক্রিয়ার ব্যাপ্তি বোঝায়
  - (ii) বিক্রিয়ার দিক বোঝায়
  - (iii) সাময়িকিশৃঙ্খলে উপাদানের ঘনমাত্রা আদি ঘনমাত্রা থেকে  
ব্যবস্থা করা যায়।

নিচের ক্ষেত্রটি সঠিক?

- (ক) i ও ii      (খ) ii ও iii  
 (গ) i ও iii      (ঘ) i, ii ও i

৫ম ধাপ : সাম্য প্রক্রিয়াকের সমীকরণে মানগুলো বসিয়ে ফলাফল যাচাই :

$$K_p = 0.259 = P_{CO_2}/P_{CO} = 0.309/1.191 = 0.259$$

x এর ঝণাঞ্চক মান থেকে বোঝা যায় উৎপাদ বিক্রিয়কে পরিণত হয়ে সাম্যাবস্থা লাভ করে। এর যুক্তি হলো প্রাথমিক বিক্রিয়া অনুপাত  $Q_p = 0.50/1.0 = 0.50$ ; এটি সাম্যপ্রক্রিয়া  $K_p$  (0.259) থেকে বড়। যখন  $Q_p > K_p$  হয়, তখন বিক্রিয়া ডানদিক থেকে বাম দিকে গিয়ে সাম্যাবস্থা লাভ করে।

**শিক্ষার্থীর কাজ-৪.১০ : আংশিক চাপ নির্ণয়ভিত্তিক :**

সমস্যা-৪.৮০ : ওয়াটার গ্যাস উৎপাদন বিক্রিয়া :  $C(s) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2(g)$  এর 1000 K তাপমাত্রায় সাম্যপ্রক্রিয়া  $K_p = 2.44$  হয়। যদি প্রাথমিক অবস্থায়  $H_2O, CO, H_2$  এর আংশিক চাপ  $P_{H_2O} = 1.2 \text{ atm}$ ,  $P_{CO} = 1.0 \text{ atm}$  ও  $P_{H_2} = 1.4 \text{ atm}$  হলে সাম্যাবস্থায় এদের আংশিক চাপ বের কর।

$$[উ: P_{H_2O} = 0.9 \text{ atm}, P_{CO} = 1.3 \text{ atm}, P_{H_2} = 1.7 \text{ atm}]$$

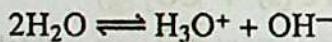
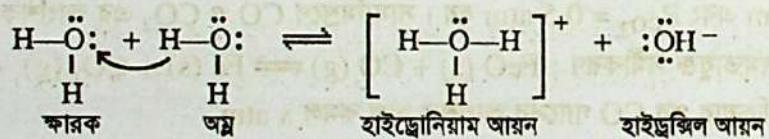
সমস্যা-৪.৮১ :  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$  এ বিক্রিয়ায় নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সাম্যপ্রক্রিয়া  $K_p = 4.75$  হয়। সাম্যাবস্থায়  $SO_2$  ও  $SO_3$  এর আংশিক চাপ যথাক্রমে 0.25 atm ও 0.45 atm হলে  $O_2$  এর আংশিক চাপ কত হবে?

$$[উ: 0.6821 \text{ atm}]$$

### ৪.১০.১ পানির আয়নিক গুণফল : পানির অটো আয়নীকরণ

#### Ionic Product of Water : Auto ionization of Water

বিজ্ঞানী কোলরাস্ ও হেডউইলার (Kohlrausch ও Heydweiller, 1894) বিশুদ্ধ পানির পরিবাহিতা নির্ণয় করে দেখান যে, অতি বিশুদ্ধ পানি অতি সামান্য বিদ্যুৎ পরিবহন করে। অর্থাৎ পানি হলো একটি অতি দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ। এতে প্রমাণিত হয় পোলার পানি অণু নিজেই অতি স্বল্পমাত্রায় আয়নিত হয়ে ধনাঞ্চক আয়ন ও ঝণাঞ্চক আয়ন যেমন হাইড্রোনিয়াম আয়ন ( $H_3O^+$ ) ও হাইড্রক্সিল আয়ন ( $OH^-$ ) উৎপন্ন করে। একে পানির অটো-আয়নীকরণ বলে। এ ক্ষেত্রে একটি পানি অণু অন্ন বা প্রোটন দাতা ও অপর পানি অণু ক্ষারক বা প্রোটন গ্রহীতাকারী ক্রিয়া করে। যেমন,



ভরক্রিয়া সূত্র মতে,  $K_w = \frac{[H_3O^+] \times [OH^-]}{[H_2O]^2}$ ; প্রকৃতপক্ষে সামান্য পরিমাণে পানি অণুর বিয়োজনের ফলে পানির ঘনমাত্রায় বিশেষ পরিবর্তন ঘটে না। তাই পানির মৌলার ঘনমাত্রা  $[H_2O]$  এর মান প্রক্রিয়া ধরা হয়।

অতএব  $K_w \times [H_2O]^2 = [H_3O^+] \times [OH^-]$ ; এখানে  $K_w \times [H_2O]^2 = K_w$  (প্রক্রিয়া) ধরা হয়।

$$\therefore K_w = [H_3O^+] \times [OH^-]$$

$K_w$  কে পানির আয়নিক গুণফল বলা হয়।

পানির অটো আয়নীকরণ বা বিয়োজন গতিশীল সাম্যাবস্থায় থাকে। এতে দুটি বৈশিষ্ট্য আমরা জানতে পারি। যেমন :

- \* (১) প্রথমত সম্মুখুর্মুখী ও পশ্চাত্মুখী উভয় বিক্রিয়া দ্রুত চলে। এক্ষেত্রে  $H_2O$  অণু,  $H_3O^+$  আয়ন ও  $OH^-$  আয়নসমূহের মধ্যে আন্তঃপরিবর্তন দ্রুতগতিতে সব সময় চলতে থাকে।
- \* (২) দ্বিতীয়ত সাম্যের অবস্থান বামে দূরতম প্রান্তীয় অবস্থায় থাকে। তখন অতি স্বল্প সংখ্যক  $H_2O$  অণু আয়নিত হয়ে  $H_3O^+$  আয়ন ও  $OH^-$  আয়ন উৎপন্ন করে।

25°C তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ পানির বিয়োজনে উৎপন্ন  $\text{H}_3\text{O}^+$  আয়নের ঘনমাত্রা বিভিন্ন পরীক্ষার মাধ্যমে নির্ণয় করে 1.0 × 10<sup>-7</sup> M পাওয়া গেছে। যেহেতু  $\text{H}_2\text{O}$  এর আয়নীকরণে সমসংখ্যক  $\text{H}_3\text{O}^+$  আয়ন ও  $\text{OH}^-$  আয়ন উৎপন্ন হয়; তাই বিশুদ্ধ পানিতে  $\text{OH}^-$  আয়নের ঘনমাত্রাও 25°C তাপমাত্রায় 1.0 × 10<sup>-7</sup> M হবে।

$$\therefore [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ M} \text{ (at } 25^\circ\text{C}) \quad \text{DAT: 16-17}$$

$$\therefore 25^\circ\text{C} \text{ এ পানির আয়নিক গুণফল, } K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = (1.0 \times 10^{-7})(1.0 \times 10^{-7})$$

$$= 1.0 \times 10^{-14} \text{ (এককবিহীন)} \quad \text{MAT: 14-15}$$

$$\text{আবার } 25^\circ\text{C} \text{ বিশুদ্ধ পানির মোলার ঘনমাত্রা; প্রায় } 55.5 \text{ M হয়; } \left( \text{যেহেতু } \frac{1000 \text{ g/L}}{18.016 \text{ g mol}^{-1}} \right)$$

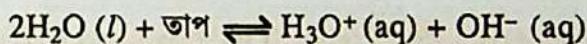
আবার  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  এর মান ও বিশুদ্ধ পানির মোলার ঘনমাত্রার মান থেকে বিয়োজিত ও অবিয়োজিত পানি অণুপাত পাই  $1.0 \times 10^{-7} \text{ M}/55.5 \text{ M} = 1.8 \times 10^{-9}$ ; অর্থাৎ  $(1.0/1.8) \times 10^9$  টি পানি অণুর মধ্যে একটি আয়নিত হয়। অর্থাৎ 5555 লক্ষ পানি অণুর মধ্যে 1টি পানি অণু বিয়োজিত হয়ে সাম্য অবস্থায় থাকে। তাই বিয়োজিত ও অবিয়োজিত পানি অণুর অনুপাত হলো 1: 5555 × 10<sup>5</sup>

(ক) পানির আয়নিক গুণফল ( $K_w$ )-এর বৈশিষ্ট্য :

(১) পানির আয়নিক গুণফল,  $K_w$  এর সমীকরণের প্রযোজ্যতা :

$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-]$ ; এ সমীকরণটি বিশুদ্ধ পানি এবং যেকোনো জলীয় দ্রবণ যেমন নিরপেক্ষ, অল্পীয় বা ক্ষারীয় দ্রবণের জন্য প্রযোজ্য হয়। সূতরাং একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ পানি বা যেকোনো জলীয় দ্রবণের ক্ষেত্রে  $\text{H}_3\text{O}^+$  ও  $\text{OH}^-$  আয়নের মোলার ঘনমাত্রার গুণফল সর্বদা ধ্রুবক এবং এর মান ঐ তাপমাত্রায়  $K_w$  এর সমান হয়।

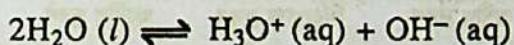
(২) পানির আয়নিক গুণফলের ( $K_w$ ) ওপর তাপমাত্রার প্রভাব : অন্যান্য সাম্যধ্রুবকের মতো  $K_w$  এর মান স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট এবং তাপমাত্রার পরিবর্তনে  $K_w$  এর মানও পরিবর্তিত হয়। পানির অটো আয়নীকরণ বা স্ব-আয়নীকরণ প্রক্রিয়াটি হলো একটি তাপহারী প্রক্রিয়া :



তাই তাপমাত্রার বৃদ্ধিতে  $\text{H}_3\text{O}^+$  ও  $\text{OH}^-$  আয়নের ঘনমাত্রা তথা  $K_w$  এর মান বৃদ্ধি পায়।  $K_w$  এর মান বৃদ্ধি পেলেও সর্বদা  $\text{H}^+$  ও  $\text{OH}^-$  এর মোলার ঘনমাত্রা সমান থাকে; ফলে পানি যে কোনো তাপমাত্রায় প্রশংসন হয়। বিভিন্ন তাপমাত্রায়  $K_w$  এর মান নিচে দেয়া হলো :

তাপমাত্রা (°C)	10°C	25°C	30°C	50°C	100°C
$K_w$ এর মান	$0.292 \times 10^{-14}$	$1.0 \times 10^{-14}$	$1.465 \times 10^{-14}$	$5.474 \times 10^{-14}$	$8.7 \times 10^{-14}$

(৩) পানির স্ব-আয়নীকরণ ধ্রুবক ( $K_d$ ) ও আয়নিক গুণফলের ( $K_w$ ) সম্পর্ক :



$$K_d = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]^2} = \frac{K_w}{[\text{H}_2\text{O}]^2}; \therefore K_w = K_d \times [\text{H}_2\text{O}]^2$$

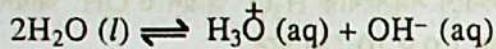
সূতরাং পানির স্ব-আয়নীকরণ ধ্রুবক ( $K_d$ ) ও আয়নিক গুণফল এক নয়।

এখন 1L বিশুদ্ধ পানিতে  $\text{H}_2\text{O}$  এর মোল সংখ্যা =  $\frac{1000 \text{ g}}{18.016 \text{ g mol}^{-1}} = 55.5 \text{ mol}$  (পানির ঘনত্ব 1 g.cm<sup>-3</sup> ধরে)

$$\text{সূতরাং বিশুদ্ধ পানির মোলার ঘনমাত্রা, } [\text{H}_2\text{O}] = 55.5 \text{ mol.L}^{-1}$$

$\therefore K_w = K_d \times (55.5)^2$  এই সমীকরণটি পানির স্ব-আয়নীকরণ ধ্রুবক ও আয়নিক গুণফলের মধ্যে সম্পর্ক প্রকাশ করে।

(৪) বিশুদ্ধ পানির  $\text{H}_3\text{O}^+$  ও  $\text{OH}^-$  আয়নের মোলার ঘনমাত্রা : বিশুদ্ধ পানির স্থ-আয়নীকরণ সমীকরণটি নিম্নরূপ :



এ সমীকরণ থেকে দেখা যায়, বিশুদ্ধ পানি ( $\text{H}_2\text{O}$ ) অণুগুলোর স্বল্প আয়নিতভাবে উৎপন্ন  $\text{H}_3\text{O}^+$  ও  $\text{OH}^-$  আয়নের সংখ্যা তথা মোলার ঘনমাত্রা সমান। অর্থাৎ বিশুদ্ধ পানিতে,  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$

$$\text{সূতরাং } K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]^2 = [\text{OH}^-]^2$$

$$\therefore \text{বিশুদ্ধ পানিতে, } [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{K_w}$$

(i)  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায়  $K_w = 10^{-14}$ । সূতরাং  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ পানিতে,  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7}\text{M}$ । অর্থাৎ এক কোটি লিটার বিশুদ্ধ পানিতে, 1 মোল  $\text{H}_3\text{O}^+$  ও 1 মোল  $\text{OH}^-$  আয়ন বর্তমান।

(ii)  $100^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায়  $K_w = 8.7 \times 10^{-14}$ । সূতরাং  $100^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ পানিতে  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{8.7 \times 10^{-14}} = 2.95 \times 10^{-7} (\text{mol L}^{-1})$ । যেহেতু বিশুদ্ধ পানিতে  $\text{H}^+$  ও  $\text{OH}^-$  আয়নের মোলার ঘনমাত্রা সর্বদা সমান থাকে; তাই যে কোনো তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ পানি প্রশংসন বা নিরপেক্ষ হয়।

(খ) পানির অটো-আয়নীকরণ ও এসিড-বেস কেমিস্ট্রি সম্পর্ক :

জলীয় দ্রবণে  $\text{H}_3\text{O}^+$  আয়ন ও  $\text{OH}^-$  আয়নের মোলার ঘনমাত্রার সম্পর্ক : আমরা দুটো বৈশিষ্ট্য লক্ষ করবো এসিড-বেস বা অম-ক্ষারক জলীয় দ্রবণে :

(১) লা-শাতেলিয়ারের নীতি অনুসারে দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য ও গতিশীল পানির আয়নিক সাম্যাবস্থায় যে কোনো আয়নের ঘনমাত্রা পরিবর্তন করলে সাম্যের অবস্থান পরিবর্তিত হয়; কিন্তু সাম্যাবস্থাক স্থিত থাকে। তাই পানিতে অল্প এসিড (যেমন  $\text{HCl}$ ) যোগ করলে  $\text{H}_3\text{O}^+$  আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পায়, ফলে  $\text{OH}^-$  আয়নের ঘনমাত্রা হ্রাস পায়। অপরদিকে অল্প ক্ষার (যেমন  $\text{NaOH}$ ) যোগ করলে  $\text{OH}^-$  আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পায় ফলে  $\text{H}_3\text{O}^+$  আয়নের ঘনমাত্রা হ্রাস পায়। পানিতে  $\text{H}_3\text{O}^+$  আয়ন বা  $\text{OH}^-$  আয়ন যোগ করলে প্রতিক্রিয়ে  $\text{H}_2\text{O}$  উৎপন্ন হয়; ফলে  $K_w$  এর মান স্থিত থাকে। সূতরাং  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  পরিবর্তনের ফলে বিপরীতক্রমে  $[\text{OH}^-]$  পরিবর্তিত হয়।

$\text{Higher } [\text{H}_3\text{O}^+] \Rightarrow \text{Lower } [\text{OH}^-]$  এবং  $\text{Higher } [\text{OH}^-] \Rightarrow \text{Lower } [\text{H}_3\text{O}^+]$

(২) সব অল্পীয় দ্রবণে  $\text{OH}^-$  আয়নের ঘনমাত্রা কম থাকে। আবার সব ক্ষারীয় দ্রবণে  $\text{H}_3\text{O}^+$  আয়নের ঘনমাত্রা কম থাকে। সব জলীয় দ্রবণে উভয় প্রকার আয়ন বর্তমান থাকে। পানির অটো আয়নীকরণ ও গতিশীল আয়নিক সাম্যাবস্থায় উপস্থিত  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  পরিমাণ ও  $[\text{OH}^-]$  পরিমাণের ওপর ভিত্তি করে 'অল্পীয় দ্রবণ' ও 'ক্ষারীয় দ্রবণ' সংজ্ঞায়িত করা হয়। যেমন,

অল্পীয় দ্রবণে,  $[\text{H}_3\text{O}^+] > \sqrt{K_w} > [\text{OH}^-]$

নিরপেক্ষ দ্রবণে,  $[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_w} = [\text{OH}^-]$

ক্ষারীয় দ্রবণে,  $[\text{H}_3\text{O}^+] < \sqrt{K_w} < [\text{OH}^-]$

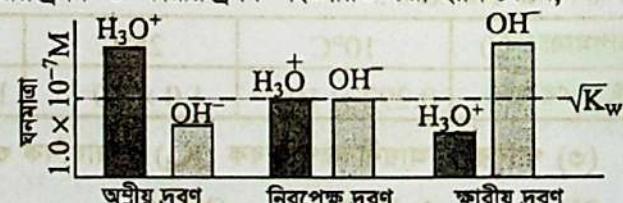
জলীয় দ্রবণে  $\text{H}_3\text{O}^+$  আয়ন ও  $\text{OH}^-$  আয়নের মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় : একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায়  $K_w$  এর মান নির্দিষ্ট এবং ঐ তাপমাত্রায় জলীয় দ্রবণে  $\text{H}_3\text{O}^+$  আয়ন ও  $\text{OH}^-$  আয়নের মধ্যে কোনো একটির মোলার ঘনমাত্রার মান জানা থাকলে অপরটির মোলার ঘনমাত্রার মান নিচের সমীকরণ থেকে বের করা যায় :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} ; [\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$$

যেমন  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় কোনো জলীয় দ্রবণের  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  অথবা  $[\text{OH}^-]$  এর যে কোনো একটির পরিমাণ জানা থাকলে, তখন  $K_w$  এর মান থেকে অপরটির মান বের করা যায়। যেমন,

$$\text{যেহেতু, } [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = K_w = 1.0 \times 10^{-14}$$

$$\therefore [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{[\text{OH}^-]} ; \text{ এবং } [\text{OH}^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$$



সমাধানকৃত সমস্যা-৮.২৯ :  $K_w$  এর মান থেকে দ্রবণে  $H_3O^+$  ও  $OH^-$  আয়ন গণনা :

লেমন জুসের নমুনায়  $H_3O^+$  আয়নের ঘনমাত্রা  $2.5 \times 10^{-3} M$  আছে। এতে  $OH^-$  আয়নের ঘনমাত্রা কত হবে? দ্রবণটি অল্পীয়, নিরপেক্ষ বা ক্ষারীয় হবে কীনা ব্যাখ্যা কর।

দক্ষতা :  $[H_3O^+]$  জানা থাকায়,  $[OH^-] = K_w/[H_3O^+]$  সম্পর্ক থেকে বের করা যাবে।

$$\text{সমাধান} : [OH^-] = \frac{K_w}{[H_3O^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{2.5 \times 10^{-3}} = 4.0 \times 10^{-12} M$$

যেহেতু  $[H_3O^+] > [OH^-]$ , দ্রবণটি অল্পীয় হবে। [কারণ  $2.5 \times 10^{-3} > 4.0 \times 10^{-12}$ ]

শিক্ষার্থী নিজে কর-৮.১১ : আয়নিক গুণফলভিত্তিক :

সমস্যা-৮.৪২ :  $25^\circ C$ -এ পানির আয়নিক গুণফল ( $K_w$ ) এর মান ও মোলার ঘনমাত্রা থেকে বিয়োজিত ও অবিয়োজিত পানি অণুর অনুপাত বের কর। [অনুধাবনভিত্তিক]

সমস্যা-৮.৪৩ : কোনো সামুদ্রিক পানির  $OH^-$  আয়নের ঘনমাত্রা  $5.0 \times 10^{-6} M$  হলে এতে  $H_3O^+$  আয়নের ঘনমাত্রা কত হবে তা বের কর। এ সামুদ্রিক পানি অল্পীয়, নিরপেক্ষ অথবা ক্ষারীয় হবে কীনা ব্যাখ্যা কর।

[উ:  $[H_3O^+] = 2.0 \times 10^{-9} M$ ; এ পানি হবে ক্ষারীয়।]

সমস্যা-৮.৪৪(ক) :  $50^\circ C$  তাপমাত্রায়  $K_w = 5.5 \times 10^{-14}$ ; এ নিরপেক্ষ দ্রবণে  $50^\circ C$  তাপমাত্রায়  $H_3O^+$  ও  $OH^-$  আয়নের ঘনমাত্রা বের কর। [উ:  $2.345 \times 10^{-7} M$ ]

সমস্যা-৮.৪৪(খ) :  $25^\circ C$  তাপমাত্রায় একটি জলীয় দ্রবণে  $OH^-$  আয়নের ঘনমাত্রা  $2 \times 10^{-5} M$  হলে এই দ্রবণে  $H_3O^+$  আয়নের ঘনমাত্রা কত? [উ:  $5 \times 10^{-10} M$ ]

সমস্যা-৮.৪৫(ক) :  $50^\circ C$  তাপমাত্রায় পানির আয়নিক গুণফলের মান  $25^\circ C$  তাপমাত্রায় আয়নিক গুণফলের মান অপেক্ষা বেশি কেন? [উ: তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে  $K_w$  এর মান বৃদ্ধি পায়; কারণ পানির আয়নীকরণ বৃদ্ধি পায়।]

সমস্যা-৮.৪৫(খ) : তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে বিশুদ্ধ পানির  $OH^-$  আয়নের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পায় কেন? এর ফলে বিশুদ্ধ পানি কি ক্ষারীয় হয়? ব্যাখ্যা কর। [উ: ক্ষারীয় হয় না।]

সমস্যা-৮.৪৫(গ) : তাপমাত্রার পরিবর্তনের সাথে পানির আয়নিক গুণফল পরিবর্তনশীল কেন? [ঢ. বো. ২০১৯]

৮.১০.২। অম্ল ও ক্ষারকের বিয়োজন মাত্রার সাথে ঘনমাত্রার সম্পর্ক : অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র

**Relation between Degree of Dissociation & Concentration of Acid & Base : Ostwald's Dillution Law**

তীব্র অম্ল ও তীব্র ক্ষারক জলীয় দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয়। অপরদিকে, মৃদু বা দূর্বল অম্ল ও ক্ষারক পানিতে আংশিকভাবে আয়নিত হয়। তখন আয়নিত ও অ-আয়নিত অণুসমূহের মধ্যে একটি সাম্যাবস্থা বিরাজ করে। একটি অম্ল বা ক্ষারকের নির্দিষ্ট দ্রাবকে আয়নিত হওয়ার পরিমাণকে ‘বিয়োজন মাত্রা’ এবং ‘শতকরা-বিয়োজন’ দ্বারা বোঝানো হয়।

(ক) দূর্বল অম্ল ও ক্ষারকের বিয়োজন মাত্রার সংজ্ঞা হলো : “এক লিটার দ্রবণে উপস্থিত কোনো অম্ল (HA) বা ক্ষারক (B)-এর মোল সংখ্যার যে ভগ্নাংশ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে, তাকে এই অম্ল বা ক্ষারকের বিয়োজন-মাত্রা বলে।” অর্থাৎ

অম্ল বা ক্ষারকের বিয়োজন-মাত্রা,  $\alpha = \frac{\text{বিয়োজিত অম্ল বা ক্ষারকের মোলসংখ্যার ভগ্নাংশ}}{\text{দ্রবীভূত এই অম্ল বা ক্ষারকের মোট মোল সংখ্যা}} = \frac{[HA] \text{ বা } [B]}{[HA] \text{ বা } [B] \text{ দ্রবীভূত}}$

(খ) দূর্বল অম্ল ও ক্ষারকের শতকরা বিয়োজনের সংজ্ঞা হলো : অম্ল বা ক্ষারকের বিয়োজন-মাত্রা ( $\alpha$ ) এর এক শত পরিমাণকে এই অম্ল বা ক্ষারকের শতকরা বিয়োজন বলে। অর্থাৎ

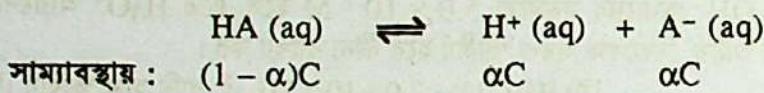
$$\text{অম্লের শতকরা বিয়োজন} = \frac{[HA] \text{ বিয়োজিত}}{[HA] \text{ দ্রবীভূত}} \times 100\%$$

$$\text{ক্ষারকের শতকরা বিয়োজন} = \frac{[B] \text{ বিয়োজিত}}{[B] \text{ দ্রবীভূত}} \times 100\%$$

মৃদু অম্ল ও ক্ষারকের তথা তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণ লঘু করলে অর্থাৎ ঘনমাত্রাহাসের ফলে বিয়োজন মাত্রা বৃদ্ধি পায়। তখনও দ্রবণে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয় না, ১৮৮৮ খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী অসওয়াল্ড মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের লঘু দ্রবণের ক্ষেত্রে উভয়ী সাম্যাবস্থায় ভরক্রিয়া সূত্র প্রয়োগ করে বিয়োজন মাত্রাভিত্তিক একটি সমীকরণ প্রতিষ্ঠা করেন, যা অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র নামে পরিচিত।

(গ) অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র : লঘু দ্রবণে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য যেমন মৃদু অম্ল ও ক্ষারকের বিয়োজন-মাত্রা ঐ অম্ল ও ক্ষারকের দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রার বর্গমূলের ব্যত্তানুপাতিক। এটিই অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র নামে পরিচিত।

(ঘ) লঘুকরণ সূত্রের গাণিতিক প্রকাশ : মনে করি, HA একটি মৃদু অম্ল। এর একটি দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা C এবং এর বিয়োজন মাত্রা  $\alpha$ । তখন 1 মোল HA বিয়োজিত হলে  $\alpha$  মোল  $H^+$  আয়ন ও  $\alpha$  মোল  $A^-$  আয়ন উৎপন্ন হয়। তখন C মোল HA বিয়োজনের ফলে  $\alpha C$  মোল  $H^+$  এবং  $\alpha C$  মোল  $A^-$  আয়ন উৎপন্ন হবে। সাম্যাবস্থায় দ্রবণে  $(1-\alpha)C$  মোল HA অম্ল অবিয়োজিত অবস্থায় থাকবে। অর্থাৎ,



এখন ভর ক্রিয়ার সূত্র মতে, HA অম্লের বিয়োজন ক্রুক হবে,

$$K_a = \frac{[H^+] \times [A^-]}{[HA]} = \frac{\alpha C \times \alpha C}{(1 - \alpha)C} = \frac{\alpha^2 C}{(1 - \alpha)}$$

MCQ-4.18 : 25°C এ বিশুদ্ধ	
পানির আয়নিক গুণফল কত?	
(অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮)	
(ক) $10^{-14}$	(খ) $10^{-7}$
(গ) $10^7$	(ঘ) $10^{14}$

মৃদু অম্ল যেমন ইথানোলিক এসিড ( $CH_3COOH$ ) এর বেলায়  $\alpha$  এর মান খুবই কম এবং এজন্য  $\alpha$  এর মানকে 1(এক) এর তুলনায় নগণ্য ধরে উপরিউক্ত সমীকরণে  $(1 - \alpha)$  কে 1 ধরা হয়। তখন,

$$\text{বা, } K_a = \alpha^2 C; \text{ বা, } \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}} = \sqrt{K_a} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}}$$

অনুরূপভাবে, একটি দুর্বল ক্ষারক যেমন  $NH_3$  অথবা মিথাইল অ্যামিন ( $CH_3NH_2$ ) এর বেলায়  $\alpha$  এর মান খুবই কম হয়। তখন সেক্ষেত্রে  $K_b = \alpha^2 C$  এবং  $\alpha = \sqrt{K_b} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}}$  পাওয়া যায়। অর্থাৎ  $\alpha \propto \frac{1}{\sqrt{C}}$

উপরিউক্ত সমীকরণ দ্বারা মৃদু অম্ল ও ক্ষারকের বিয়োজন মাত্রা ও দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রার সম্পর্ক প্রতিষ্ঠিত হয়। এটি অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্রের গাণিতিক প্রকাশ।

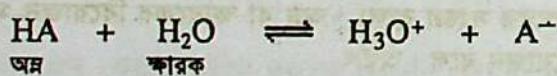
(ঙ) প্রযোজ্যতা : (১) মৃদু অম্ল, মৃদু ক্ষারক ও মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণের বেলায় অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র প্রযোজ্য। দ্রবণের লঘুকরণের সাথে ঐ সব পদার্থের বিয়োজন মাত্রা বাড়তে থাকে।

(২) অসীম লঘুতায় মৃদু অম্ল ও মৃদু ক্ষারক সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়। তীব্র অম্ল ও তীব্র ক্ষারক মোলার ঘনমাত্রার দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়। ফলে তাদের ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থা থাকে না বলে লঘুকরণ সূত্র প্রযোজ্য হয় না।

### ৪.১০.৩ অম্ল বা এসিডের বিয়োজন ক্রুক ( $K_a$ )

Acid Dissociation Constant,  $K_a$

ব্রন্স্টেড-লাউরির মতবাদ অনুসারে, যে কোনো দুর্বল অম্লকে পানিতে দ্রবীভূত করলে নিম্নরূপে বিয়োজিত হয়ে সাম্যাবস্থায় থাকে।



$$\therefore \text{সাম্যাবস্থায়, } K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{A}^-]}{[\text{HA}] \times [\text{H}_2\text{O}]} ; \text{ [এক্ষেত্রে } [\text{H}_2\text{O}] \text{ ক্রুক থাকে।]}$$

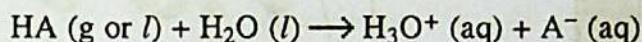
$$\therefore K_a \times [\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

$$\therefore K_a = \frac{[H_3O^+] \times [A^-]}{[HA]} ; \text{ এখানে } K_a = K_c \times [H_2O]$$

উপরিউক্ত সাম্যাক্ষ  $K_a$  কে অম্লের বিয়োজন ধ্রবক বলে।  $K_a$  এর কোনো একক নেই। [গ্রষ্টব্য অনুচ্ছেদ ৪.৮,  $K_c$ ]

সুতরাং প্রতি লিটার জলীয় দ্রবণে উপস্থিত কোনো অম্লের মোল সংখ্যার যে ভগ্নাংশ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে, তাকে ঐ অম্লের বিয়োজন ধ্রবক,  $K_a$  বলা হয়। অন্তকে তড়িৎ বিশ্লেষ্যরূপে গণ্য করা হয়।

পানিতে অম্ল ও ক্ষার তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থরূপে আয়নে বিভক্ত হয়। সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য জলীয় দ্রবণে শতভাগ আয়নিত হয়; কিন্তু দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য জলীয় দ্রবণে আংশিক আয়নিত হয়। অনুরূপভাবে সবল অম্ল পানিতে প্রায় সম্পূর্ণভাবে আয়নিত হয়ে সর্বাধিক হাইড্রোনিয়াম আয়ন ( $H_3O^+$ ) ও অ্যানায়নে পরিণত হয়। যেমন,



সবল অম্লের বেলায়, জলীয় দ্রবণে কোনো অবিয়োজিত অম্ল বা এসিড অণু ( $HA$ ) থাকে না।

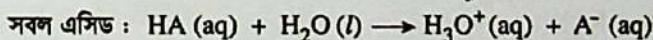
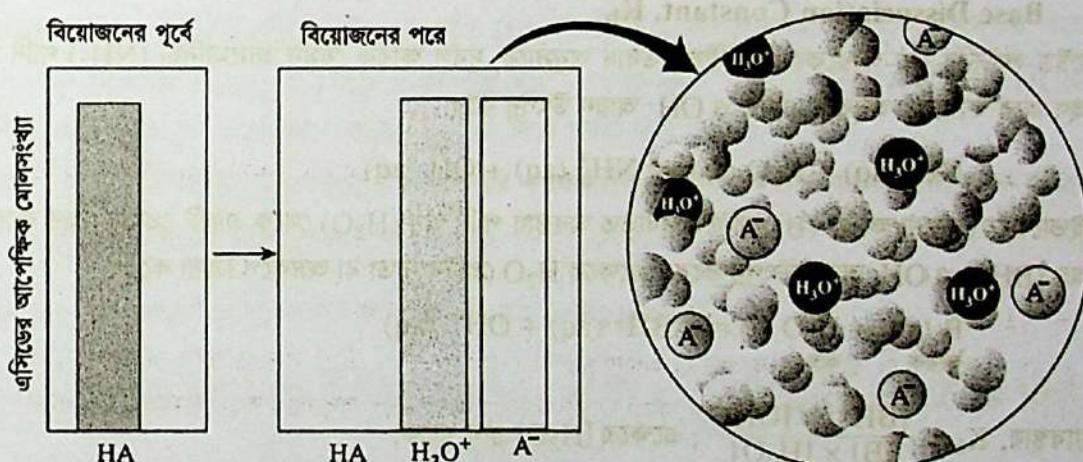
অর্থাৎ  $[H_3O^+] = [HA]$  (প্রাথমিক); অপর কথায়,  $[HA]_{eq} \approx 0$  (প্রায় শূন্য) হয়।

$$\therefore K_a = \frac{[H_3O^+] \times [A^-]}{[HA] \times [H_2O]} ; \text{ এক্ষেত্রে } K_a \gg 1 ; \text{ যেমন সবল HCl এসিডের } K_a = 2.5 \times 10^7 \text{ হয়।}$$

দুর্বল অম্লের বেলায়, খুব কম সংখ্যক অম্লের অণু  $HA$  পানিতে আয়নিত হয়। তখন  $[H_3O^+] \ll [HA]$  হয় এবং সাম্যাবস্থায়,  $K_a \ll 1$ ; যেমন দুর্বল HF এসিডের  $K_a = 6.8 \times 10^{-4}$  হয়।

সুতরাং সবল অম্ল বা এসিডের সাম্যাবস্থায়  $[H_3O^+]$  এর পরিমাণ সবচেয়ে বেশি হয়; তাই  $K_a$  এর মানও বেশি হয়।

সবল এসিড  $\rightarrow$  অধিকতর  $[H_3O^+]$   $\rightarrow$  উচ্চতর  $K_a$



চিত্র-৪.২০ : সবল এসিডের বিয়োজন মাত্রা।

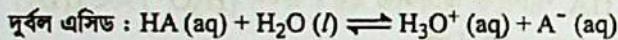
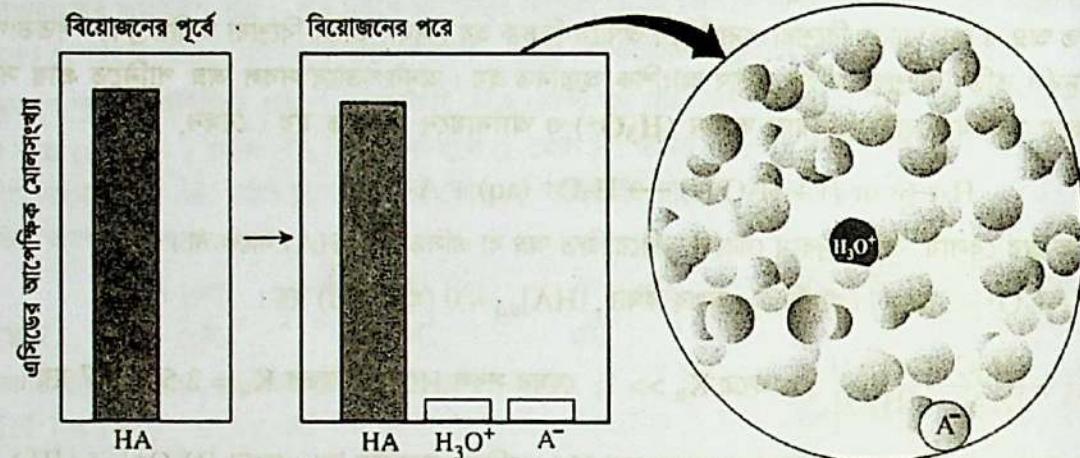
দুর্বল এসিডের শক্তিমাত্রা প্রকাশে  $K_a$  ছাড়া শতকরা বিয়োজন মাত্রা ব্যবহৃত হয়। এক্ষেত্রে 1M এসিড দ্রবণে  $[H_3O^+]$  এর % পরিমাণ ধরা হয়। যেমন, 1.0 M অ্যাসিটিক এসিড দ্রবণে  $H_3O^+$  এর মোলার ঘনমাত্রা  $= 4.2 \times 10^{-3} M$  হয়।

$$\therefore \text{অ্যাসিটিক এসিডের \% বিয়োজন} = \frac{[CH_3COOH] \text{ বিয়োজিত} \times 100\%}{[CH_3COOH] \text{ প্রাথমিক}}$$

$$= \frac{4.2 \times 10^{-3} M \times 100\%}{1.0M} = 0.42\%$$

**$K_a$ -এর তাংগ্রহ :** (১)  $K_a$ -এর মান যতো বেশি হয় অন্নটি ততো শক্তিশালী হয়।  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  প্রভৃতি এসিড পানিতে সম্পূর্ণভাবে বিয়োজিত হয়; তাই এদেরকে তীব্র এসিড বলে। [চিত্র-৪.২০ দেখো]

(২) অপরদিকে  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (অ্যাসিটিক এসিড) ও অন্যান্য জৈব এসিড কম বিয়োজিত হয়; তাই এদেরকে দুর্বল এসিড বলা হয়। [চিত্র-৪.২১ দেখো]

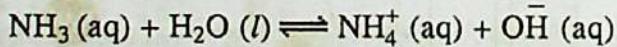


চিত্র-৪.২১ : দুর্বল এসিডের বিয়োজন মাত্রা।

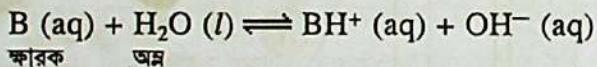
#### ৪.১০.৮ ক্ষারকের বা ক্ষারের বিয়োজন ধ্রুবক ( $K_b$ )

**Base Dissociation Constant,  $K_b$**

ব্রনষ্টেড-লাউরির অম্ল-ক্ষারকের প্রোটনীয় মতবাদ অনুসারে, দুর্বল ক্ষারক যেমন অ্যামোনিয়া ( $\text{NH}_3$ ) পানি অণু থেকে প্রোটন গ্রহণ করে ক্ষারকের অনুবন্ধী এসিড ও  $\text{OH}^-$  আয়ন উৎপন্ন করে।



একইভাবে যে কোনো ক্ষারক (B) পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় পানি অণু ( $\text{H}_2\text{O}$ ) থেকে একটি প্রোটন গ্রহণ করে ক্ষারকের অনুবন্ধী অম্ল ( $\text{BH}^+$ ) ও  $\text{OH}^-$  আয়ন উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে  $\text{H}_2\text{O}$  প্রোটন দাতা বা অম্লরূপে ক্রিয়া করে :



$$\text{সাম্যাবস্থায়, } K_b = \frac{[\text{BH}^+] \times [\text{OH}^-]}{[\text{B}] \times [\text{H}_2\text{O}]} ; \text{ এক্ষেত্রে } [\text{H}_2\text{O}] \text{ ধ্রুব থাকে;}$$

$$\therefore K_b = \frac{[\text{BH}^+] \times [\text{OH}^-]}{[\text{B}]}$$

এ সাম্যাক্ষ  $K_b$  কে ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক বলা হয়।  $K_b$  এর কোনো একক নেই। [দ্রষ্টব্য অনুচ্ছেদ-৪.৮,  $K_c$ ]

সূতরাং প্রতি লিটার জলীয় দ্রবণে উপস্থিত কোনো ক্ষারকের মোল সংখ্যার যে ভগ্নাংশ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে, তাকে ঐ ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক,  $K_b$  বলা হয়।

**$K_b$ -এর তাপর্য :**  $K_b$ -এর মান যত বেশি হয় ঐ ক্ষারক তত শক্তিশালী হয়।  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$  প্রভৃতি জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণভাবে বিয়োজিত হয়; তাই এদেরকে তীব্র ক্ষারক বলে।  $\text{NH}_4\text{OH}$ -এর বিয়োজন মাত্রা কম; তাই একে দুর্বল ক্ষারক বলা হয়।

## ৪.১১ বিয়োজন ফ্র্যুক ও এসিড ক্ষারের তীব্রতা

### Dissociation Constants & Acid Base Strength

$K_a$  এর গুরুত্ব : দুর্বল এসিডের শক্তিমাত্রা সম্বন্ধে ধারণার জন্য এসিডের বিয়োজন-ফ্র্যুক ( $K_a$ ) এর মান ও এসিডের শতকরা-বিয়োজন ( $\% \alpha$ ) এর মান সমভাবে গুরুত্বপূর্ণ। উল্লেখ্য 1M দুর্বল এসিড পানিতে শতকরা পরিমাণে যতো আয়নিত হয়; অস্বয়ান্ত্রে লঘুকরণ সূত্র মতে  $0.1M$  অথবা  $0.01M$  দুর্বল এসিড পানিতে আরো বেশি শতকরা পরিমাণে আয়নিত হয়। নিচে দুর্বল এসিড বা অম্লের বিয়োজন ফ্র্যুক  $K_a$  এর মানের পরিসর এবং এসিডের শতকরা বিয়োজনের মান দ্বারা পানিতে এসিড অণু (HA) এর মৌল সংখ্যার আয়নিত ভগ্নাংশ সম্বন্ধে ধারণা পাওয়া যায়।

(১) দুর্বল এসিডের মধ্যে তুলনামূলক উচ্চমানের  $K_a$  ( $\sim 10^{-2}$ ) এর বেলায়, 1M এসিড দ্রবণে প্রায়  $\sim 10\%$  HA (এসিড) অণু আয়নিত হয়। যেমন, ক্লোরাস এসিড ( $HClO_2$ ) এর 1M দ্রবণের  $K_a = 1.1 \times 10^{-2}$  হয়। তখন 1M  $HClO_2$  পানিতে 10% বিয়োজিত হয়।

(২) দুর্বল এসিডের মধ্যে তুলনামূলক মধ্যম মানের  $K_a$  ( $\sim 10^{-5}$ ) এর বেলায়, 1M এসিড দ্রবণে প্রায়  $\sim 0.3\%$  HA (এসিড) অণু আয়নিত হয়। যেমন, অ্যাসিটিক এসিড ( $CH_3COOH$ ) এর  $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$  হয়। তখন 1M  $CH_3COOH$  পানিতে প্রায় 0.42% আয়নিত হয়।

(৩) দুর্বল এসিডের মধ্যে তুলনামূলক নিম্নমানের  $K_a$  ( $\sim 10^{-10}$ ) এর বেলায়, 1M এসিড দ্রবণে প্রায়  $\sim 0.001\%$  HA (এসিড) অণু আয়নিত হয়। যেমন, হাইড্রোসায়ানিক এসিড ( $HCN$ ) এর  $K_a = 6.2 \times 10^{-10}$  হয়। তখন 1M  $HCN$  পানিতে প্রায় 0.0025% আয়নিত হয়।

\* দুর্বল এসিডের সাম্যফ্র্যুক  $K_a$  এর মান যতো কম হবে, HA (এসিড) এর শতকরা বিয়োজন ততো কম হবে।

নিম্নতর মানের  $K_a \rightarrow HA$  এর % বিয়োজন নিম্নতর  $\rightarrow$  দুর্বলতর এসিড

জেনে নাও : দুর্বল এসিডের  $K_a$  এর মান এবং ঐ এসিডের মৌলার ঘনমাত্রা থেকে এসিডটির বিয়োজন-মাত্রা ( $\alpha$ ) ও শতকরা-বিয়োজন ( $\% \alpha$ ) নিম্নরূপে গণনা করা যায়। ওপরে দেয়া  $HClO_2$ ,  $CH_3COOH$ ,  $HCN$  এসিডের শতকরা-বিয়োজন ও নিম্নরূপে গণনা করা হয়েছে (তুমি তা নিজে গণনা করে দেখো)।

সমস্যা : দুর্বল এসিড  $HF$  ( $K_a = 6.8 \times 10^{-4}$ ) এর শতকরা-বিয়োজন নিম্নোক্ত ঘনমাত্রার দ্রবণে কত হবে?

(ক) 0.050 M HF (খ) 0.50 M HF (গ) 1.0 M HF

সমাধান : অস্বয়ান্ত্রে লঘুকরণ সূত্র মতে,  $K_a = \alpha^2 C$ ; বা,  $\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$

$$(ক) 0.050 \text{ M HF} \text{ এর বেলায়, } \text{বিয়োজন-মাত্রা } (\alpha) = \sqrt{\frac{K_a}{C}} = \sqrt{\frac{6.8 \times 10^{-4}}{0.050}} = 11.66 \times 10^{-2}$$

$$\therefore \text{শতকরা-বিয়োজন} = \sqrt{\frac{K_a}{C}} \times 100 = \sqrt{\frac{6.8 \times 10^{-4}}{0.05}} \times 100 = 11.66\%$$

$$(খ) 0.50 \text{ M HF} \text{ এর বেলায়, } \text{বিয়োজন-মাত্রা } (\alpha) = \sqrt{\frac{K_a}{C}} = \sqrt{\frac{6.8 \times 10^{-4}}{0.5}} = 3.68 \times 10^{-2}$$

$$\therefore \text{শতকরা-বিয়োজন} = \sqrt{\frac{K_a}{C}} \times 100 = \sqrt{\frac{6.8 \times 10^{-4}}{0.5}} \times 100 = 3.68\%$$

$$(গ) 1.0 \text{ M HF} \text{ এর বেলায়, } \text{বিয়োজন-মাত্রা } (\alpha) = \sqrt{\frac{K_a}{C}} = \sqrt{\frac{6.8 \times 10^{-4}}{1.0}} = 2.60 \times 10^{-2}$$

$$\therefore \text{শতকরা-বিয়োজন} = \sqrt{\frac{K_a}{C}} \times 100 = \sqrt{\frac{6.8 \times 10^{-4}}{1.0}} \times 100 = 2.60\%$$

নিচে কিছু সংখ্যক এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক  $K_a$ , নাম, সংকেত ও গাঠনিক সংকেত দেয়া হলো।

সারণি- ৪.৫ : কিছু এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক,  $25^{\circ}\text{C}$

নাম (সংকেত)	গাঠনিক সংকেত	$K_a$	অপেক্ষাকৃত সবল এসিড
১. হাইড্রোক্লোরিক এসিড ( $\text{HCl}$ )	$\text{H}-\text{Cl}$	$2.5 \times 10^7$	
২. ফসফরাস এসিড ( $\text{H}_3\text{PO}_3$ )	$\text{HPO}(\text{OH})_2$	$3 \times 10^{-2}$	
৩. সালফিউরাস এসিড ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ )	$\text{O}=\text{S}(\text{OH})_2$	$1.4 \times 10^{-2}$	
৪. ফসফরিক এসিড ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )	$\text{O}=\text{P}(\text{OH})_3$	$7.2 \times 10^{-3}$	
৫. নাইট্রাস এসিড ( $\text{HNO}_2$ )	$\text{O}=\text{NOH}$	$4.5 \times 10^{-4}$	
৬. হাইড্রোফ্লোরিক এসিড ( $\text{HF}$ )	$\text{H}-\text{F}$	$6.8 \times 10^{-4}$	
৭. ফরমিক এসিড ( $\text{HCO}_2\text{H}$ )	$\begin{matrix} \text{H} & \text{O} \\ & \parallel \\ & \text{C} \\ &   \\ \text{CH}_3 & \text{O}-\text{H} \end{matrix}$	$1.8 \times 10^{-4}$	
৮. অ্যাসিটিক এসিড ( $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ )	$\begin{matrix} & \text{O} \\ & \parallel \\ \text{CH}_3 & \text{C}-\text{O}-\text{H} \end{matrix}$	$1.8 \times 10^{-5}$	দুর্বলতর এসিড চিত্র-৪.২২ : এসিডের শক্তিক্রম

\* এসিডের শক্তিমাত্রার নির্ভরশীলতা : এসিডের তীব্রতা বা শক্তিমাত্রা নিম্নোক্ত বিষয়ের ওপর নির্ভর করে :

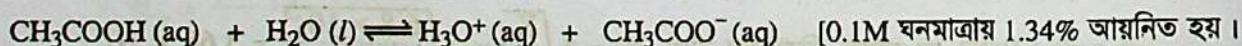
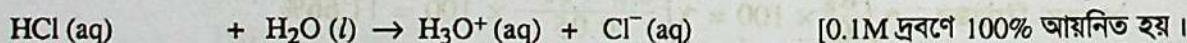
- \*(১) এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক,
- \*(২) হাইড্রাসিডের ঝণাঞ্চক আয়নের আকার,
- \*(৩) কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ অবস্থা,
- \*(৪) কেন্দ্রীয় পরমাণুর আকার,
- \*(৫) দ্রাবকের প্রকৃতি।

MAT: 15 - 16

(১) এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক : এসিডের  $K_a$  এর মান যতো বেশি হয় এসিডটি ততো বেশি শক্তিশালী হয়।

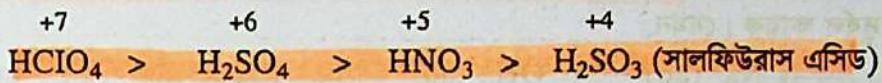
$\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{HNO}_3$  ও  $\text{H}_2\text{SO}_4$  প্রভৃতি এ সব এসিড জলীয় দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণরূপে (অর্থাৎ 99 – 100%) বিয়োজিত হয়ে থাকে, এদেরকে তীব্র এসিড বলা হয়। এদের  $K_a$  মান খুবই বেশি। যেমন,  $\text{HCl}$  এর  $K_a = 2.5 \times 10^7$ .  $\text{HBr}$  এর  $K_a = 3.2 \times 10^9$ .  $\text{HI}$  এর  $K_a = 1 \times 10^{10}$ .  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর প্রথম বিয়োজন ( $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSO}_4^-$ ) এর জন্য  $K_a = 10^3$  হয়ে থাকে। সুতরাং  $\text{H}_2\text{SO}_4$  হলো তীব্র এসিড।

অপরদিকে অ্যাসিটিক এসিড ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) এর 0.1M ঘনমাত্রার দ্রবণে মাত্র 1.34% এবং 0.01M  $\text{CH}_3\text{COOH}$  মাত্র 4.24% বিয়োজিত হয়; এসিডের  $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ । সুতরাং অ্যাসিটিক এসিডকে মৃদু বা দুর্বল এসিড বলা হয়।



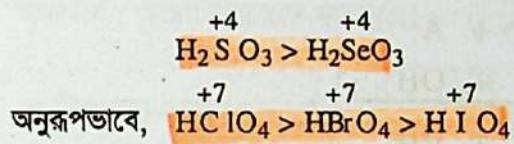
(২) ঝণাঞ্চক আয়নের আকার : হাইড্রাসিডের অন্নধর্মৰ তীব্রতা এদের অগুষ্ঠিত ঝণাঞ্চক আয়নের আকারের ওপর নির্ভর করে। ঝণাঞ্চক আয়নের আকার যতো বড় হয়, অণুর বিয়োজন ততো বেশি হয় অর্থাৎ এসিডের তীব্রতা ততো বেশি হয়। ২য় পর্যায়ের  $\text{F}^-$  আয়নের আকার সব চেয়ে ছোট। এরপর বড়  $\text{Cl}^-$  আয়নের আকারের চেয়ে ৪৮ পর্যায়ের  $\text{Br}^-$  আয়নের আকার আরও বড় এবং ৫ম পর্যায়ের  $\text{I}^-$  এর আকার আরও বড়। তাই এসব হাইড্রাসিডের তীব্রতার ত্রুট্ম হলো  $\text{HI} > \text{HBr} > \text{HCl} >> \text{HF}$ .

(৩) কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ সংখ্যা : অঙ্গোএসিডসমূহের অর্ধাং অঙ্গিজেন পরমাণুযুক্ত এসিডসমূহের কেন্দ্রীয় পরমাণুর ধনাত্মক জারণ সংখ্যা যতো বেশি এ এসিডের তীব্রতা ততো বেশি হয়। যেমন,



(৪) কেন্দ্রীয় পরমাণুর আকার : অঙ্গোএসিডসমূহের কেন্দ্রীয় পরমাণুর ধনাত্মক জারণ সংখ্যা সমান হলে তখন যেটির কেন্দ্রীয় পরমাণুর আকার ছোট হবে এবং চার্জ ঘনত্বের ক্রম বৃদ্ধি অনুসারে সে এসিডের তীব্রতা বেশি হয়। যেমন,  $\text{HNO}_3$  ও  $\text{H}_3\text{PO}_4$  উভয় এসিডের কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ সংখ্যা সমান (+5)। তবে ২য় পর্যায়ভুক্ত N-পরমাণুর আকার ওয় পর্যায়ভুক্ত P-পরমাণুর আকারের চেয়ে ছোট বলে P-পরমাণুর তুলনায় N পরমাণুর চার্জ ঘনত্ব বেশি। ফলে উভয় এসিডের তীব্রতার ক্রম হলো  $\text{HNO}_3 > \text{H}_3\text{PO}_4$ । একই কারণেই  $\text{HNO}_2 > \text{H}_3\text{PO}_3$ ।

একইভাবে সালফিউরাস এসিড ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) ও সেলেনাস এসিড ( $\text{H}_2\text{SeO}_3$ ) এর বেলায়, উভয়ের কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ সংখ্যা +4; কিন্তু ওয় পর্যায়ভুক্ত S পরমাণুর আকার ৪র্থ পর্যায়ের Se পরমাণুর আকারের চেয়ে ছোট হওয়ায়  $\text{H}_2\text{SO}_3$  এসিডের তীব্রতা বেশি হয়।



**MCQ-4.19 :** নিচের কোনু এসিডটি সবচেয়ে বেশি তীব্র এসিড হবে?

- (ক)  $\text{H}_2\text{SeO}_3$  (খ)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (গ)  $\text{HClO}_4$  (ঘ)  $\text{HIO}_4$

\* দুর্বল এসিডসমূহের মধ্যে আয়োডিক এসিড ( $\text{HIO}_3$ ) এর  $K_a = 1.7 \times 10^{-1}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  এর  $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ ;  $\text{H}_2\text{S}$  এর প্রথম  $K_a = 9.1 \times 10^{-8}$ । এ সব মান হতে এদের শক্তি-মাত্রার ধারণা পাওয়া যায়।

(৫) দ্রাবকের প্রকৃতি : দ্রাবকের প্রোটন গ্রহণ করার ক্ষমতা বা ক্ষারকত্ব বেশি হলে এতে দ্রবীভূত এসিডের আয়নীকরণ বৃদ্ধি পায়। যেমন পানিতে অ্যাসিটিক এসিড ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) একটি দুর্বল এসিড। কিন্তু অ্যামোনিয়া দ্রবণে এটি একটি তীব্র এসিড। অপরদিকে ক্ষারকের বেলায় এর বিপরীত সম্পর্ক। অর্ধাং দ্রাবকের ক্ষারকত্ব বেশি হলে এতে দ্রবীভূত ক্ষারকের বিয়োজন হ্রাস পায়। ফলে ক্ষারকের তীব্রতাও হ্রাস পায়। আবার দ্রাবকের ক্ষারকত্ব কম হলে এতে দ্রবীভূত ক্ষারকের তীব্রতা বৃদ্ধি পায়।

\* ক্ষারকের শক্তিমাত্রার নির্ভরশীলতা : ক্ষারকের তীব্রতা বা শক্তিমাত্রা নিম্নোক্ত তিনি বিষয়ের ওপর নির্ভর করে :

\*(১) ধাতুর অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডের পানিতে দ্রবণীয়তা,

\*(২) ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক ( $K_b$ ),

\*(৩) যৌগের নিঃসঙ্গ ইলেক্ট্রন প্রদানের ক্ষমতা।

পানিতে অধিক দ্রবণীয় ধাতুর অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডকে সবল ক্ষারক বলে এবং কম দ্রবণীয় ধাতুর অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডকে দুর্বল ক্ষারক বলে।

১। সবল ক্ষারক : অক্সাইড ( $O^{2-}$ ) ও হাইড্রক্সাইড ( $OH^-$ ) আয়নযুক্ত পানিতে দ্রবণীয় যৌগসমূহ সবল ক্ষারক হয়। এ সব যৌগে অধিক সক্রিয় ধাতুর ক্ষারক থাকে। যেমন,

(i)  $\text{M}_2\text{O}$ ,  $\text{MOH}$  যৌগসমূহ, এক্ষেত্রে  $M = \text{গ্র-IA}(1)$  ধাতু,  $\text{Li}, \text{Na}, \text{K}, \text{Rb}, \text{Cs}$ .

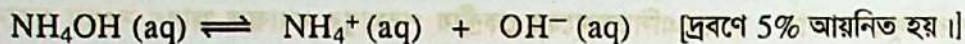
(ii)  $\text{MO}$ ,  $\text{M(OH)}_2$  যৌগসমূহ, এক্ষেত্রে  $M = \text{গ্র-2A}(2)$  ধাতু,  $\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$ ;

এসব ক্ষারকের  $K_b$  এর মান বেশি।

২। ক্ষারকের বিয়োজন ধ্রুবক ( $K_b$ ) :  $K_b$ -এর মান যতো বেশি হয় ক্ষারকটি ততোই শক্তিশালী হয় ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$  প্রভৃতি ক্ষারক জলীয় দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত থাকে; সূতরাং এরা তীব্র ক্ষারক)। এদের  $K_b$  এর মান খুবই বেশি।

MAT:17

দুর্বল ক্ষারক : নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন যুগল যুক্ত  $\text{NH}_3$  ও প্রতিস্থাপিত অ্যামোনিয়া ঘোগসমূহ যেমন অ্যামিনসমূহ দুর্বল ক্ষারক হয়। এদের  $K_b$  এর মান কম হয়।  $\text{NH}_4\text{OH}$  সাধারণ ঘনমাত্রার দ্রবণে খুব কম পরিমাণে বিয়োজিত হয়; সুতরাং  $\text{NH}_4\text{OH}$  একটি যৃদু বা দুর্বল ক্ষারক। যেমন,

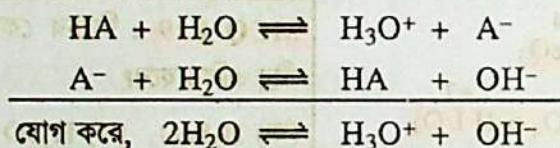


\*  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{NH}_2\text{OH}$  (হাইড্রোক্সিল অ্যামিন),  $\text{NH}_2-\text{NH}_2$  (হাইড্রাজিন) এদের  $K_b$  এর মান যথাক্রমে  $1.79 \times 10^{-5}$ ,  $1.07 \times 10^{-8}$ , এবং  $1.7 \times 10^{-6}$ । অনুরূপভাবে মিথাইল অ্যামিন ( $\text{CH}_3\text{NH}_2$ ) এর  $K_b = 3.7 \times 10^{-4}$ , ডাইমিথাইল অ্যামিন,  $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$  এর  $K_b = 5.4 \times 10^{-4}$  হয়। এ সব মান হতে এদের শক্তিমাত্রার ধারণা পাওয়া যায়।

### ৪.১১.১ অনুবন্ধী অম্ল ও ক্ষারকের $K_a$ ও $K_b$ এর মধ্যে সম্পর্ক

#### Relation between $K_a$ and $K_b$ of a Conjugate Acid-Base

যে কোনো এসিড (HA) এর  $K_a$  এবং ঐ এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক ( $A^-$ ) এর  $K_b$  উভয়ের মধ্যে একটি উল্লেখযোগ্য সম্পর্ক আছে। এখন এসিড (HA) ও এর অনুবন্ধী ক্ষারক ( $A^-$ ) উভয়ের বিয়োজন সমীকরণ দু'টো যোগ করে দেখা যাক :



এখন সুস্পষ্ট হলো যে, ঐ দু'টো বিয়োজন বিক্রিয়ার ফলাফল পানির অটো আয়নীকরণ (auto-ionization)। সুতরাং এসিড (HA) এবং এর অনুবন্ধী ক্ষারক ( $A^-$ ) উভয়ের পানিতে বিক্রিয়ার  $K_a$  ও  $K_b$  এর গুণফল থেকে নিম্নরূপ সম্পর্ক পাওয়া যায় :

$$K_a \times K_b = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \times \frac{[\text{HA}] \times [\text{OH}^-]}{[\text{A}^-]} = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = K_w$$

$$\therefore K_a \times K_b = K_w$$

উভয়দিকে ঝণাঞ্চক লগারিদম নিয়ে পাই,

$$-\log K_a - \log K_b = -\log K_w = -\log (1.0 \times 10^{-14})$$

$$\text{বা, } pK_a + pK_b = 14; \therefore pK_b = 14 - pK_a$$

যেমন, HF এসিডের  $K_a = 6.8 \times 10^{-4}$  (প্রায়)। এ থেকে HF এর অনুবন্ধী ক্ষারক  $\text{F}^-$  এর  $K_b$  এর মান নিম্ন মতে বের করা যায়।

$$(\text{HF-এর } K_a) \times (\text{F}^- \text{ এর } K_b) = K_w$$

$$\text{বা, F}^- \text{ এর } K_b = \frac{K_w}{\text{HF এর } K_a} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{6.8 \times 10^{-4}} = 1.5 \times 10^{-11}$$

$$\text{লক্ষ কর HF এসিডের } K_a = 6.8 \times 10^{-4} \text{ (প্রায়)}$$

$$\text{কিন্তু HF এর অনুবন্ধী ক্ষারক } (\text{F}^-) \text{ এর } K_b = 1.5 \times 10^{-11}$$

$\therefore$  উপরোক্ত  $K_a$  ও  $K_b$  এর ঘান থেকে জানা যায় যে, এসিড যতে সবল হবে, এর অনুবন্ধী ক্ষারক ঐ এসিডের চেয়ে ততো দুর্বল হবে। কারণ,

$$\text{উভয়ের } K_a \times K_b = K_w = 1 \times 10^{-14} \text{ মান ঠিক থাকবে।}$$

জেনে নাও : সব জলীয় দ্রবণে কম বেশি  $\text{H}_3\text{O}^+$  ও  $\text{OH}^-$  আয়ন থাকে।

\* বিশুদ্ধ পানিতে  $\text{H}_3\text{O}^+$  ও  $\text{OH}^-$  আয়নের সংখ্যা বা ঘনমাত্রা সমান থাকে।

\* অলীয় দ্রবণে  $\text{H}_3\text{O}^+$  আয়নের সংখ্যা বা ঘনমাত্রা বেশি এবং  $\text{OH}^-$  আয়নের ঘনমাত্রা কম থাকে।

\* ক্ষারীয় দ্রবণে  $\text{OH}^-$  আয়নের ঘনমাত্রা বেশি এবং  $\text{H}_3\text{O}^+$  এর ঘনমাত্রা কম থাকে।

\*  $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-]$  মতে  $\text{H}_3\text{O}^+$  ও  $\text{OH}^-$  আয়নের যে কোনটির ঘান কখনও শূন্য হতে পারে না।

সমস্যা সমাধান : বিয়োজন-মাত্রা ( $\alpha$ ),  $K_a$ ,  $K_b$ ,  $pK_a$ ,  $pK_b$  ভিত্তিক গণনা :

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৩০ : ০.০২ M H-COOH এর শতকরা কতভাগ বিয়োজিত হবে, তা গণনা কর। ( $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ ).

সমাধান : আমরা জানি, সামুদ্রিক,  $K_a = \frac{\alpha^2 C}{1-\alpha}$ . মূল তড়িৎবিশ্লেষণের ক্ষেত্রে  $(1-\alpha) = 1$

$$\therefore K_a = \alpha^2 C \quad \therefore \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}} = \left( \frac{1.8 \times 10^{-5}}{0.02} \right)^{\frac{1}{2}} = 9.4868 \times 10^{-3}$$

এখনে,  $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$   
ঘনমাত্রা,  $C = 0.02 \text{ M}$

$$\therefore \text{এসিডটি শতকরা বিয়োজিত হয়} = 9.4868 \times 10^{-3} \times 100 = 9.4868\%$$

দ্রষ্টব্য : বিয়োজন-মাত্রা ( $\alpha$ ) হলো 'দুটি মৌল পরিমাণের অনুপাত' এর মান; তাই এটি হবে এককবিহীন। আবার  $K_a$  হলো এককবিহীন; তাই দ্রবণের ঘনমাত্রা 'C' এর বেলায় ঘোলের সংখ্যামানই শুধু ব্যবহৃত হয়েছে।

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৩১ : ২৫°C তাপমাত্রায় মূল এক-ক্ষারকীয় অম্ল (HA) এর বিয়োজন ধ্রুবকের মান  $1.6 \times 10^{-4}$  হলে এই তাপমাত্রায় ০.১ M HA এর জলীয় দ্রবণে এই অম্লের বিয়োজন-মাত্রা ( $\alpha$ ) কত?

সমাধান : অম্লের বিয়োজন-মাত্রা ( $\alpha$ ) =  $\sqrt{\frac{K_a}{C}}$

প্রশ্নমতে,  
 $K_a = 1.6 \times 10^{-4}$

$$\therefore \text{বিয়োজন-মাত্রা} (\alpha) = \sqrt{\frac{1.6 \times 10^{-4}}{0.1}} = 0.04$$

$$\therefore \text{শতকরা বিয়োজন-মাত্রা} = 0.04 \times 100 = 4\%$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৩২ : ২৫°C তাপমাত্রায় ০.১ M CH<sub>3</sub>COOH এসিড ১.৩৪% আয়নিত হয়। এসিডটির বিয়োজন ধ্রুবক ( $K_a$ ) কত?

সমাধান : মূল এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক,  $K_a = \frac{\alpha^2 C}{(1-\alpha)}$

$$\text{বা, } K_a = \frac{(1.34 \times 10^{-2})^2 \times 0.1}{(1 - 1.34 \times 10^{-2})}$$

প্রশ্নমতে, ঘনমাত্রা,  $C = 0.1 \text{ M}$

$$\therefore K_a = 1.8199 \times 10^{-5}$$

$$\text{বিয়োজন পরিমাণ, } \alpha = \frac{1.34}{100} = 1.34 \times 10^{-2}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৩৩ : ০.০১ M CH<sub>3</sub>COOH এসিডের জলীয় দ্রবণে এই এসিডের শতকরা বিয়োজন ৪.২% হলে এই এসিড দ্রবণে হাইড্রোনিয়াম আয়ন (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) এর মৌলার ঘনমাত্রা কত?

সমাধান : CH<sub>3</sub>COOH হলো মূল এক-ক্ষারীয় এসিড। মূল এসিডের বেলায় [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] =  $\alpha C$ । এখনে  $\alpha$  হলো এসিডের বিয়োজন-মাত্রা এবং C হলো মৌলার ঘনমাত্রা।

প্রশ্নমতে বিয়োজন-মাত্রা = ৪.২%

$$\therefore \alpha = \frac{4.2}{100} = 4.2 \times 10^{-2} \text{ এবং } C = 0.01 \text{ M}$$

$$\therefore 0.01 \text{ M CH}_3\text{COOH} \text{ দ্রবণে } [\text{H}_3\text{O}^+] = \alpha C \\ = 4.2 \times 10^{-2} \times 0.01 \\ = 4.2 \times 10^{-4} \text{ M}$$

MCQ-4.20 : নিচের কোনটি অধিক

তৈরি এসিড? [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

(ক) HNO<sub>3</sub> (খ) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

(গ) HClO<sub>4</sub> (ঘ) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৩৪ : ৩০°C তাপমাত্রায় ১.৫ × ১০<sup>-২</sup> M NH<sub>4</sub>OH দ্রবণে NH<sub>4</sub>OH এর শতকরা বিয়োজন ৩.৫% হলে NH<sub>4</sub>OH এর বিয়োজন ধ্রুবকের মান নির্ণয় কর।

সমাধান : NH<sub>4</sub>OH দ্রবণের ঘনমাত্রা,  $C = 1.5 \times 10^{-2} \text{ M}$

$$\text{NH}_4\text{OH} \text{ এর বিয়োজন-মাত্রা, } \alpha = \frac{3.5}{100} = 0.035$$

দ্রবণে NH<sub>4</sub>OH এর বিয়োজনের সাম্যাবস্থা : NH<sub>4</sub>OH (aq) ⇌ NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (aq) + OH<sup>-</sup> (aq)

সাম্যাবস্থায় ঘনমাত্রা : C(1 -  $\alpha$ ) Ca

$$\therefore \text{সাম্যাবস্থায় } \text{NH}_4\text{OH} \text{ এর ঘনমাত্রা, } [\text{NH}_4\text{OH}] = C(1 - \alpha) = 1.5 \times 10^{-2} \times (1 - 0.035) \\ = 1.4475 \times 10^{-2} \text{ M}$$

সাম্যাবস্থায়  $\text{NH}_4^+$  আয়নের ঘনমাত্রা,  $[\text{NH}_4^+] = C\alpha = 1.5 \times 10^{-2} \times 0.035 = 5.25 \times 10^{-4} \text{ M}$

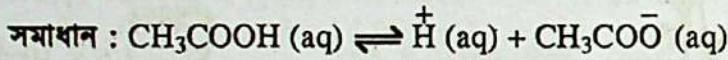
সাম্যাবস্থায়  $\text{OH}^-$  আয়নের ঘনমাত্রা,  $[\text{OH}^-] = C\alpha = 1.5 \times 10^{-2} \times 0.035 = 5.25 \times 10^{-4} \text{ M}$

$$\text{NH}_4\text{OH} \text{ এর বিয়োজন ধ্রুবক, } K_b = \frac{[\text{NH}_4^+] \times [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]} \\ = \frac{[5.25 \times 10^{-4}] \times [5.25 \times 10^{-4}]}{[1.4475 \times 10^{-2}]} = 1.90414 \times 10^{-5}$$

[লক্ষ করো  $K_b$  এর সমীকরণে প্রত্যেক উপাদানের ঘনমাত্রাকে 1M দিয়ে ভাগ করে নেয়া হয়েছে]

$$\therefore \text{NH}_4\text{OH} \text{ এর বিয়োজন ধ্রুবক, } K_b = 1.90414 \times 10^{-5}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৩৫। 1.0 M অ্যাসিটিক এসিডের জলীয় দ্রবণ  $\text{H}^+$  আয়নের ঘনমাত্রা  $4.25 \times 10^{-3} \text{ M}$ । এই এসিড দ্রবণে অ্যাসিটিক এসিডের শতকরা বিয়োজন, বিয়োজন ধ্রুবক ( $K_a$ ) এবং  $pK_a$  এর মান গণনা কর।



$$\therefore \text{এসিডটির শতকরা বিয়োজন} = \frac{\text{বিয়োজিত মোল সংখ্যা} \times 100}{\text{দ্রবণে মোট মোল সংখ্যা}} \\ = \frac{4.25 \times 10^{-3} \times 100}{1.0} = 0.425\%$$

**MCQ-4.21 :** নিচের কোনটি  
দুর্বলতম এসিড? [য. বো. ২০১৭]  
(ক)  $\text{HMnO}_4$  (খ)  $\text{H}_2\text{SO}_4$   
(গ)  $\text{HClO}_4$  (ঘ)  $\text{HNO}_3$

$\therefore 0.425\%$  অ্যাসিটিক এসিড জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়। এক্ষেত্রে বিয়োজন মাত্রা,  $\alpha = (0.425 \div 100) = 0.00425$  হয়। তাই 1.0 M দ্রবণে অ্যাসিটিক এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক হলো :

$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \times [\text{CH}_3\text{OO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} ;$$

$$\text{এখানে, } [\text{H}^+] = 4.25 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$\text{বা, } K_a = \frac{4.25 \times 10^{-3} \times 4.25 \times 10^{-3}}{(1 - \alpha)}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 4.25 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$\text{বা, } K_a = \frac{1.806 \times 10^{-5}}{(1.0 - 0.00425)} = \frac{1.806 \times 10^{-5}}{0.99575} = 1.814 \times 10^{-5}$$

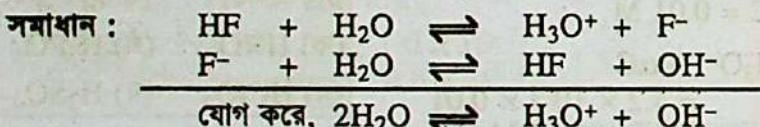
$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 1.0 \text{ M}$$

$$\text{আমরা জানি, } pK_a = -\log K_a$$

$$(1 - \alpha) = (1.0 - 0.00425) \text{ M}$$

$$\text{বা, } pK_a = -\log (1.814 \times 10^{-5}) = 4.74$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৩৬ : HF একটি যন্ত্র অম্ল; এর  $K_a = 6.8 \times 10^{-4}$ ; এর অনুবঙ্গী ক্ষারক  $\text{F}^-$  এর  $K_b$  ও  $pK_b$  গণনা কর। এ সব মান থেকে অম্ল ও অনুবঙ্গী ক্ষারকের শক্তির সম্পর্ক ব্যাখ্যা কর।



**MCQ-4.22 :** নিচের কোনটি অম্ল-ক্ষারক যুগল? [য. বো. ২০১৭]

(ক)  $\text{HCl}, \text{NaOH}$  (খ)  $\text{O}_2, \text{H}_2\text{O}$

(গ)  $\text{H}_3\text{O}^+, \text{H}_2\text{O}$  (ঘ)  $\text{H}^+, \text{Cl}^-$

উপরোক্ত প্রথম দুটি সমীকরণ মতে,  $K_a$  ও  $K_b$  থেকে  $K_w$  বের করি :

$$K_a \times K_b = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{F}^-]}{[\text{HF}]} \times \frac{[\text{HF}] \times [\text{OH}^-]}{[\text{F}^-]} ; [\text{H}_2\text{O}] বাদ দেয়া হয়েছে।$$

$$\therefore K_a \times K_b = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = K_w$$

$$\therefore K_a \times K_b = K_w$$

$$\text{এক্ষেত্রে } \text{F}^- \text{ আয়নের } K_b = \frac{K_w}{\text{HF এর } K_a} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{6.8 \times 10^{-4}} = 1.5 \times 10^{-11}$$

HF এর  $K_a$  এর মান  $6.8 \times 10^{-4}$  এবং HF এর অনুবন্ধী ক্ষারক F<sup>-</sup> আয়নের  $K_b$  এর মান  $1.5 \times 10^{-11}$ । উভয় মান থেকে বোঝা যায় যে, HF এর অনুবন্ধী ক্ষারকের  $K_b$  এর মান খুবই নিম্ন। অর্থাৎ অন্ন যতো তীব্র হবে এটির অনুবন্ধী ক্ষারক ততো দূর্বল হবে। আবার HF এর  $pK_a = -\log K_a = -\log 6.8 \times 10^{-4} = 3.17$

এবং F<sup>-</sup> এর  $pK_b = -\log K_b = -\log 1.5 \times 10^{-11} = 10.82$

সূতরাং  $pK_a$  ও  $pK_b$  এর উভয় মান থেকে বোঝা যায় যে, সবল এসিডের  $pK_a$  এর মান থেকে ঐ এসিডের দূর্বল অনুবন্ধী ক্ষারকের  $pK_b$  এর মান বেশি হয়।

শিক্ষার্থী নিজে কর-৮.১২ :  $K_a$ ,  $K_b$ ,  $pK_a$ ,  $pK_b$  সম্পর্কিয় :

সমস্যা-৮.৪৬ (ক) : HF দূর্বল এসিড; কিন্তু HCl সবল এসিড কেন—ব্যাখ্যা কর। [রা. বো. ২০১৫]

সমস্যা-৮.৪৬ (খ) : ট্রাইমিথাইল অ্যামিনের  $K_b = 6.5 \times 10^{-5}$  হলে তুমি ট্রাইমিথাইল অ্যামেনিয়াম আয়ন,  $(CH_3)_3NH^+$  এর  $K_a$  এর মান বের কর। [উ:  $1.5 \times 10^{-10}$ ]

সমস্যা-৮.৪৬ (গ) : HCN এসিডের  $K_a$  হলো  $4.9 \times 10^{-10}$ ; এ এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক CN<sup>-</sup> আয়নের  $K_b$  এর মান বের কর। [উ:  $2 \times 10^{-5}$ ]

সমস্যা-৮.৪৬ (ঘ) : পিরিডিন ( $C_5H_5N$ ) নামক জৈব দ্রাবকের  $pK_b = 8.74$  হলে এর পিরিডিনিয়াম আয়ন ( $C_5H_5NH^+$ ) এর  $pK_a$  কত? [উ: 5.26]

সমস্যা-৮.৪৬ (ঙ) : ফরমিক এসিড ( $HCOOH$ ) এর  $pK_a = 3.74$  হলে এর ফরমেট আয়ন ( $HCOO^-$ ) এর  $pK_b$  কত? [উ: 10.26]

সমস্যা-৮.৪৬ (চ) :  $25^\circ C$  তাপমাত্রায় NH<sub>3</sub> এর জলীয় দ্রবণে গঠিত আয়নিক সাম্যাবস্থায় NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ও OH<sup>-</sup> এর ঘনমাত্রা যথাক্রমে  $9.6 \times 10^{-3} M$ ,  $4.0 \times 10^{-4} M$  ও  $4.0 \times 10^{-4} M$ । এই তাপমাত্রায় NH<sub>3</sub> এর বিয়োজন প্রক্রিয়ের মান নির্ণয় কর। [উ:  $K_b = 1.67 \times 10^{-5}$ ]

সমস্যা-৮.৪৬ (ছ) :  $25^\circ C$  তাপমাত্রায় 0.1M অ্যাসিটিক এসিডের দ্রবণে 1.34% এসিড বিয়োজিত হয়। এসিডটির বিয়োজন প্রক্রিয়ের মান গণনা কর। [উ:  $K_a = 1.82 \times 10^{-5}$ ]

সমস্যা-৮.৪৬ (জ) :  $25^\circ C$  তাপমাত্রায় মৃদু এক ক্ষারীয় এসিড HA এর বিয়োজন প্রক্রিয়ের মান  $1.6 \times 10^{-4}$ । ঐ তাপমাত্রায় 0.1M HA এর জলীয় দ্রবণে এসিডটির বিয়োজন মাত্রা বা পরিমাণ ( $\alpha$ ) কত হবে? [উ: 0.04]

সমস্যা-৮.৪৬ (ঝ) : একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় 3টি মৃদু এসিড HA, HB ও HC এর বিয়োজন প্রক্রিয়ের মান যথাক্রমে  $4.0 \times 10^{-5}$ ,  $5.2 \times 10^{-4}$  এবং  $8.6 \times 10^{-3}$ । প্রতিটি এসিডের জলীয় দ্রবণে মোলার ঘনমাত্রা সমান হলে এসিডগুলোকে তীব্রতার মান ক্রমানুসারে সাজাও এবং এর কারণ ব্যাখ্যা কর। [উ: HA < HB < HC]

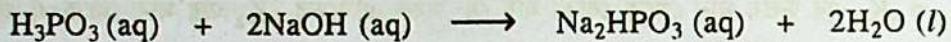
### ৮.১১.২ অন্নের ক্ষারকত্ব ও ক্ষারকের অন্নত্ব Basicity of an Acid & Acidity of a Base

অন্ন বা এসিডের ক্ষারকত্ব : এক মোল কোনো অন্ন দ্বারা যতো মোল এক-অ্যালীয় ক্ষারক বা মনোপ্রোটিক ক্ষারক (যেমন NaOH, KOH ইত্যাদি) পূর্ণ প্রশমিত হয়; ক্ষারকের ঐ মোল সংখ্যাকে ঐ অন্ন বা এসিডের ক্ষারকত্ব বলে। যেমন,

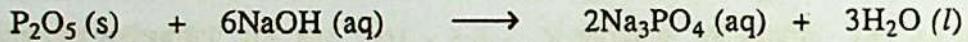
(i) এক মোল HCl এসিড দ্বারা এক মোল NaOH পূর্ণ প্রশমিত হয়। তাই HCl এর ক্ষারকত্ব হলো 1.0।



(ii) অনুরূপভাবে,  $H_2SO_4$  এর ক্ষারকত্ত্ব হলো 2,  $H_3PO_4$  এর ক্ষারকত্ত্ব হলো 3। কিন্তু  $H_3PO_3$  এর ক্ষারকত্ত্ব হলো 2। কারণ  $H_3PO_3$  অণুতে দুটি H পরমাণু O-H মূলকরণে যুক্ত আছে; যা থেকে  $H^+$  আয়ন পানিতে আয়নিত হয়।



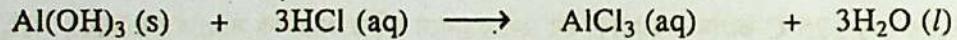
(iii) এসিডের মতো অম্লধর্মী অক্সাইডের ক্ষারকত্ত্ব আছে। যেমন  $CO_2$  এর ক্ষারকত্ত্ব হলো 2 এবং  $P_2O_5$  এর ক্ষারকত্ত্ব হলো 6। নিচের বিক্রিয়ায়  $NaOH$  এর মোল সংখ্যা দেখো।



ক্ষারকের অস্ত্র : এক মোল কোনো ক্ষারক দ্বারা যতো মোল এক-ক্ষারকীয় অম্ল বা মনোপ্রোটিক এসিড (যেমন  $HCl$ ) পূর্ণ প্রশংসিত হয়, অম্ল বা এসিডের ঐ মোল সংখ্যাকে ঐ ক্ষারকের অস্ত্র বলে। যেমন,

(i) এক মোল  $NaOH$  দ্বারা এক মোল  $HCl$  এসিড পূর্ণ প্রশংসিত হয়। তাই  $NaOH$  এর অস্ত্র হলো 1.0।

(ii) অনুরূপভাবে  $CaO$  এর অস্ত্র হলো 2,  $Al(OH)_3$  এর অস্ত্র হলো 3 এবং  $Al_2O_3$  এর অস্ত্র হলো 6। নিচের বিক্রিয়ায়  $HCl$  এর মোল সংখ্যা দেখো।



## ৪.১২ দ্রবণের pH, pH স্কেল

### pH of a Solution, pH Scale

প্রাণবিজ্ঞান, প্রাণ-রসায়ন ও চিকিৎসা বিজ্ঞানের বিভিন্ন রাসায়নিক পরীক্ষাকার্যে অম্ল ও ক্ষারের লঘু দ্রবণ যেমন ডেসিমোলার ( $10^{-1} \text{ mol/L}^{-1}$ ) দ্রবণ ও এর চেয়ে কম ঘনমাত্রার দ্রবণও ব্যবহৃত হয়। আবার পানির আয়নিক গুণফল,  $K_w$  এর মান  $1 \times 10^{-14}$  ধরা হয়। কিন্তু 10 এর ঝণাঝক ঘাত হিসেবে  $H^+$  ও  $OH^-$  আয়নের মোলার ঘনমাত্রায় একল প্রকাশরীতি বেশ অসুবিধা। তাই 1909 খ্রিস্টাব্দে ড্যানিশ প্রাণ-রসায়নবিদ সোরেনসেন অম্ল ও ক্ষারের জলীয় দ্রবণে  $H^+$  আয়ন ও  $OH^-$  আয়নের ঘনমাত্রা প্রকাশের জন্য pH স্কেল নামক একটি নতুন পদ্ধতি প্রকাশ করেন। এ pH প্রতীকটি "Puissance of hydrogen" অর্থাৎ power of hydrogen প্রকাশ করছে।

pH এর সংজ্ঞা : কোনো দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়ন ( $H^+$ ) বা হাইড্রোনিয়াম আয়ন ( $H_3O^+$ ) এর মোলার ঘনমাত্রার ঝণাঝক বেস-10 লগারিদমকে ঐ দ্রবণের pH বলে। তখন  $H^+$  আয়নের বা হাইড্রোনিয়াম আয়নের মোলার ঘনমাত্রা  $[H_3O^+]$ -কে pH এর সংজ্ঞা মতে নিম্নরূপে লেখা যায়,

$$\text{pH} = -\log [H_3O^+] \text{ বা, } [H_3O^+] = \text{antilog} (-\text{pH}) = 10^{-\text{pH}}$$

14-15 কোনো দ্রবণে  $H_3O^+$  আয়নের মোলার ঘনমাত্রা দশভাগ ত্রাস পেলে pH এর মান এক একক বৃদ্ধি পায়। সুতরাং যে দ্রবণের pH = 5 তা অপেক্ষা যে দ্রবণের pH = 4 তাতে  $H_3O^+$  আয়নের মোলার ঘনমাত্রা 10 গুণ বেশি হয়। কোনো দ্রবণের pH = 3 হলে তাতে  $H_3O^+$  আয়নের ঘনমাত্রা =  $10^{-3} \text{ mol/L}^{-1}$  হয়। কোনো দ্রবণের  $H_3O^+$  আয়নের ঘনমাত্রা যতো কমতে থাকে, এর pH এর মান ততো বাড়তে থাকে।

আবার  $\text{OH}^-$ -আয়নের ক্ষেত্রে  $\text{pOH}$  এর লগারিদমীয় প্রকাশকে নিম্নরূপে লেখা যায় :

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] \text{ বা, } [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

pH ক্ষেত্রে নির্ধারণ :  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় পানির আয়নিক গুণফল,

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14} \text{ ধরা হয়।}$$

$$\therefore [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

উভয়দিকে log নিয়ে পাই,  $\log[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = \log 10^{-14}$

$$\text{বা, } \log[\text{H}_3\text{O}^+] + \log [\text{OH}^-] = -14$$

$$\text{বা, } -\text{pH} - \text{pOH} = -14; \text{ বা, } \text{pH} + \text{pOH} = 14 \dots \dots (1)$$

$$\text{সূতরাং ক্ষারীয় দ্রবণের pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - (-\log [\text{OH}^-])$$

বিশুদ্ধ পানিতে শুধুমাত্র পানির বিয়োজন থেকে  $\text{H}_3\text{O}^+$  ও  $\text{OH}^-$  তৈরি হয়।

যেহেতু এক অণু পানি থেকে একটি  $\text{H}_3\text{O}^+$  আয়ন ও একটি  $\text{OH}^-$  আয়ন তৈরি হয়; সেহেতু বিশুদ্ধ পানিতে তাদের ঘনমাত্রা সমান থাকে। অর্থাৎ

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]; \therefore [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]^2 = 10^{-14}$$

$$\text{বা, } [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-7}; \therefore \text{pH} = 7$$

সূতরাং বিশুদ্ধ পানিতে pH এর মান 7। MAT: 19-20

আমরা জানি, 1M HCl দ্রবণে  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \text{ mol H}^+ \text{ ion L}^{-1}$

$\therefore 1 \text{M HCl}$  দ্রবণের ক্ষেত্রে পাই,  $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 1 = -\log 10^0 = 0$ । যেহেতু 1M HCl এর pH = 0, সূতরাং pOH = 14।

$$\text{কারণ } \text{pH} + \text{pOH} = 14$$

আবার, 1M NaOH দ্রবণের pH = 14; pOH = 0।

সূতরাং যে কোনো জলীয় দ্রবণের pH(ও pOH) এর মান 0 থেকে 14 এর মধ্যে থাকবে।

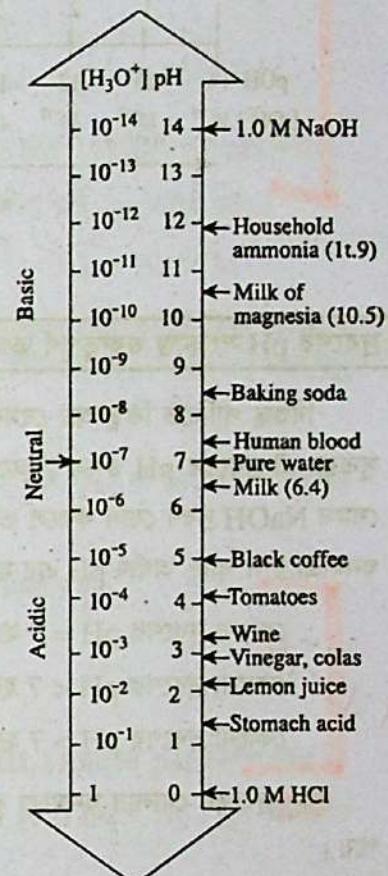
বিভিন্ন pH বা, pOH এর মানের দ্রবণের অবস্থা নিম্নোক্ত চিত্র-8.28 দ্বারা সহজে বোঝা যায়। সাধারণভাবে গবেষণাগারে 1M দ্রবণের বেশি ঘনমাত্রার এসিড ও ক্ষার দ্রবণ ব্যবহার করা হয় না।

লক্ষ কর, এক্ষেত্রে  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  এর সাধারণ log নেয়া হয়েছে।  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  এর এককবিহীন সংখ্যা হিসেবে গণ্য করা হয়। কারণ এটিকে প্রকৃত ঘনমাত্রা ও প্রমাণ অবস্থায় ঘনমাত্রা (1M) এর অনুপাতরূপে গণ্য করা হয়।

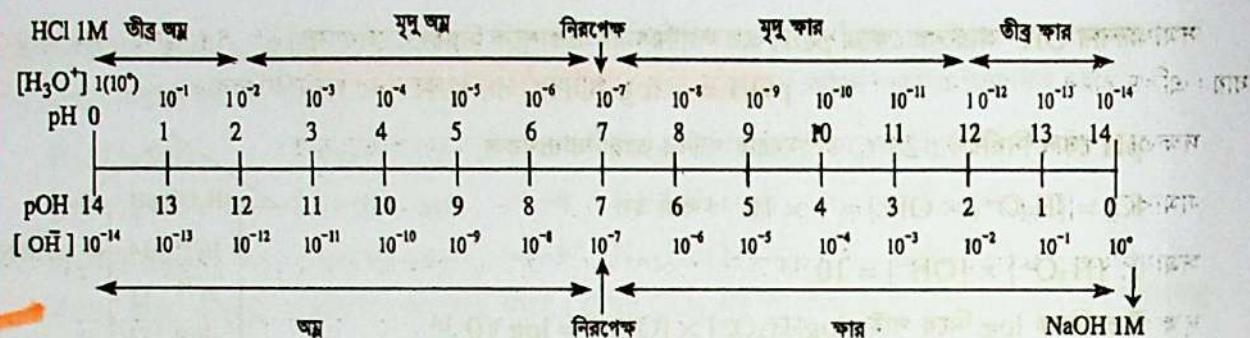
আবার লক্ষ কর, লেমন জুসের দ্রবণে  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 2.5 \times 10^{-3} \text{ M}$  ধরে তোমার ক্যালকুলেটরে সংখ্যাগুলো দিলে তুমি দেখবে,

$$\text{pH} = -\log (2.5 \times 10^{-3}) = (-1) (\log 10^{-3} + \log 2.5) = (3 - 0.39794) = 2.60206 \text{ হয়।}$$

কিন্তু pH এর মান দশমিকের পর দুই ডিজিটে অর্থবোধক করে লিখতে হবে। তখন লেমন জুসের pH হবে 2.60। চিত্র-8.23-এ কিছু সাধারণ বস্তুর pH মান pH ক্ষেত্রে দেখানো হয়েছে।



চিত্র-8.23 : কয়েকটি সাধারণ বস্তুর pH মান এবং pH পরিসর



চিত্র-৪.২৪ : pH কেল [pH এর মান 0 থেকে 14]।

### দ্রবণের pH সংক্রান্ত গুরুত্বপূর্ণ তথ্য :

বিশুদ্ধ পানিতে কিছু অম্ল যেমন HCl দ্রবণ যোগ করলে এর বিয়োজন থেকে দ্রবণে  $\text{H}_3\text{O}^+$  এর ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পায়। সুতরাং ঐ দ্রবণের pH তখন 7 অপেক্ষা কম হয়। তখন দ্রবণটি অঙ্গীয় হবে। অপরদিকে বিশুদ্ধ পানিতে কোনো ক্ষারক যেমন NaOH দ্রবণ যোগ করলে তা থেকে দ্রবণে  $\text{OH}^-$ -এর পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। সুতরাং ভরক্রিয়া সূত্র অনুযায়ী  $\text{H}_3\text{O}^+$  এর ঘনমাত্রাহাস পায়; অর্থাৎ pH এর মান 7 থেকে বেশি হয়। তখন দ্রবণটি ক্ষারীয় হবে।

*MAT. 12-13* ∴ কোনো দ্রবণের pH = 7 হলে, তা হবে নিরপেক্ষ দ্রবণ।

কোনো দ্রবণের pH < 7 হলে, তা হবে অঙ্গীয় দ্রবণ।

কোনো দ্রবণের pH > 7 হলে, তা হবে ক্ষারীয় দ্রবণ।

**MCQ-4.23 :** নিচের কোন pH মানের

দ্রবণটিতে  $\text{H}^+$  আয়নের ঘনমাত্রা সবচেয়ে বেশি?

(ক) 9.5 (খ) 7.4 (গ) 2.3 (ঘ) 5.5

(২) দ্রবণের মৌলার ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পেলে এর pH মানহাস পায় এবং মৌলার ঘনমাত্রাহাস পেলে এর pH মান বৃদ্ধি পায়।

(৩) বিশুদ্ধ পানিতে বা কোনো জলীয় দ্রবণে  $\text{pH} + \text{pOH} = \text{pK}_w$

(৪) 25°C তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ পানিতে বা জলীয় দ্রবণে  $\text{pH} + \text{pOH} = \text{pK}_w = 14$

pH কেল প্রয়োগ : p-কেল নিম্নোক্ত কাজেও ব্যবহৃত হয়। যেমন, (১) হাইড্রোকাইড আয়নের মৌলার ঘনমাত্রা,  $[\text{OH}^-]$  প্রকাশে  $\text{pH} = -\log[\text{OH}^-]$  লেখা হয়। অঙ্গীয় দ্রবণের pOH মান ক্ষারীয় দ্রবণের চেয়ে বেশি হবে। (২) এসিডের সাম্য প্রক্রিয়কের ( $K_a$  এর) মানকে p কেলে প্রকাশ করা হয়। যেমন  $\text{pK}_a = -\log K_a$  এক্ষেত্রে অঙ্গের সাম্যপ্রক্রিয়কের মান যতো বাঢ়বে  $\text{pK}_a$  এর মান বিপরীতভাবে ততো কমবে।

চিন্তা কর : 25°C-এ পানির  $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$  এবং পানির pH = 7 হয়। পানির pH মান সব সময় কী 7 বা ধ্রুব থাকে? না, পানির pH মান তাপমাত্রা নির্ভরশীল  $K_w$  এর মানের ওপর নির্ভর করে এবং পরিবর্তনশীল। যেমন, 50°C-এ পানির  $K_w = 5.5 \times 10^{-14}$  হয়। তখন  $\text{H}_3\text{O}^+$  ও  $\text{OH}^-$  আয়নের ঘনমাত্রা রেড়ে  $2.345 \times 10^{-7}\text{M}$  হয় (শিক্ষার্থী নিজে কর-৪.১১ এর সমস্যা-৪৪(ক) নং দেখ)। অর্থাৎ 50°C-এ পানির pH =  $-\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 2.345 \times 10^{-7} = 6.63$ । অন্তর্প 100°C-এ পানির  $K_w = 8.70 \times 10^{-14}$  এবং  $\text{H}_3\text{O}^+$  ও  $\text{OH}^-$  এর ঘনমাত্রা  $2.95 \times 10^{-7}\text{M}$  হয়, তখন 100°C-এ পানির pHহাস পেয়ে 6.53 হয়। পানির বিয়োজন তাপহারী হওয়ায়, তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে  $K_w$  এর মান ও  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  ঘনমাত্রা বাঢ়ে। তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পানির pH মানহাস পায়।

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৩৭ :** এসিড বৃষ্টির ক্ষতিকর প্রভাবে পানির pH হ্রাস পেয়ে ৪.৫–৫.০ হলে তখন মাছ মরে যায়। এসিড বৃষ্টির পর কোনো ত্বরণের পানির pH ৪.৫ হলে ঐ পানিতে  $\text{H}_3\text{O}^+$  আয়নের ঘনমাত্রা বের কর।

দক্ষতা : খণ্ডাত্ত্বক pH এর মানের অ্যান্টিলগ নিলে  $\text{H}_3\text{O}^+$  আয়নের ঘনমাত্রা পাওয়া যায়।

**সমাধান :**  $[\text{H}_3\text{O}^+] = \text{antilog}(-\text{pH}) = 10^{-\text{pH}} = 10^{-4.5} = 3.16 \times 10^{-5} \text{ M}$

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৩৮ :** জলীয় অ্যামেনিয়া দ্রবণে  $\text{OH}^-$  আয়নের ঘনমাত্রা  $1.9 \times 10^{-3} \text{ M}$  হলে এর pH কত?

দক্ষতা : প্রথমে  $\text{OH}^-$  এর ঘনমাত্রা থেকে  $\text{H}_3\text{O}^+$  এর ঘনমাত্রা বের করে, শেষে এর খণ্ডাত্ত্বক log নেয়া হবে।

**সমাধান :** আমরা জানি,  $[\text{H}_3\text{O}^+] = K_w/[\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}/(1.9 \times 10^{-3}) = 5.3 \times 10^{-12} \text{ M}$

$\therefore \text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log (5.3 \times 10^{-12}) = (-1)(\log 10^{-12} + \log 5.3) = (12 - 0.72) = 11.28$

উল্লেখ্য pH এর মান দশমিকের পর দু'ডিজিট পর্যন্ত নিতে হয়। একই নিয়মে  $\text{H}_3\text{O}^+$  ও  $\text{OH}^-$  আয়নের ঘনমাত্রা দশমিকের পর দু'ডিজিট পর্যন্ত নিতে হয়।

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৩৯ :** পাক স্থলীতে পাচকরসে pH এর মান ১.৪ হলে ঐ রসে  $\text{H}^+$  বা  $\text{H}_3\text{O}^+$  আয়নের মোলার ঘনমাত্রা কত হবে?

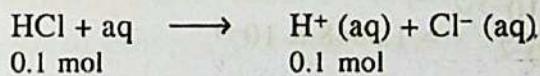
দক্ষতা : খণ্ডাত্ত্বক pH এর মানের অ্যান্টিলগ নিলে  $\text{H}_3\text{O}^+$  আয়নের মোলার ঘনমাত্রা পাওয়া যায়।

**সমাধান :**  $[\text{H}_3\text{O}^+] = \text{antilog}(-\text{pH}) = 10^{-\text{pH}} = 10^{-1.4} = 0.04 \text{ M}$

পাচক রসে  $\text{H}^+$  আয়ন বা  $\text{H}_3\text{O}^+$  আয়নের মোলার ঘনমাত্রা =  $0.04 \text{ M}$

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৪০ :** (ক) ০.১M HCl, (খ) ০.২M HCl, (গ) ০.০১M HCl দ্রবণের pH নির্ণয় কর।

**সমাধান :** (ক) ০.১M HCl দ্রবণে  $[\text{H}^+] = 0.1 \text{ mol H}^+ \text{ ion L}^{-1}$ । কারণ ০.১M HCl দ্রবণে HCl পূর্ণ আয়নিত হয়।



$$\therefore \text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log 0.1 = -\log 10^{-1} = 1 \text{ (উ:)}$$

(খ) ০.২ M HCl দ্রবণে  $[\text{H}^+] = 0.2 \text{ mol H}^+ \text{ ion L}^{-1}$ । কারণ ০.২ M HCl পূর্ণ আয়নিত হয়।

$$\therefore \text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log (0.2) = -(-0.69) = 0.69 \text{ (প্রায়)} \text{ (উ:)}$$

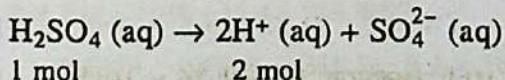
(গ) ০.০১M HCl দ্রবণে  $[\text{H}^+] = 0.01 \text{ mol H}^+ \text{ ion L}^{-1}$ । কারণ ০.০১M HCl পূর্ণ আয়নিত হয়।

$$\therefore \text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log (0.01) = -\log 10^{-2} = 2 \text{ (উ:)}$$

\* দেখা যাচ্ছে দ্রবণে অন্নের মোলার ঘনমাত্রার পরিমাণ যতো বেশি, pH এর মান ততো কম।

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৪১ :** ০.০০৫ M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এসিডের pH গণনা কর। MAT: 15-16

**সমাধান :** জলীয় দ্রবণে ০.০০৫ M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর পূর্ণ বিয়োজন ঘটে এবং দ্বিতীয় সংখ্যক  $\text{H}^+$  আয়ন তৈরি করে।



$$\therefore [\text{H}^+] = 2 \times 0.005 \text{ mol H}^+ \text{ ion L}^{-1} = 0.01 \text{ mol H}^+ \text{ ion L}^{-1}$$

$$\therefore \text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log 0.01 = -\log 10^{-2} = -(-2) = 2 \text{ (উ:)}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৪২ : ০.০১ M অ্যাসিটিক এসিড দ্রবণের pH হিসাব কর। দেয়া আছে, উপরোক্ত ঘনমাত্রায় ঐ অঙ্গ বা এসিডের শতকরা বিয়োজন 12.5%।



এসিডটি 12.5% বিয়োজিত হয়েছে। তাই 0.01 M দ্রবণে  $[\text{H}^+]$  আছে—

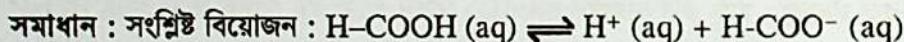
$$= 0.01 \times 0.125 = 1.25 \times 10^{-3} \text{ mol H}^+ \text{ ion L}^{-1}$$

$$\therefore \text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log (1.25 \times 10^{-3}) = (-\log 1.25 - \log 10^{-3})$$

$$= (-0.097 + 3) = 2.90 \text{ (উ:)}$$

সাধারণভাবে বলা যায় যে, একই ঘনমাত্রার তীব্র এসিড অপেক্ষা দুর্বল এসিড দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়নের ঘনমাত্রা কম হবে। সূতরাং সেক্ষেত্রে pH বেশি হবে।

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৪৩ :  $1.0 \times 10^{-2} \text{ M}$  ঘনমাত্রার ফরমিক এসিড ( $\text{H}-\text{COOH}$ ) এর বিয়োজন প্রক্রিয়া ( $K_a$ ) এর মান গণনা কর। ঐ দ্রবণের pH হলো 2.90।



$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \times [\text{HCOO}^-]}{[\text{H}-\text{COOH}]}, \text{ এক্ষেত্রে } [\text{H}^+] = [\text{HCOO}^-]$$

$$= \frac{[\text{H}^+] \times [\text{H}^+]}{[\text{H}-\text{COOH}]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{H}-\text{COOH}]};$$

আমরা জানি,  $[\text{H}^+] = \text{antilog} (-\text{pH})$

$$\text{বা, } [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2.9} = 1.2589 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$\therefore K_a = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{H}-\text{COOH}]} = \frac{(1.2589 \times 10^{-3})^2}{1.0 \times 10^{-2}} = 1.5848 \times 10^{-4}$$

$$\therefore K_a = 1.5848 \times 10^{-4}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৪৪ : ২৯৮ K বা, 25° C তাপমাত্রায় একটি 0.1 M ইথানোয়িক এসিড দ্রবণের pH নির্ণয় কর।  $[K_a = 1.76 \times 10^{-5}]$



$$\therefore K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \times [\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}; \text{ এক্ষেত্রে দ্রবণে } [\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}^+] \text{ হয়।}$$

আবার ইথানোয়িক এসিড দুর্বল এসিড হওয়ায় অতি অল্প পরিমাণে আয়নিত হয়। তাই দ্রবণে অবিয়োজিত  $\text{CH}_3\text{COOH}$  এর ঘনমাত্রা  $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  ধরা যায়।

$$\text{তখন, } K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \times [\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{0.1}$$

$$\text{বা, } [\text{H}^+]^2 = K_a \times 0.1 = (1.76 \times 10^{-5}) \times 0.1 = 1.76 \times 10^{-6} \text{ [প্রশ্নমতে, } K_a = 1.76 \times 10^{-5}]$$

$$\therefore [\text{H}^+] = \sqrt{1.76 \times 10^{-6}} = 1.33 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

$$\therefore \text{pH} = -\log (1.33 \times 10^{-3}) = 2.88 \text{ (উ:)}$$

**সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৮৫ :** কোনো জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়নের ঘনমাত্রা  $3 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$  হলে এ দ্রবণের pH কত হবে? দ্রবণটির প্রকৃতি অন্নীয় হবে নাকি ক্ষারীয় হবে?

সমাধান : প্রশ্নমতে,  $[\text{H}^+] = 3 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$

$$\therefore \text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log (3 \times 10^{-5})$$

$$= -[\log 3 - 5 \log 10] = -0.4771 + 5 = 4.52$$

∴ দ্রবণের pH = 4.52; যেহেতু দ্রবণের pH এর মান 7 এর চেয়ে কম, তাই দ্রবণটি অন্নীয় হবে। (উ:)

**সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৮৬ :** (ক) 1 M NaOH, (খ) 0.1 M NaOH, (গ) 0.02 M NaOH, (ঘ) 0.001 M NaOH দ্রবণের pH হিসাব কর।

সমাধান : যেহেতু NaOH একটি তীব্র ক্ষার, উপরিউক্ত লভ দ্রবণসমূহে NaOH সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত থাকবে। সূতরাং এর ঘনমাত্রা দ্রবণে OH<sup>-</sup> আয়নের ঘনমাত্রার সমান।  $\text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$

(ক) 1 M NaOH এর ক্ষেত্রে  $[\text{OH}^-] = 1 \text{ mol OH}^- \text{ ion L}^{-1}$ ;  $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log 1 = 0$

$$\text{সূতরাং pH} = 14 - \text{pOH} = (14 - 0) = 14 \text{ (উ:)}$$

(খ) 0.1 M NaOH এর বেলায়  $[\text{OH}^-] = 0.1 \text{ mol OH}^- \text{ ion L}^{-1}$ ;

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log 0.1 = 1; \text{pH} = 14 - \text{pOH} = (14 - 1) = 13 \text{ (উ:)}$$

(গ) 0.02 M NaOH দ্রবণের বেলায়  $[\text{OH}^-] = 0.02 \text{ mol OH}^- \text{ ion L}^{-1}$ ;

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 0.02 = 1.7; \therefore \text{pH} = (14 - \text{pOH}) = (14 - 1.7) = 12.3 \text{ (উ:)}$$

(ঘ) 0.001 M NaOH এর বেলায়  $[\text{OH}^-] = 10^{-3} \text{ mol OH}^- \text{ ion L}^{-1}$ ;

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 10^{-3} = 3; \text{pH} = 14 - \text{pOH} = (14 - 3) = 11 \text{ (উ:)}$$

**সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৮৭ :** 2.5% NaOH দ্রবণের pH নির্ণয় কর।

সমাধান : 2.5% NaOH দ্রবণে NaOH সম্পূর্ণরূপে আয়নিত থাকে।

2.5% NaOH দ্রবণের 100 mL দ্রবণে 2.5 g NaOH দ্রবীভূত থাকে।

$$\therefore 1000 \text{ mL ঐ দ্রবণে } (2.5 \times 10) \text{ g} = 25 \text{ g NaOH দ্রবীভূত থাকবে।}$$

$$\text{NaOH এর গ্রাম-আণবিক ভর} = 40 \text{ g. } \therefore 25 \text{ g NaOH} = \frac{25}{40} \text{ mol NaOH.}$$

$$\therefore 1000 \text{ mL NaOH দ্রবণে } (25/40) \text{ mol আছে} = 0.625 \text{ mol NaOH আছে।}$$

$$\therefore 0.625 \text{ M NaOH এর ক্ষেত্রে } [\text{OH}^-] = 0.625 \text{ mol L}^{-1}$$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 0.625 = 0.204 \text{ (প্রায়)}$$

$$\therefore \text{pH} = 14 - \text{pOH} = (14 - 0.204) = 13.796 \text{ (উ:)}$$

**MCQ-4.24 :**  $\text{Al}_2\text{O}_3$  এর অন্তর্ভুক্ত কত?

[ষ. বো. ২০১৫]

(ক) 2 (খ) 3 (গ) 5 (ঘ) 6

**সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৮৮ :** একটি দ্রবণের হাইড্রোকাইড আয়ন ( $\text{OH}^-$ ) এর ঘনমাত্রা  $8.2 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$  হলে উক্ত দ্রবণের pH এর মান কত?

সমাধান : প্রশ্নমতে,  $[\text{OH}^-] = 8.2 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$

$$\therefore \text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log (8.2 \times 10^{-4})$$

$$= -[\log 8.2 - 4 \log 10] = (-0.9138 + 4) = 3.09$$

$$\therefore \text{ঐ ক্ষার দ্রবণের pH} = (14 - \text{pOH}) = (14 - 3.09) = 10.91 \text{ (উ:)}$$

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৪৯ :**  $\text{NH}_3$  এর অনুবন্ধী অম (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) এর  $K_a = 5.8 \times 10^{-10}$  হলে  $\text{NH}_3$  এর  $K_b$  এর মান কত?

সমাধান : অনুবন্ধী বা কনজুগেট অম-ক্ষারক সম্পর্ক হলো,  $K_a \times K_b = 10^{-14}$

$$\text{প্রশ্নমতে, } K_a = 5.8 \times 10^{-10}; \therefore K_b = \frac{10^{-14}}{5.8 \times 10^{-10}} = 1.72 \times 10^{-5} \text{ (উ:)}$$

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৫০ :** 25°C তাপমাত্রায় জৈব ক্ষারক ডাইমিথাইল অ্যামিনের  $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$  জলীয় দ্রবণের pH এর মান 7.64 হলে ঐ ক্ষারকের বিয়োজন ধূর্বক  $K_b$  এর মান কত হবে?

সমাধান : ক্ষারকটির বিয়োজন সমীকরণ নিম্নরূপ :



$$\therefore K_b = \frac{[(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2^+] \times [\text{OH}^-]}{[(\text{CH}_3)_2\text{NH}]} = \frac{[\text{OH}^-]^2}{1.0 \times 10^{-2}}; \quad [(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2^+] = [\text{OH}^-]$$

$$\text{প্রশ্নমতে, } \text{pH} = 7.64; \quad \therefore \text{pOH} = (14.0 - 7.64) = 6.36$$

$$\therefore [\text{OH}^-] = \text{anti log} (-6.36) = 4.37 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$$

$$\therefore K_b = (4.37 \times 10^{-7})^2 / (1.0 \times 10^{-2}) = 1.91 \times 10^{-11} \text{ (উ:)}$$

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৫১ :** 25°C তাপমাত্রায় একটি দ্রবণের pH 5.50 হলে ঐ দ্রবণে OH- আয়নের ঘনমাত্রা কত?

সমাধান : আমরা জানি, কোনো দ্রবণের  $\text{pH} + \text{pOH} = 14.00$

$$\therefore \text{pOH} = 14.00 - \text{pH}$$

$$\text{বা, } \text{pOH} = (14.00 - 5.50) = 8.50 \quad \text{pH} = 5.50$$

$$\text{বা, } -\log [\text{OH}^-] = 8.50 \quad \text{বা, } \log [\text{OH}^-] = -8.50 \quad [\text{OH}^-] = ?$$

$$\text{বা, } [\text{OH}^-] = \text{antilog} (-8.50) = 3.16 \times 10^{-9} \text{ M}$$

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৫২ :** একটি ফলের রসে H<sup>+</sup> আয়নের ঘনমাত্রা  $3.3 \times 10^{-2} \text{ M}$  হলে ঐ ফলের রসের pH কত? ঐ ফলের রসটি অঙ্গীয় না ক্ষারীয় প্রকৃতির হবে?

সমাধান : আমরা জানি, pH = -log [H<sup>+</sup>] দেয়া আছে,

$$\therefore \text{pH} = -\log (3.3 \times 10^{-2}) = 1.48 \quad [\text{H}^+] = 3.3 \times 10^{-2} \text{ M}$$

∴ ফলের রসের pH = 1.48, যেহেতু এর pH এর মান 7 থেকে কম; তাই ফলের রসটি অঙ্গীয় প্রকৃতির হবে।

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৫৩ :** pH = 3 এবং pH = 6 মাত্রার দুটি দ্রবণ দেয়া আছে। কোনটি বেশি অঙ্গীয় এবং কতগুলি বেশি অঙ্গীয় তা ব্যাখ্যা কর।

সমাধান : আমরা জানি,

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \quad \therefore [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \text{ M}$$

$$\text{যখন pH} = 3, \text{ তখন } [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3} \text{ M}$$

$$\text{যখন pH} = 6, \text{ তখন } [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-6} \text{ M}$$

সুতরাং pH = 3 এবং pH = 6 মাত্রার দ্রবণ দুটির মধ্যে প্রথম দ্রবণ H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> আয়নের ঘনমাত্রা দ্বিগুণের চেয়ে অনেক বেশি।

কাজেই pH = 3 মাত্রার দ্রবণটি বেশি অঙ্গীয় হবে।

**MCQ-4.25 :** H<sub>3</sub>PO<sub>2</sub> এর ক্ষারকত্ব কত? [দি. বো. ২০১৭]  
(ক) 1 (খ) 2 (গ) 3 (ঘ) 4

গণনা করে দেখা যায়,  $pH = 3$  মানবিশিষ্ট দ্রবণে  $H_3O^+$  আয়নের ঘনমাত্রা,  $pH = 6$  মানবিশিষ্ট দ্রবণে  $H_3O^+$  আয়নের ঘনমাত্রা অপেক্ষা  $\frac{10^{-3}}{10^{-6}} = 10^3$  গুণ বেশি। সূতরাং, প্রথম দ্রবণটির অন্তরে শক্তিমাত্রা দ্বিতীয় দ্রবণ অপেক্ষা 1000 গুণ বেশি।

শিক্ষার্থী নিজে কর-৪.১৩ : দ্রবণের pH,  $K_a$  ও  $K_b$  ভিত্তিক সমস্যা :

সমস্যা-৪.৮৭ : (ক) সমুদ্রের পানির  $OH^-$  ঘনমাত্রা  $1.58 \times 10^{-6}$  হলে এর pH কত? [উ: 8.20]

(খ) এসিড বৃষ্টির পানিতে  $H_3O^+$  ঘনমাত্রা  $6.0 \times 10^{-5}$  হলে এর pH কত? [উ: 4.22]

(গ) 0.05 M  $H_2SO_4$  দ্রবণের pH কত? [উ: 1]

(ঘ) 0.01 M HCl দ্রবণের pH কত হবে? [উ: 2]

(ঙ)  $25^\circ C$ -এ 0.1 M  $CH_3COOH$  এর pH কত? এটির  $K_a = 1.76 \times 10^{-5}$ , [উ: 2.88]

দ্রষ্টব্য : এক্ষেত্রে  $[H^+] = [CH_3COO^-] \therefore [H^+] \times [CH_3COO^-] = [H^+]^2$  হয়।

(চ) 0.2 M NaOH দ্রবণের pH কত? [উ: 13.3]

(ছ) 2.5% NaOH দ্রবণের pH কত? [উ: 13.79]

(জ) অ্যাসিটিক এসিডের বিয়োজন পরিমাণ 12.5% হলে 0.01M  $CH_3COOH$  দ্রবণের pH কত? [উ: 0.903]

দ্রষ্টব্য : 12.5% বিয়োজিত 0.01 M এসিড দ্রবণে  $[H^+] = 0.01 \times 12.5 M$ ।

সমস্যা-৪.৮৮ : (ক) মানুষের রক্তে pH 7.40 হলে এতে  $H_3O^+$  ও  $OH^-$  ঘনমাত্রা কত?

[উ:  $[H_3O^+] = 4.0 \times 10^{-8} M$ ;  $[OH^-] = 2.5 \times 10^{-7} M$ ]

(খ) কোকা-কোলা পানীয়ে pH 2.8 হলে এতে  $H_3O^+$  ও  $OH^-$  ঘনমাত্রা কত হবে?

[উ:  $[H_3O^+] = 1.58 \times 10^{-3} M$ ;  $[OH^-] = 6.3 \times 10^{-12} M$ ]

(গ) কমলা লেবুর রসে pH 3.80 হলে ঐ রসে  $H^+$  ও  $OH^-$  এর ঘনমাত্রা কত?

[উ:  $1.58 \times 10^{-4} M$ ;  $6.31 \times 10^{-11} M$ ]

সমস্যা-৪.৮৯ : চারুশিল্প প্রকল্পের মেরামত কাজের অধিকর্তা কপার প্লেটে নক্সার কাজে ব্যবহারের জন্য গাঢ়  $HNO_3$  কে লঘুকরণে (ক) 2.0 M ও (খ) 0.30 M এসিড দ্রবণ তৈরি করল। ঐ দ্রবণে  $[H_3O^+]$ , pH,  $[OH^-]$  ও pOH গণনা কর। [উ: (ক)  $[H_3O^+] = 2.0 M$ , pH = -0.30,  $[OH^-] = 5.0 \times 10^{-15} M$ , pOH = 14.30;

(খ)  $[H_3O^+] = 0.30 M$ , pH = 0.52,  $[OH^-] = 3.3 \times 10^{-14} M$ , pOH = 13.48]

(গ) কোনো সফট ড্রিংকের pH = 4.80 হলে এতে  $H_3O^+$  আয়ন ও  $OH^-$  আয়নের মোলার ঘনমাত্রা কত?

[উ:  $[H_3O^+] = 1.5848 \times 10^{-5} M$ ;  $[OH^-] = 6.309 \times 10^{-10} M$ ]

(ঘ) একটি নমুনা HCl দ্রবণের pH 3 হলে ঐ দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা কত হবে? [উ:  $1.0 \times 10^{-3} M$ ]

(ঙ) একটি নমুনা NaOH দ্রবণের pH 11 হলে ঐ দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রা কত হবে? [উ:  $1.0 \times 10^{-3} M$ ]

(চ)  $10.8 \times 10^{-2} M$  HCl দ্রবণের pH কত হবে? [উ: 0.97]

(ছ)  $2.5 \times 10^{-2} M$   $H_2SO_4$  দ্রবণের pH কত হবে? [উ: 1.30]

(জ) কোনো নমুনা এসিডের জলীয় দ্রবণের pH 3.60 হলে ঐ দ্রবণের প্রতি লিটারে  $H_3O^+$  আয়নের মোলার ঘনমাত্রা ও আয়নের সংখ্যা কত হবে? [উ:  $[H_3O^+] = 2.512 \times 10^{-4} M$ ;  $H_3O^+$  আয়নের সংখ্যা =  $15.127 \times 10^{19}$  টি]

(ঘ) কোনো নমুনা এসিড দ্রবণের pH 5.65 হলে ঐ দ্রবণের প্রতি লিটারে  $OH^-$  আয়নের মোলার ঘনমাত্রা ও  $OH^-$  আয়নের সংখ্যা কত হবে? [উ:  $[OH^-] = 4.47 \times 10^{-9} M$ ;  $OH^-$  আয়নের সংখ্যা =  $2.692 \times 10^{15}$  টি]

- (এ)  $25^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায়  $0.5\text{ M}$  মিথাইল অ্যামিন ( $\text{CH}_3\text{NH}_2$ ) দ্রবণের pH কত হবে?  $[K_b = 4.8 \times 10^{-4}]$   
[উ:  $12.04$  ]
- (ট)  $0.25\text{ M}$  ঘনমাত্রার  $\text{CH}_3\text{COOH}$  দ্রবণের  $\text{pH} = 2.68$  হলে ঐ এসিডের বিয়োজন প্রক্রিয়াকের মান কত হবে?  
[উ:  $1.746 \times 10^{-5}$  ]
- (ঠ)  $0.25\text{ M}$  ঘনমাত্রার  $\text{HCN}$  দ্রবণের  $\text{pH} = 5$  হলে ঐ এসিডের বিয়োজন প্রক্রিয়াকের মান কত হবে?  
[উ:  $4.0 \times 10^{-10}$  ]
- (ড)  $25^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় কোনো নমুনা  $\text{NH}_4\text{OH}$  দ্রবণের ঘনমাত্রা হলো  $0.25\text{ M}$ । ঐ  $\text{NH}_4\text{OH}$  এর বিয়োজন প্রক্রিয়াকের মান  $1.76 \times 10^{-5}$  হলে ঐ দ্রবণের pH মান কত হবে?  
[উ:  $11.32$  ]

জেনে নাও : কোনো দ্রবণের pH এর মান ০ থেকে কম অথবা ১৪ থেকে বেশি হতে পারে কি?

হ্যাঁ, কোনো দ্রবণের pH এর মান ০ থেকে কম এবং ১৪ থেকে বেশি হতে পারে। কারণ pH ক্লে প্রতিষ্ঠাকালে  $1\text{M HCl}$  দ্রবণের  $\text{pH} = 0$  এবং  $1\text{M NaOH}$  দ্রবণের  $\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 0 = 14$  ধরে pH ক্লে স্থির করা হয়েছে। তাই  $1\text{M HCl}$  এর বেশি ঘনমাত্রার যেমন  $2\text{M HCl}$  দ্রবণের বেলায়,  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 2 \text{ mol H}_3\text{O}^+$  হয়;  $\text{pH} = -\log 2 = -0.30$  হয়। অনুরূপভাবে  $2\text{M NaOH}$  এর বেলায়,  $\text{pH} = [14 - \text{pOH}] = [14 - (-0.3)] = 14.3$  হবে। তবে pH ক্লে প্রতিষ্ঠার ধারণা ছিল  $1\text{M}$  দ্রবণের চেয়ে অতি লঘু দ্রবণ যেমন  $0.01\text{M}$  ইত্যাদি দ্রবণের ঘনমাত্রাকে সংক্ষেপে প্রকাশ করা। তাই pH পদটি বিশেষত অতি লঘু দ্রবণের ঘনমাত্রা প্রকাশে ব্যবহৃত হয়।

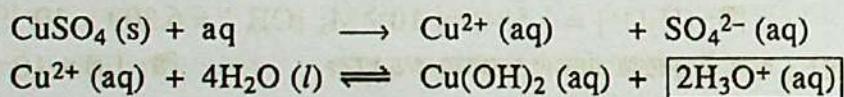
### ৪.১২.১ লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ

#### Salt Hydrolysis

অধিকাংশ লবণ যেমন  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$  পানিতে দ্রবীভূত হয়ে নিরপেক্ষ দ্রবণ তৈরি করে। আবার অনেক লবণের জলীয় দ্রবণ অস্ফীয় অথবা ক্ষারীয় হয়। অসমশক্তির অস্ফ ও ক্ষারক থেকে উৎপন্ন লবণের ক্যাটায়ন বা অ্যানায়ন পানির সাথে ক্রিয়া করে যথাক্রমে অস্ফধর্মী বা ক্ষারধর্মী জলীয় দ্রবণ তৈরি করে থাকে। এরূপ বিক্রিয়াকে লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ বলা হয়। নিম্নোক্ত দু'প্রকারে আর্দ্র বিশ্লেষণ ঘটে।

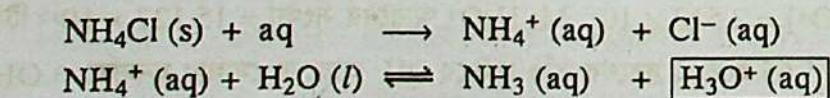
(ক) যেসব লবণ দুর্বল ক্ষারক ও সবল অস্ফ থেকে উৎপন্ন, তারা দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়ে অস্ফীয় দ্রবণ তৈরি করে। যেমন,

উদাহরণ-১। কপার সালফেট ( $\text{CuSO}_4$ ) হলো দুর্বল ক্ষারক  $\text{Cu(OH)}_2$  ও সবল অস্ফ  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর লবণ। এটি পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় প্রথমে  $\text{Cu}^{2+}$  আয়ন ও  $\text{SO}_4^{2-}$  আয়নে বিভক্ত হয়। পরে দ্রবণে  $\text{Cu}^{2+}$  আয়ন পানির সাথে নিম্ন সমীকরণ মতে বিক্রিয়া করে দ্রবণে হাইড্রোনিয়াম আয়ন ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) বৃদ্ধি করে।



ফলে দ্রবণে  $\text{H}_3\text{O}^+$  আয়নের সংখ্যা বাড়ার কারণে দ্রবণে pH এর মান ৭ এর চেয়ে কম হয়; অর্থাৎ  $\text{CuSO}_4$  এর দ্রবণটি অস্ফীয় হয়। এ ধরনের বিক্রিয়াকে ক্যাটায়নিক আর্দ্রবিশ্লেষণ বলা হয়।

উদাহরণ-২। অনুরূপভাবে,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  হলো দুর্বল ক্ষারক  $\text{NH}_4\text{OH}$  ও সবল অস্ফ  $\text{HCl}$  এর লবণ। এটি পানিতে প্রথমে আয়নে বিভক্ত হয়। পরে দ্রবণে  $\text{NH}_4^+$  আয়নের আর্দ্রবিশ্লেষণ নিম্নরূপে ঘটে এবং দ্রবণটি অস্ফীয় হয়।

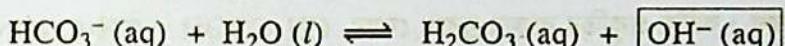
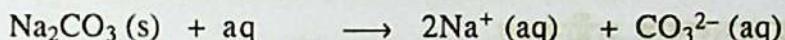


ফলে দ্রবণে  $H_3O^+$  আয়নের সংখ্যা বাড়ির কারণে pH এর মান 7 এর চেয়ে কম হয়; অর্থাৎ  $NH_4Cl$  এর জলীয় দ্রবণ অন্নীয় হয়। এ ধরনের বিক্রিয়াকে ক্যাটায়নের আর্দ্র-বিশ্লেষণ বলা হয়।

অনুরূপভাবে  $NH_4NO_3$ ,  $AgNO_3$ ,  $ZnCl_2$  ইত্যাদি লবণ আর্দ্র-বিশ্লেষণ দ্বারা অন্নীয় দ্রবণ তৈরি করে।

(খ) যেসব লবণ সবল ক্ষারক ও দুর্বল অম্ল থেকে উৎপন্ন, তারা দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে ক্ষারীয় দ্রবণ তৈরি করে। যেমন,

উদাহরণ-৩। সোডিয়াম কার্বনেট ( $Na_2CO_3$ ) হলো সবল ক্ষারক  $NaOH$  ও দুর্বল অম্ল কার্বনিক এসিড ( $H_2CO_3$ ) এর লবণ। এটি পানিতে প্রথমে দ্রবীভূত হয়ে  $Na^+$  আয়ন ও  $CO_3^{2-}$  আয়নে বিভক্ত হয়। পরে দ্রবণে কার্বনেট ( $CO_3^{2-}$ ) আয়ন পানির সাথে নিম্ন সমীকরণ মতে বিক্রিয়া করে দ্রবণে  $OH^-$  আয়নের পরিমাণ বৃদ্ধি করে।



ফলে দ্রবণে  $OH^-$  আয়নের সংখ্যা বাড়ির কারণে দ্রবণের pH এর মান 7 এর চেয়ে বেড়ে যায়; অর্থাৎ  $Na_2CO_3$  এর দ্রবণটি ক্ষারীয় হয়। এ ধরনের বিক্রিয়াকে অ্যানায়নিক আর্দ্রবিশ্লেষণ বলা হয়। অনুরূপভাবে,  $Na_2S$ ,  $Na_3PO_4$ ,  $K_2CO_3$ ,  $KCN$ ,  $CH_3COONa$  ইত্যাদি লবণ আর্দ্র বিশ্লেষণ দ্বারা ক্ষারীয় দ্রবণ তৈরি করে।

### ৪.১৩ বাফার দ্রবণ

#### Buffer Solutions

MCQ-4.26 : 0.05 M  $H_2SO_4$  এর pH কত?

- (ক) 0.5 (খ) 1.0 (গ) 1.5 (ঘ) 2.0

অনুচ্ছেদ-৪.১২ থেকে আমরা জেনেছি যে, নিরপেক্ষ পানিতে 2/1 ফোটা সবল এসিড বা ক্ষার দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণের pH এর যথেষ্ট পরিবর্তন ঘটে। কিন্তু অনেক রাসায়নিক শিল্প ও জীববিদ্যা সম্পর্কীয় রাসায়নিক প্রক্রিয়া আছে যেখানে pH হিঁরে রাখা আবশ্যিক। যেমন মানুষের রক্তের pH হলো 7.4। অধিক অম্লজাতীয় খাদ্য গ্রহণ বা ওষুধ গ্রহণের কারণে রক্তের pH মান স্বাভাবিক মান থেকে 0.5 এর বেশি পরিবর্তিত হলে জীবন সংকটাপন হয়। তাই সব ওষুধ ও ইন্জেকশন প্রস্তুতিতে pH এর গুরুত্ব অধিক। তাই এসব ক্ষেত্রে এমন বিশেষ দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় যার মধ্যে অন্ন পরিমাণে সবল এসিড বা ক্ষার দ্রবণ যোগ করলে মিশ্রণের pH এর তেমন পরিবর্তন ঘটে না। এরূপ বিশেষ প্রকারের দ্রবণকে ‘বাফার দ্রবণ’ বলা হয়।

বাফার দ্রবণের সংজ্ঞা নিম্নরূপ :

যে দ্রবণে সামান্য পরিমাণ সবল এসিড বা ক্ষার দ্রবণ যোগ করার পরও দ্রবণের pH এর মান বিশেষ পরিবর্তন হয় না, প্রায় স্থির থাকে; তাকে বাফার দ্রবণ বলে। বাফার দ্রবণের নিজস্ব pH স্থির রাখার ক্ষমতা থাকে। বাফার (buffer) শব্দের অর্থ প্রতিরোধ বা resist করা। MAT: 15-16

এক্ষেত্রে দ্রবণের pH বলতে  $[H_3O^+]$  এর পরিবর্তনকে প্রতিরোধ করা বোঝায়। বাফার দ্রবণ হলো মূলত একটি দুর্বল এসিড ও এর অনুবন্ধী ক্ষারকের দ্রবণের মিশ্রণ, একে অন্নীয় বাফার দ্রবণ বলে। আবার দুর্বল ক্ষারক দ্রবণ ও এর অনুবন্ধী এসিডের মিশ্র-দ্রবণকে ক্ষারীয় বাফার দ্রবণ বলা হয়। অর্থাৎ বাফার দ্রবণ দু'শ্ৰেণিতে বিভক্ত; অন্নীয় বাফার দ্রবণ ও ক্ষারীয় বাফার দ্রবণ।

অন্নীয় বাফার দ্রবণ : [দুর্বল এসিড + অনুবন্ধী ক্ষারক]; উদাহরণ : (i)  $CH_3CO_2H + CH_3CO_2^-$  আয়ন,

(ii)  $H_2PO_4^- + HPO_4^{2-}$  আয়ন,

ক্ষারীয় বাফার দ্রবণ : [দুর্বল ক্ষারক + অনুবন্ধী এসিড]; উদাহরণ : (i)  $Na_2CO_3 + HCO_3^-$  আয়ন,

(ii)  $NH_4OH + NH_4^+$  আয়ন,

**বাফার দ্রবণ প্রস্তুতি :**

(ক) অল্পীয় বাফার দ্রবণগুলো সাধারণত মৃদু এসিড ও ঐ এসিডের সাথে তীব্র ক্ষার সহযোগে সৃষ্টি লবণ হতে প্রস্তুত করা হয়; যথা :  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ও  $\text{CH}_3\text{COONa}$  দ্রবণের মিশ্রণ।

(খ) ক্ষারীয় বাফার দ্রবণগুলো মৃদু ক্ষারক ও ঐ ক্ষারকের সাথে তীব্র এসিড সহযোগে সৃষ্টি লবণ হতে প্রস্তুত করা হয়; যথা :  $\text{NH}_4\text{OH}$  ও  $\text{NH}_4\text{Cl}$  দ্রবণের মিশ্রণ।

হেন্ডারসন হ্যাসেলবাথ (Henderson Hasselbalch) সমীকরণ প্রয়োগ করে বিভিন্ন pH এর বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়।

**বাফার দ্রবণ প্রস্তুতিতে হেন্ডারসন হ্যাসেলবাথ সমীকরণ****Henderson Hasselbach equation for Preparation of Buffer Solutions**

(ক) অল্পীয় দ্রবণের pH গণনার সমীকরণ : অল্পীয় প্রকৃতির বাফার দ্রবণে যেমন,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ও  $\text{CH}_3\text{COONa}$  এর মিশ্রণে মৃদু অম্ল যেমন,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  থাকে। মৃদু অম্লটি নিম্নরূপে আয়নিত হয়।



$$\text{এক্ষেত্রে সাম্যক্রিয়ক, } K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} ; \text{ বা, } [\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \times \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

এক্ষেত্রে  $\text{CH}_3\text{COOH}$  হলো মৃদু অম্ল। তাই এটি জলীয় দ্রবণে কম আয়নিত হয়। আবার তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য  $\text{CH}_3\text{COONa}$  এর উপস্থিতিতে এর বিয়োজন আরও হ্রাস পায়। তাই অবিয়োজিত  $[\text{CH}_3\text{COOH}]$  এর মান  $\text{CH}_3\text{COOH}$  এর প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার প্রায় কাছাকাছি থাকে। অপরদিকে  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$  এর মান এর লবণের অর্থাৎ  $\text{CH}_3\text{COONa}$  এর প্রারম্ভিক ঘনমাত্রার সমান হবে। সুতরাং পূর্বের সমীকরণটিকে নিম্নরূপে লেখা যায় :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \times \frac{\text{অম্ল}}{\text{লবণ}} ; \text{ বা, } \log[\text{H}_3\text{O}^+] = \log K_a + \log \frac{\text{অম্ল}}{\text{লবণ}} ;$$

$$\text{বা, } -\text{pH} = -\text{p}K_a - \log \frac{\text{লবণ}}{\text{অম্ল}} ; \quad \therefore \log \frac{A}{B} = -\log \frac{B}{A}$$

$$\text{বা, } \text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{\text{লবণ}}{\text{অম্ল}} ;$$

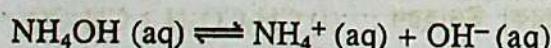
**MCQ-4.27 :** কোনো দ্রবণের  $[\text{OH}^-]$

$= 3.4 \times 10^{-1}$  হলে এর pH কত?

(ক) 9.53 (খ) 7.53 (গ) 8.93 (ঘ) 13.53

এই সমীকরণটিকে হেন্ডারসন হ্যাসেলবাথ সমীকরণ বলে। এ সমীকরণের সাহায্যে যে কোনো অল্পীয় বাফার দ্রবণের pH গণনা করা যায়।

(খ) ক্ষারীয় বাফার দ্রবণের pH গণনার সমীকরণ : ক্ষারীয় প্রকৃতির বাফার দ্রবণ যেমন দুর্বল ক্ষার  $\text{NH}_4\text{OH}$  ও দুর্বল ক্ষারটির সাথে সবল এসিড  $\text{HCl}$  এর লবণ  $\text{NH}_4\text{Cl}$  এর মিশ্র দ্রবণে দুর্বল ক্ষার  $\text{NH}_4\text{OH}$  আংশিকভাবে নিম্নরূপে আয়নিত হয় :



$$\text{এক্ষেত্রে সাম্যক্রিয়ক, } K_b = \frac{[\text{NH}_4^+] \times [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4\text{OH}]} ; [\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{NH}_4^+]}$$

$$\text{এখন উভয় দিকে, log নিয়ে পাই, } \log[\text{OH}^-] = \log K_b + \log \frac{[\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{NH}_4^+]}$$

$$\text{এবার } -1 \text{ দিয়ে গুণ করে পাই, -log[\text{OH}^-] = -\log K_b - \log \frac{[\text{NH}_4\text{OH}]}{[\text{NH}_4^+]}$$

$$\text{বা, } p\text{OH} = pK_b + \log \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_4\text{OH}]} ; \text{ বা, } (14 - p\text{H}) = pK_b + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{ক্ষার}]}$$

$\therefore p\text{H} = 14 - pK_b - \log \frac{[\text{ক্ষার}]}{[\text{লবণ}]} ;$  এ সমীকরণের সাহায্যে ক্ষারীয় বাফার দ্রবণের pH গণনা করা যায়।

হেভারসন সমীকরণের প্রয়োগ :

- (১) অজানা pH এর বাফার দ্রবণের pH গণনা করা যায়।
- (২) নির্দিষ্ট pH এর অল্লীয় বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করতে সংশ্লিষ্ট মূল অম্ল ও এর লবণের দ্রবণ কত মোলার অনুপাতে বা  $[\text{লবণ}]/[\text{অম্ল}]$  এবং ক্ষারীয় বাফার দ্রবণের বেলায়  $[\text{লবণ}/\text{ক্ষার}]$  এর কত অনুপাতে মিশ্রিত করা দরকার তা গণনা করা যায়।
- \* (৩) হেভারসন সমীকরণ থেকে জানা যায় যে, অল্লীয় বাফারের pH সংশ্লিষ্ট দুর্বল এসিডটির  $pK_a$  মানের কাছাকাছি হতে হয়; কেবল অতিরিক্ত মান  $\log [\text{লবণ}]/[\text{অম্ল}]$  এ থেকে আসে। যখন,  
 $[\text{লবণ}]/[\text{অম্ল}] = 1$  হয়; তখন  $\log [\text{লবণ}]/[\text{অম্ল}] = 0$  হয় এবং  $p\text{H} = pK_a$  হয়। সে বাফার দ্রবণের বাফার ক্ষমতা সর্বাধিক (highest buffer capacity) হয়।
- \* (৪) সাধারণত ঈলিত বাফারের pH এর কাছাকাছি  $pK_a$  বিশিষ্ট দুর্বল এসিডটি বেছে নেয়া হয়। এরপর হেভারসন সমীকরণ মতে  $[\text{লবণ}]/[\text{অম্ল}]$  অনুপাত ঠিক করা হয়। যেমন,

  - (i) pH 7 এর কাছাকাছি বাফার তৈরি করতে হলে  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ও  $\text{HPO}_4^{2-}$  এর অনুবন্ধী অম্ল-ক্ষারক যুগল নেয়া হয়। কারণ  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  এসিডের  $pK_a$  এর মান হলো  $pK_a = -\log (6.2 \times 10^{-8}) = 7.21$
  - (ii) একইভাবে pH 9 এর ক্ষারীয় বাফার দ্রবণ তৈরির জন্য  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ও  $\text{NH}_3$  এর অনুবন্ধী অম্ল-ক্ষারক যুগল নেয়া হয়। এক্ষেত্রেও অল্লীয় বাফারের হেভারসন সমীকরণ ব্যবহার করা যায়। কারণ  $\text{NH}_4^+$  আয়নের  $pK_a$  এর মান 9.25 হয়।  $pK_a = \log (5.6 \times 10^{-10}) = 9.25$ । মোদ্দা কথায়, বাফারের দুর্বল এসিডটির  $pK_a$  এর মান বাফারের ঈলিত pH থেকে  $\pm 1 \text{ pH}$  ব্যবধানের মধ্যে থাকবে।

- (৫) যেহেতু বিভিন্ন বাফার দ্রবণ ল্যাবরেটরিতে ও মেডিসিন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়, তাই প্যাকেটেজাত বিভিন্ন বাফার মিশ্রণ গুঁড়া ও দ্রবণ বাণিজ্যিকভাবে সহজলভ্য। এসব ক্ষেত্রে বাফার সিস্টেমে সঠিক  $pK_a$  ও  $[\text{লবণ}]/[\text{অম্ল}]$  এর অনুপাত সঠিকভাবে অনুসরণ করা হয়।

\* নির্দিষ্ট pH এর বাফার দ্রবণের সঠিক অম্ল-ক্ষার যুগল নির্বাচন :

ঈলিত pH মানের কোনো বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করতে সঠিক নির্বাচিত অম্লটি হবে সেটি যার  $pK_a$  এর মান ঈলিত pH মানের চেয়ে  $\pm 1 \text{ pH}$  এর ব্যবধানের মধ্যে থাকবে। নিচে একাপ পাঁচটি বাফার দ্রবণের কার্যকর ‘অম্ল-ক্ষার’ যুগল এদের pH রেঞ্জ বা সীমা উপযুক্ত এসিডের  $K_a$  ও  $pK_a$  মান দেয়া হলো। সম্পর্কটি বোঝে নাও।

বাফার দ্রবণের অম্ল-ক্ষার যুগল	pH রেঞ্জ	এসিডের $K_a$	এসিডের $pK_a$
১। $\text{H}-\text{COOH}$ ও $\text{H}-\text{COONa}$ বাফার :	3.7—5.2	$\text{HCOOH}$ এর $K_a = 1.8 \times 10^{-4}$	$pK_a = 3.75$
২। $\text{CH}_3\text{COOH}$ ও $\text{CH}_3\text{COONa}$ বাফার :	3.7—5.6	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ এর $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$	$pK_a = 4.75$
৩। $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ও $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ বাফার :	5.8—8.0	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ এর $K_a = 6.2 \times 10^{-8}$	$pK_a = 7.21$
৪। $\text{NH}_4\text{Cl}$ ও $\text{NH}_3$ (বা, $\text{NH}_4\text{OH}$ ) বাফার :	8.5—10.0	$\text{NH}_4^+$ এর $K_a = 5.6 \times 10^{-10}$	$pK_a = 9.25$

**বাফার ক্ষমতা (buffer capacity or buffer index) :** এক লিটার বাফার দ্রবণের pH এর মান এক একক (1 unit) পরিবর্তন করতে যতো মোল সংখ্যার সবল এসিড বা ক্ষার মিশ্রিত বা যোগ করতে হয়, তাকে ঐ বাফার দ্রবণের বাফার ক্ষমতা বলে।

$$\therefore \text{বাফার ক্ষমতা} = \frac{\text{প্রতি লিটার বাফার দ্রবণে মিশ্রিত এসিড বা ক্ষারের মোল সংখ্যা}}{\text{pH মানের পরিবর্তন}}$$

যেহেতু  $pH = pK_a + \log [\text{লবণ}]/[\text{অল্প}]$ ; তাই (i) [লবণ]/[অল্প] এর অনুপাত 1 হলে ঐ বাফার দ্রবণের ক্ষমতা সবচেয়ে বেশি হয়। (ii) তখন অঙ্গীয় বাফারের বেলায়  $pH = pK_a$  এবং ক্ষারীয় বাফারের বেলায়  $pOH = pK_b$  হয়। (iii) বাফার দ্রবণের উভয় উপাদানের মোলার ঘনমাত্রা যত বেশি হবে ঐ বাফার দ্রবণের বাফার ক্ষমতা তত বেশি হবে। তখন যোগ করা HCl এসিড বা NaOH দ্রবণকে ঐ বাফার দ্রবণ সহজেই শোষণ করতে পারবে।

### ৪.১৩.১ বাফার দ্রবণের ক্রিয়া কৌশল

#### Mechanism of Buffer Action

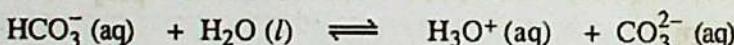
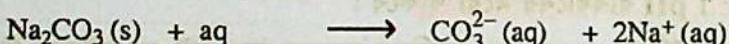
**বাফার ক্রিয়া (buffer action) :** যে রাসায়নিক ক্রিয়া কৌশলের মাধ্যমে কোনো বাফার দ্রবণ স্বল্প মাত্রায় এসিড বা ক্ষারক দ্রবণ মিশ্রিত করার পরও এর pH পরিবর্তন প্রতিরোধ করে তাকে বাফার ক্রিয়া বলে।

কোনো একটি বাফার দ্রবণের অত্যাবশ্যক বৈশিষ্ট্য হলো :

- \* (১) দ্রবণটিতে এসিড (HA) ও এর অনুবন্ধী ক্ষারক ( $A^-$ ) উভয় উপাদানের উচ্চ ঘনমাত্রা থাকতে হয়।
- \* (২) বাফার দ্রবণের উপাদান দুটির ঘনমাত্রার চেয়ে কম পরিমাণে  $H_3O^+$  অথবা  $OH^-$ -আয়ন যোগ করলে ঐ সব আয়ন বাফার দ্রবণের একটি উপাদানকে অপর উপাদানে পরিণত করে।
- \* (৩) ফলে উভয় বাফার উপাদানের একটির ঘনমাত্রা কিছুটা কমে ও অপরটি কিছুটা বাঢ়ে। এরপে যোগ করা  $H_3O^+$  অথবা  $OH^-$ -আয়ন বাফার উপাদান দ্বারা শোষিত হয় বলে দ্রবণের pH প্রায় অপরিবর্তিত থাকে। [চিত্র-৪.২৫ দৃষ্টব্য]

**বাফার ক্রিয়ার কৌশল :** বাফার দ্রবণের ক্রিয়া-কৌশল ব্যাখ্যা করার জন্য সোডিয়াম বাইকার্বনেট ( $NaHCO_3$ ) ও সোডিয়াম কার্বনেট ( $Na_2CO_3$ ) দ্বারা প্রস্তুত ক্ষারীয় প্রকৃতির বাফার দ্রবণটি নেয়া হলো। এতে দুর্বল ক্ষারক হলো কার্বনেট ( $CO_3^{2-}$ ) আয়ন এবং এর অনুবন্ধী এসিডটি হলো বাইকার্বনেট ( $HCO_3^-$ ) আয়ন।

এখানে  $Na_2CO_3$  ও  $NaHCO_3$  আয়নিক লবণ সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য হওয়ায় শতভাগ আয়নিত হয়। কিন্তু  $HCO_3^-$  আয়ন দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য হওয়ায় উভয়ুভিত্বায় আংশিক বিয়োজিত বা আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়।



বাইকার্বনেট আয়ন ( $HCO_3^-$ ) এর বিয়োজন সামগ্র্যবক ( $K_a$ ) নিম্নরূপে প্রকাশ

করা হয় :

$$K_a = \frac{[CO_3^{2-}] \times [H_3O^+]}{[HCO_3^-]} ; \text{ বা, } [H_3O^+] = K_a \times \frac{[HCO_3^-]}{[CO_3^{2-}]} \dots (1)$$

**MCQ-4.28 :**  $A(H_2O) \xrightarrow{H^+}$

B( $H_3O^+$ ) এ উদ্দীপক মতে,

(i) A ও B এর আকৃতি একই

(ii) উভয়ের ক্ষেত্রে পরমাণুর

সংকরণ একই

(iii)  $25^\circ C$  এ বিশুদ্ধ A এর pH = 7 কোনটি সঠিক হবে?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii

(গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

(১) নং সমীকরণ মতে  $K_a$  দ্রুত হওয়ায়, বাফার দ্রবণের  $H_3O^+$  আয়নের মোলার ঘনমাত্রা বাফার উপাদানসময়ের মোলার

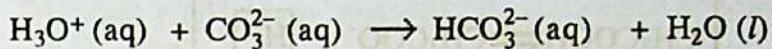
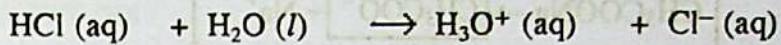
ঘনমাত্রার অনুপাতের সমানুপাতিক হয়। যেমন,  $\frac{[HCO_3^-]}{[CO_3^{2-}]} = \frac{[HA]}{[A^-]} = \frac{\text{দুর্বল অল্প}}{\text{অনুবন্ধী ক্ষারক}}$

\* (i) কোনো কারণে যখন  $[HA]/[A^-]$  অনুপাত বাঢ়ে, তখন  $[H_3O^+]$  বাঢ়ে, pH কমে।

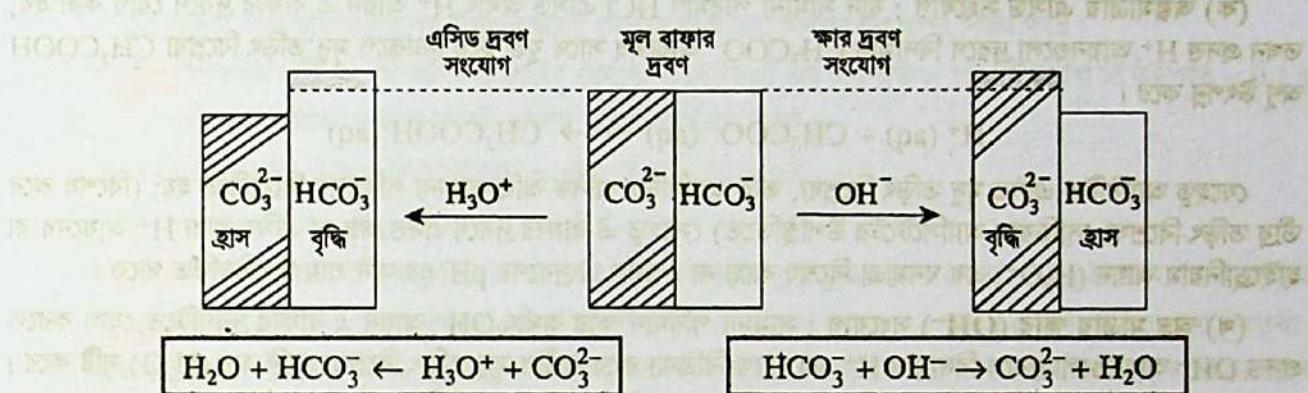
\* (ii) কোনো কারণে যখন  $[HA]/[A^-]$  অনুপাত কমে, তখন  $[H_3O^+]$  কমে, pH বাঢ়ে।

এখন এ ক্ষারীয় বাফার দ্রবণে অল্প সবল এসিড ( $\text{HCl}$ ) অথবা ক্ষার ( $\text{NaOH}$ ) দ্রবণ সংযোগের ফলে বাফার দ্রবণের pH মান প্রায় দ্বিগুণ হাতার ব্যাখ্যা করা হলো :

(ক) অল্প এসিড ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) সংযোগ : অল্প সবল এসিড ( $\text{HCl}$ ) যোগ করলে তা থেকে উৎপন্ন  $\text{H}_3\text{O}^+$  আয়নসমূহ বাফারের সমসংখ্যায় কার্বনেট ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে সমসংখ্যক  $\text{HCO}_3^-$  আয়ন উৎপন্ন করে। যেমন,

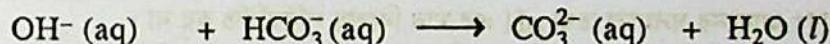


তখন  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  এর সম্পরিমাণে  $[\text{CO}_3^{2-}]$  আয়ন কমে এবং  $[\text{HCO}_3^-]$  সম্পরিমাণে বাঢ়ে। ফলে (১) নং সমীকরণের বাফার উপাদানদ্বয়ের ঘনমাত্রার অনুপাত যেমন  $[\text{HCO}_3^-]/[\text{CO}_3^{2-}]$  অনুপাত সামান্য বাঢ়ে। অর্থাৎ  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  সামান্য বাঢ়ে। (ওপরের (i) নং শর্ত মতে)। নিচের চিত্র-৪.২৫ এর বাম দিক থেকে তা সহজে বোঝা যায়।



চিত্র-৪.২৫ : বাফারের উপাদানদ্বয়ের ঘনমাত্রার অনুপাতের পরিবর্তন। [ওপরের ডট লাইন মতে বোঝে নাও।]

(খ) অল্প ক্ষার ( $\text{OH}^-$ ) সংযোগ : অল্প  $\text{NaOH}$  যোগ করলে পূর্বের বিপরীত অবস্থা ঘটে। ক্ষার থেকে উৎপন্ন  $\text{OH}^-$  আয়নসমূহ বাফারের সমসংখ্যায় বাইকার্বনেট আয়ন ( $\text{HCO}_3^-$ ) এর সাথে বিক্রিয়া করে সমসংখ্যক কার্বনেট ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) আয়ন বৃক্ষি করে।



ফলে (১) নং সমীকরণের বাফার উপাদানদ্বয়ের ঘনমাত্রার অনুপাত কমে অর্থাৎ  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  সামান্য কমে। এরপে বাফার দ্রবণে অল্প  $\text{H}_3\text{O}^+$  অথবা  $\text{OH}^-$  আয়ন যোগ করা হলে প্রতি ক্ষেত্রে  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  এর পরিবর্তন খুবই কম হওয়ায় বাফারের pH পরিবর্তন খুব কম বা প্রায় অপরিবর্তিত থাকে। [যেমন রক্তের বাইকার্বনেট বাফার সিস্টেম মতে, স্বাভাবিক অবস্থায় রক্তের pH 7.4 হলেও বিভিন্ন কারণে রক্তের pH  $\pm 5$  কম বেশি হতে পারে।]

বিকল্প পদ্ধতি : বাফার দ্রবণের ক্রিয়া কৌশল :

[পুরাতন পদ্ধতিতে বাফার দ্রবণের বাফার ক্রিয়াকৌশল নিম্নরূপে ব্যাখ্যা করা হয়।]

(১) অল্পীয় বাফার দ্রবণের ক্রিয়া-কৌশল :

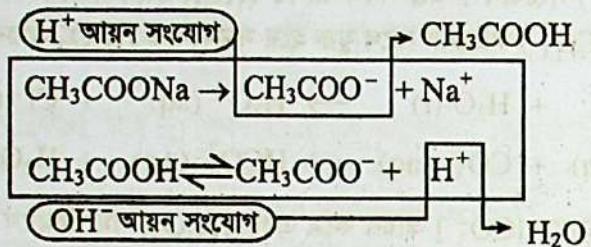
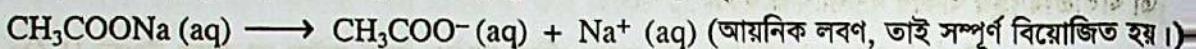
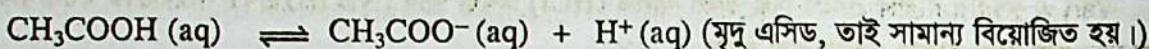
**MCQ-4.29 :** নিচের কোনটি

উত্থাপনী? [সি. বো. ২০১৫]

(ক)  $\text{NH}_3$  (খ)  $\text{HCO}_3^-$

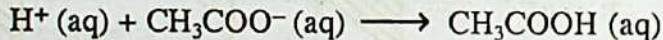
(গ)  $\text{H}_3\text{O}^+$  (ঘ)  $\text{CO}_3^{2-}$

অল্পীয় বাফার দ্রবণের ক্রিয়া-কৌশল ব্যাখ্যা করার জন্য ইথানোলিক এসিড বা অ্যাসিটিক এসিড ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ও সোডিয়াম ইথানোয়েট বা অ্যাসিটেট ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) লবণ দ্বারা প্রস্তুত অল্পীয় প্রকৃতির বাফার দ্রবণটির ক্রিয়া-কৌশল বর্ণনা করা যায়। এ বাফার দ্রবণের উপাদানদ্বয় দ্রবণে নিম্নরূপে বিয়োজিত হয়ে থাকে।



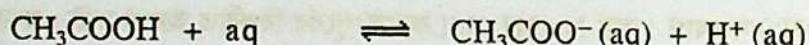
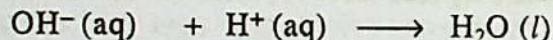
চিত্র-৪.২৬(ক) : অল্প বাফার দ্রবণের ক্রিয়া-কৌশল  
[ওপরের বিক্রিয়া দ্বারা পরিবর্তন বোঝে নাও।]

(ক) অল্পমাত্রায় এসিড সংযোগ : যদি সামান্য পরিমাণ HCl এসিড অর্থাৎ  $\text{H}^+$  আয়ন এ বাফার দ্রবণে যোগ করা হয়, তখন প্রদত্ত  $\text{H}^+$  আয়নগুলো দ্রবণে বিদ্যমান  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে নিম্নরূপে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য  $\text{CH}_3\text{COOH}$  অণ্ট উৎপন্ন করে।



যেহেতু অ্যাসিটিক এসিড মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য, তাই অ্যাসিটিক এসিড অতি সামান্য পরিমাণে বিয়োজিত হয়; (বিশেষ করে তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য সোডিয়াম অ্যাসিটেটের উপস্থিতিতে) সেহেতু ঐ বাফার দ্রবণে প্রদত্ত অস্ব বা এসিড দ্বারা  $\text{H}^+$  আয়নের বা হাইড্রোনিয়াম আয়ন ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) এর ঘনমাত্রা বিশেষ বাড়ে না। অর্থাৎ ঐ দ্রবণের pH এর মান প্রায় অপরিবর্তিত থাকে।

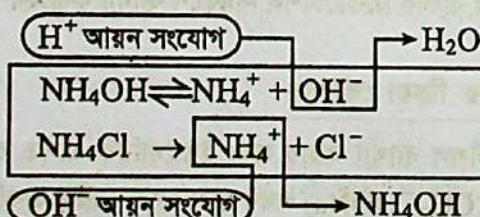
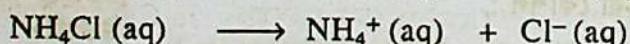
(খ) অল্প মাত্রায় ক্ষার ( $\text{OH}^-$ ) সংযোগ : সামান্য পরিমাণ ক্ষার অর্থাৎ  $\text{OH}^-$  আয়ন এ বাফার দ্রবণটিতে যোগ করলে প্রদত্ত  $\text{OH}^-$  আয়নগুলো দ্রবণে বিদ্যমান  $\text{H}^+$  এর সাথে বিক্রিয়া করে অতীব মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পানি অণ্ট ( $\text{H}_2\text{O}$ ) সৃষ্টি করে। তখন ইথানোলিক এসিডের সাম্যাবস্থা ভান্ডিকে সরে গিয়ে  $\text{H}^+$  আয়ন তৈরি করে বিক্রিয়ারত  $\text{H}^+$  আয়নের অভাব পূরণ করে।



অতএব দেখা যায় যে, বাফার দ্রবণে সামান্য পরিমাণ তীব্র এসিড বা ক্ষার হিসেবে যথাক্রমে  $\text{H}^+$  আয়ন অথবা  $\text{OH}^-$  আয়ন এর যে কোনো একটি যোগ করা হোক না কেন, তা বাফার দ্রবণের উপাদানের আন্তঃক্রিয়ার ফলে অপসারিত হয় এবং কোনো ক্ষেত্রেই  $\text{H}^+$  আয়নের ঘনমাত্রা তথা pH এর মান বিশেষ পরিবর্তিত হয় না।

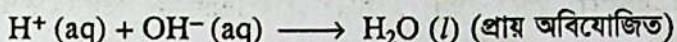
## (২) ক্ষারীয় বাফার দ্রবণের ক্রিয়া-কৌশল :

যদি বাফার দ্রবণটি মৃদু ক্ষারক যেমন  $\text{NH}_4\text{OH}$  ও তার লবণ যেমন  $\text{NH}_4\text{Cl}$  সমবায়ে গঠিত হয় তবে উপাদানসমূহ নিম্নরূপে আয়নিত হয়।

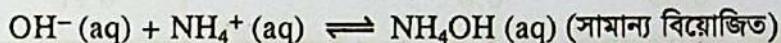


চিত্র-৪.২৬(খ) : ক্ষারীয় বাফার দ্রবণের ক্রিয়া-কৌশল  
[বিক্রিয়া দ্বারা পরিবর্তন বোঝে নাও।]

(ক) অল্প মাত্রায় এসিড ( $H^+$ ) সংযোগ : এ বাফার দ্রবণে অল্প মাত্রায় তীব্র এসিড  $HCl$  বা,  $H^+$  আয়ন যোগ করা হলে তা বাফার মিশ্রণের  $OH^-$  আয়নসহ পানি উৎপন্ন করে।



(খ) অল্প মাত্রায় ক্ষার ( $OH^-$ ) সংযোগ : এ দ্রবণে অল্প মাত্রায় তীব্র ক্ষার বা,  $OH^-$  আয়ন যোগ করলে তা  $NH_4^+$  আয়নসহ  $NH_4OH$  উৎপন্ন করে।



সুতরাং এ দ্রবণে তীব্র অল্প বা তীব্র ক্ষার যেকোনোটি যোগ করা হোক না কেন, ঐ মিশ্রিত অল্প বা ক্ষারকের পরিমাণ বেশি না হলে তখন  $H^+$  আয়নের ঘনমাত্রা বা pH এর বিশেষ কোনো পরিবর্তন হয় না।

**বাফার রেঞ্জ (buffer range)** : কোনো বাফার দ্রবণের বাফার রেঞ্জ বলতে বাফার দ্রবণের সেই pH সীমার পরিসর বোঝায়, যে pH পরিবর্তন সীমার মধ্যে ঐ বাফার দ্রবণের বাফার ক্রিয়া সুষ্ঠুভাবে কার্যকর থাকে।

\* (১) বাফার রেঞ্জ বাফার দ্রবণের উপাদানসময়ের মৌলার ঘনমাত্রার অনুপাতের ওপর নির্ভর করে।

\* (২) হেন্ডারসন সমীকরণের অল্পীয় বাফারের বেলায় [লবণ]/[অল্প] এর অনুপাত = 10 গুণ অথবা ঐ অনুপাত = 0.1 গুণ পরিমাণের মধ্যে থাকলে তবেই বাফার ক্ষমতা কার্যকর থাকে।

\* (৩)  $pH = pK_a + \log [লবণ]/[অল্প] = pK_a + \log 10 = pK_a + 1$

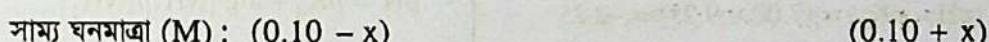
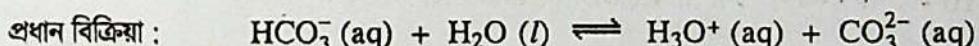
আবার  $pH = pK_a + \log 0.1 = pK_a - 1$ ।

\* (৪) তাই বাফারের ইলিপ্ট pH মান ব্যবহৃত দুর্বল অঙ্গটির  $pK_a$  এর মান থেকে  $\pm 1$  pH ব্যবধান রাখা হয়।

\* (৫) ক্ষারীয় বাফারের বেলায় [লবণ]/[ক্ষার] এর অনুপাত = 10 গুণ থেকে 0.1 গুণ এর মধ্যে থাকতে হয়। নতুন্বা ঐ সব বাফার দ্রবণের বাফার ক্রিয়া সুষ্ঠুভাবে কার্যকর হয় না। তখন ঐ বাফার দ্রবণকে একটি নিম্নমান বাফার দ্রবণ বলে।

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৫৪ :** 0.10 M সোডিয়াম বাইকার্বনেট ও 0.10 M সোডিয়াম কার্বনেট বাফার দ্রবণে 0.01 mol NaOH যোগ করলে এ ক্ষারীয় বাফারের pH কীরক পরিবর্তন ঘটবে তা দেখব। এক্ষেত্রে বাইকার্বনেট এসিডের ( $HCO_3^-$  এর)  $K_a = 5.6 \times 10^{-11}$

দক্ষতা : প্রথমে ক্ষারীয় বাফারের pH গণনা কর। ক্ষার মিশানোর পূর্বে মূল বাফারের বেলায় :



$$\text{সাম্যবস্থায়, } K_a = \frac{[H_3O^+] \times [CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} \quad \therefore [H_3O^+] = K_a \times \frac{[HCO_3^-]}{[CO_3^{2-}]}$$

লক্ষ কর,  $Na_2CO_3$  সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য হওয়ায়  $CO_3^{2-}$  আয়নটির ঘনমাত্রা  $Na_2CO_3$  এর মতো 0.1M হবে। আবার  $HCO_3^-$  দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য হওয়ায় অল্প (যেমন x mol) আয়নিত হয়ে অল্প (যেমন x mol)  $CO_3^{2-}$  আয়ন মিশ্র দ্রবণে বৃদ্ধি করবে।

$$[H_3O^+] = K_a \times \frac{(0.10 - x)}{(0.10 + x)} = K_a \times \frac{0.10}{0.10} = K_a,$$

$$\therefore [H_3O^+] = 5.6 \times 10^{-11} \text{ হবে। যেহেতু } K_a = 5.6 \times 10^{-11}$$

এক্ষেত্রে x এর মান খুবই কম হয়, তাই  $(0.10 - x)$  ও  $(0.10 + x)$  প্রত্যেকটিকে প্রাথমিক ঘনমাত্রায় তুল্য ধরা হয়েছে।  $\therefore pH = -\log [H_3O^+] = -\log (5.6 \times 10^{-11}) = \boxed{10.25}$

সমাধান : 0.01 mol NaOH যোগ করলে এর সাথে প্রশমন বিক্রিয়ার পর অবশিষ্ট  $[H_3O^+]$  হিসাব করতে হবে :

প্রশমন বিক্রিয়া :	$HCO_3^-$ (aq)	+ $OH^-$ (aq)	$\xrightarrow{100\%}$	$H_2O$ (l)	+ $CO_3^{2-}$ (aq)
প্রশমনের পূর্বে (mol) :	0.10	+ 0.01			0.10
পরিবর্তন ঘটে (mol) :	- 0.01	- 0.01			+ 0.01
প্রশমনের পরে (mol) :	0.09	0.0			0.11

প্রশমনের পর সামগ্রিক দ্রবণের আয়তন দ্রুব বা 1.00 L ধরে বাফার উপাদানদ্বয়ের মোলার ঘনমাত্রা হয় :

$$[HCO_3^-] = \frac{0.09 \text{ mol}}{1.00 \text{ L}} = 0.09 \text{ M}; [CO_3^{2-}] = \frac{0.11 \text{ mol}}{1.00 \text{ L}} = 0.11 \text{ M}$$

এসব ঘনমাত্রার মান নিচের  $[H_3O^+]$  এর সমীকরণে বসিয়ে পাই :

$$[H_3O^+] = K_a \times \frac{[HCO_3^-]}{[CO_3^{2-}]} = 5.6 \times 10^{-11} \frac{(0.09)}{0.11} = 4.58 \times 10^{-11} \text{ M}$$

$$pH = -\log [H_3O^+] = -\log (4.58 \times 10^{-11}) = 10.34$$

লক্ষ কর, 0.01 mol NaOH বাফার দ্রবণে যোগ করায়, বাফারের pH পরিবর্তন 10.25 থেকে 10.34 হয়েছে অর্থাৎ 0.09 পরিমাণ pH বেড়েছে; যা নগণ্য। এক্ষেত্রে বাফার উপাদানদ্বয়ের ঘনমাত্রা অনুপাত  $[দুর্বল এসিড]/[অনুবন্ধীকারক]$  খুব অল্প। যেগন  $[HCO_3^-]/[CO_3^{2-}]$  এর বেলায় 1.0 থেকে 9/11 তে (চিত্র-৪.২৫-এ) পরিবর্তন হয়েছে, যা এ pH পরিবর্তনে ভূমিকা রেখেছে।

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৫৫ : হেভারসন-হেসেলবাখ সমীকরণভিত্তিক :

pH 7.00 বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করতে কী অনুপাতে  $[NH_3]/[NH_4^+]$  প্রয়োজন হবে? pH 7.0 বাফার প্রস্তুতির ক্ষেত্রে  $NH_3$  ও  $NH_4Cl$  বাফার যুগল ব্যবহার একটি নিম্ন-মান নির্বাচন হবে; তা ব্যাখ্যা কর। এক্ষেত্রে  $NH_3$  এর  $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ ।

দক্ষতা : হেভারসন-হেসেলবাখ সমীকরণ মতে  $[NH_3]/[NH_4^+]$  অনুপাত গণনা করব।

সমাধান : যেহেতু  $NH_3$  এর  $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ ; তাই  $NH_4^+$  এর  $K_a$  হবে নিম্নরূপ :

$$K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = 5.6 \times 10^{-10}; \therefore pK_a = -\log (5.6 \times 10^{-10}) = 9.25$$

$$\begin{aligned} \text{আবার } \log \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} &= (pH - pK_a) = (7.00 - 9.25) = -2.25 & \because pH &= pK_a + \log [NH_3]/[NH_4^+] \\ \therefore \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} &= \text{antilog} (-2.25) = 10^{-2.25} = \frac{5.6 \times 10^{-3} (\text{M})}{1.0 (\text{M})} & &= (9.25 - 2.25) \\ & & &= 7.0 \end{aligned}$$

নিম্নমান বাফার : যদি  $[NH_4^+]$  এর নমুনা ঘনমাত্রা 1.0M নেয়া হয়, তখন  $[NH_3]$  এর ঘনমাত্রা 0.0056 M (বা,  $5.6 \times 10^{-3} \text{ M}$ ) নিতে হয়। এ অবস্থায়  $NH_3$  ও  $NH_4Cl$  বাফার দ্রবণ একটি নিম্নমান বাফার হবে; কারণ-

- প্রস্তুত বাফারের সুপ্রিম pH মান (7.0) এবং  $pK_a$  এর মান (9.25)—এ দুটির পার্থক্য হলো (9.26 - 7.0) = 2.25, যা বাফার রেঞ্জের প্রয়োজনীয় শর্ত  $\pm 1$  pH ব্যবধান থেকে অনেক বেশি। তাই,
- এ দ্রবণটি দ্বারা যোগ করা এসিডকে শোষণ করার ক্ষমতা কম।
- আবার  $[NH_3]/[NH_4^+]$  অনুপাত মাত্রা কার্যকর বাফার রেঞ্জ সীমার অনুপাত সর্বোচ্চ 10 গুণ ও সর্বনিম্ন অনুপাত 0.1 গুণ থেকে অনেক বেশি পার্থক্যে আছে; তাই অল্প  $H_3O^+$  বা  $OH^-$  আয়ন যোগ করার পর বাফার মিশ্রণে pH পরিবর্তন উল্লেখযোগ্য মাত্রায় বেশি হয়।

- \* তাই ইলিপ্ট pH 7.0 বাফার দ্রবণের জন্য  $\text{NH}_3 - \text{NH}_4^+$  বাফার দ্রবণটি একটি নিম্নমান বাফার দ্রবণ হবে।
- \* কিন্তু pH 9.0 এর কাছাকাছি বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করতে  $\text{NH}_3 - \text{NH}_4^+$  মিশ্রণ হবে একটি উত্তম বিবেচনা বা Selection। কারণ  $\text{NH}_4^+$  এর  $\text{pK}_a$  হলো 9.25। অনুরূপভাবে,
- \* pH 7.0 বাফারের জন্য উত্তম বাফার উপাদান হবে  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ও  $\text{HPO}_4^{2-}$  অম্ল-ক্ষার যুগল; কারণ  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  এর  $\text{pK}_a$  হলো  $-\log(6.2 \times 10^{-8}) = 7.21$ ।

সমাধানকৃত সমস্যা-৫.৫৫(ক) : pH 9.00 এর বাফার দ্রবণটি তৃতীয়  $\text{NH}_4\text{Cl} - \text{NH}_3$  উপাদান যুগল থেকে কীরক্ষে প্রস্তুত করবে তা ব্যাখ্যা কর।  $\text{NH}_4^+$  এর  $\text{K}_a = 5.6 \times 10^{-10}$ ।

সমাধান : হেভারসন সমীকরণকে পুনরায় বিন্যস্ত করে [ক্ষার]/[অম্ল] অনুপাত অনুসারে সাজিয়ে নিতে হবে। এক্ষেত্রে ক্ষার হলো  $\text{NH}_3$  এবং অম্ল হলো  $\text{NH}_3$  এর অনুবন্ধী অম্ল  $\text{NH}_4^+$  আয়ন যা হেভারসন সমীকরণে [লবণ] রূপে আছে।  $\text{NH}_4^+$  আয়নের লবণ হবে  $\text{NH}_4\text{Cl}$ । ক্ষারীয় বাফার দ্রবণের সমীকরণটি হলো :

$$\text{pH} = 14 - \text{pK}_b - \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{ক্ষার}]} ; \text{ বা, } \text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{ক্ষার}]}{[\text{অনুবন্ধী অম্ল}]}$$

$$\text{বা, } \text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} ; \text{ বা, } \log \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = (\text{pH} - \text{pK}_a) = 9.0 - (-\log 5.6 \times 10^{-10}) \\ = (9.0 - 9.25) = -0.25$$

$$\therefore \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = \text{antilog}(-0.25) = 10^{-0.25} = 0.56$$

সুতরাং ইলিপ্ট (pH 9.0) বাফার দ্রবণটি তৈরিতে 0.56 mol  $\text{NH}_3$  অর্থাৎ 560 mL 1.0 M  $\text{NH}_3$  দ্রবণে 1.0 mol  $\text{NH}_4\text{Cl}$  বা, 53.5 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$  মিশাতে হবে।

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৫৬ : (ক) সমআয়তনের 0.1M অ্যাসিটিক এসিড ও 0.1M সোডিয়াম অ্যাসিটেট রিশিট বাফার দ্রবণের pH হিসাব কর। (খ) উক্ত দ্রবণে  $\text{H}^+$  আয়নের ঘনমাত্রা কত?  $[\text{K}_a = 1.0 \times 10^{-5}]$

সমাধান : (ক) হেভারসন হ্যাসেলবাথ সমীকরণ থেকে আমরা জানি,

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]} ; \text{ প্রশ্নমতে, এখানে } \text{K}_a = 1.0 \times 10^{-5} \text{।}$$

$$\text{সুতরাং } \text{pK}_a = -\log \text{K}_a = -\log 1.0 \times 10^{-5} = -(0 - 5) = 5$$

প্রশ্নমতে, [লবণ] = 0.1; এবং [অম্ল] = 0.1; এখন মান বসিয়ে পাই-

$$\therefore \text{pH} = 5 + \log \frac{0.1}{0.1} = 5 + \log 1 = (5 + 0) = 5 \text{ (উঃ)}$$

$$(খ) আবার [H<sup>+</sup>] =  $10^{-\text{pH}} = 10^{-5} = 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$  (উঃ)$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৫৭ : 25°C তাপমাত্রায় অ্যাসিটিক এসিডের  $\text{pK}_a = 4.76$ । এ এসিডসহ 5.0 pH-এর বাফার দ্রবণ কীভাবে প্রস্তুত করা যায়?

সমাধান : হেভারসন হ্যাসেলবাথ সমীকরণ মতে,  $\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]}$

$$\text{বা, } \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]} = \text{pH} - \text{pK}_a = (5.0 - 4.76) = 0.24 ; \text{ বা, } \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]} = \text{anti log } 0.24 = 1.738 = \frac{1.738}{1.0}$$

অর্থাৎ এমন পরিমাণ সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও অ্যাসিটিক এসিড নিতে হবে যেন তাদের মোলের অনুপাত 1.738 : 1.0 হয়। যেমন 1.738 mol সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও 1.0 mol অ্যাসিটিক এসিড 1L দ্রবণে দ্রব্যাঙ্গত করলে উপরোক্ত pH 5.0 এর বাফার দ্রবণ তৈরি হবে।

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৫৮ :** কোনো বাফার দ্রবণে ইথানোয়িক এসিড ও সোডিয়াম ইথানোয়েটের ঘনমাত্রা যথাক্রমে  $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  এবং  $0.15 \text{ mol L}^{-1}$  হলে ঐ বাফারের pH নির্ণয় কর। ইথানোয়িক এসিডের  $K_a = 1.77 \times 10^{-5}$ .

সমাধান : হেভারসন সমীকরণ হতে আমরা জানি,

$$\text{বাফার দ্রবণের, } \text{pH} = pK_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{এসিড}]} \quad [04.4]$$

$$\therefore \text{pH} = -\log K_a + \log \frac{[\text{CH}_3\text{COONa}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad [04.4]$$

$$\text{বা, } \text{pH} = -\log (1.77 \times 10^{-5}) + \log \frac{0.15}{0.10} \quad [04.4]$$

$$\text{বা, } \text{pH} = (4.7520 + 0.1761) = 4.9281 \quad [04.4]$$

$$\therefore \text{pH} = 4.93 \text{ (উ:)} \quad [04.4]$$

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৫৯ :** 10 mL 0.1 M অ্যাসিটিক এসিড দ্রবণে 4 mL 0.1 M NaOH দ্রবণ যোগ করলে উৎপন্ন মিশ্র দ্রবণের pH কত হবে? [ $pK_a = 4.76$ ]

সমাধান : 4 mL 0.1 M NaOH দ্রবণ 4 mL 0.1 M অ্যাসিটিক এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে 4 mL 0.1 M সোডিয়াম অ্যাসিটেট তৈরি করবে।  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$

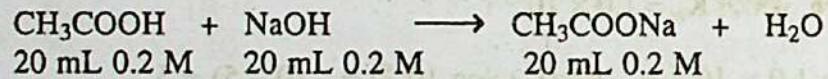
0.1 M	0.1 M	0.1 M
-------	-------	-------

সুতরাং  $(10 - 4) = 6 \text{ mL } 0.1 \text{ M}$  অ্যাসিটিক এসিড অবশিষ্ট থাকবে। অর্থাৎ প্রতি ক্ষেত্রে ঘনমাত্রা সমান থাকায় এক্ষেত্রে লবণ ও এসিডের মোলার ঘনমাত্রার অনুপাত 4 : 6 হবে। হেভারসন সমীকরণ থেকে-

$$\text{pH} = pK_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অস্তিত্ব}]} = \left( 4.76 + \log \frac{4}{5} \right) = 4.857; \therefore \text{দ্রবণের pH} = 4.86 \text{ (উ:)} \quad [04.4]$$

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৬০ :** 20 mL 0.2 M NaOH দ্রবণের সাথে 50 mL 0.2 M  $\text{CH}_3\text{COOH}$  মিশ্রে 70 mL দ্রবণ তৈরি করা হলো। ঐ মিশ্র দ্রবণের pH কত হবে? [ $\text{CH}_3\text{COOH}$  এর  $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ ]

সমাধান : NaOH দ্রবণ ও  $\text{CH}_3\text{COOH}$  দ্রবণ মিশ্রিত করলে নিম্নরূপ বিক্রিয়া ঘটে :



সুতরাং 20 mL 0.2 M NaOH এর সাথে 20 mL 0.2 M এসিডের বিক্রিয়ার পর 70 mL মিশ্র দ্রবণে প্রকৃতপক্ষে  $(50 - 20) \text{ mL} = 30 \text{ mL}$  তুল্য 0.2 M  $\text{CH}_3\text{COOH}$  এসিড থাকে এবং তুল্য 20 mL 0.2 M  $\text{CH}_3\text{COONa}$  থাকে।

$$\therefore 70 \text{ mL মিশ্র দ্রবণে থাকা } \text{CH}_3\text{COOH} \text{ এর মোল সংখ্যা} = \frac{0.2 \times 30}{1000} = 0.006$$

$$\text{এবং } 70 \text{ mL মিশ্র দ্রবণে থাকা } \text{CH}_3\text{COONa} \text{ এর মোল সংখ্যা} = \frac{0.2 \times 20}{1000} = 0.004$$

$$\therefore \text{বাফার দ্রবণটির pH} = pK_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অস্তিত্ব}]} = -\log K_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অস্তিত্ব}]} \quad [MCQ-4.30]$$

$$\therefore \text{pH} = -\log (1.8 \times 10^{-5}) + \log \frac{0.004}{0.006} \quad [MCQ-4.30]$$

$$\text{বা, } \text{pH} = -\log 1.8 - \log 10^{-5} + \log 4 - \log 6 \quad [MCQ-4.30]$$

$$\text{বা, } \text{pH} = (-0.255 + 5 + 0.602 - 0.778) = 4.569 \quad [MCQ-4.30]$$

$$\therefore \text{pH} = 4.57 \text{ (উ:)} \quad [MCQ-4.30]$$

দেয়া আছে,

$$K_a = 1.77 \times 10^{-5}$$

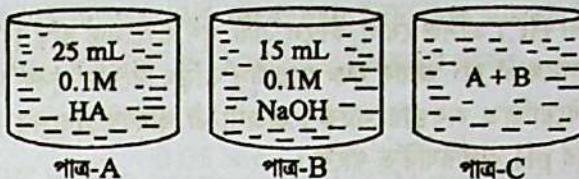
$$[\text{CH}_3\text{COONa}] = 0.15 \text{ M}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0.1 \text{ M}$$

$$\text{pH} = ?$$

<b>MCQ-4.30 :</b> 0.005 M দ্বিকারকীয় সবল এসিডের pH কত?	
(ক) 1	(খ) 1.5
(গ) 2.0	(ঘ) 2.5

## সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৬১ :

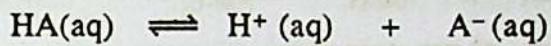


[ରୀ. ବୋ. ୨୦୧୭;  
ଦି. ବୋ. ୨୦୧୭;  
ଢା. ବୋ. ୨୦୧୬]

(গ) উদ্ধীপকের পাত্রে A এর দ্রবণের pH মান গণনা কর।  $[K_a = 1.8 \times 10^{-4}]$

(ঘ) উদ্দীপকের C পাত্রে সামান্য HCl এসিড যোগ করলে দ্রবণের pH মানের পরিবর্তন হবে কীনা; কারণসহ ব্যাখ্যা কর।

সমাধান : (গ) উদ্দীপক মতে, পাত্র A-এর দ্রবণটি হলো দুর্বল এসিডের দ্রবণ। কারণ HA এসিডের  $K_a = 1.8 \times 10^{-4}$  দেয়া হয়েছে। দুর্বল HA এসিড আংশিকভাবে দ্রবণে আয়নিত হয়। তাই HA এসিডের দ্রবণের pH নির্ণয় করতে এসিডের বিয়োজন পরিমাণ ( $\alpha$ ), অসওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করতে হবে।



$$\text{সাম্যাবস্থায় : } (1 - \alpha)C \quad \alpha C \quad \alpha C \quad \text{প্রশ়িরণে, } K_a = 1.8 \times 10^{-4}$$

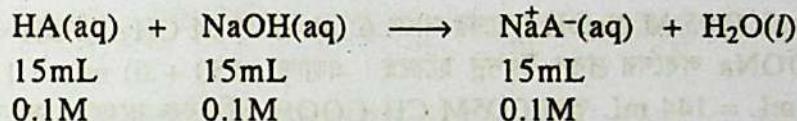
$$\text{এক্ষেত্রে } K_a = \alpha^2 C, \quad \text{দ্বরণের ঘনমাত্রা, } C = 0.1 \text{ M}$$

$$\therefore \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}} = \sqrt{\frac{1.8 \times 10^{-4}}{0.1}} = 0.0424$$

আবার ওপরের সমীকরণ মতে,  $[H^+] = \alpha C$ ; বা,  $[H^+] = 0.0424 \times 0.1 \text{ M} = 0.00424 \text{ M}$

$$\therefore \text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log (0.00424) = 2.37 \text{ (উত্তর)}$$

সমাধান : (ঘ) উদ্বৃত্তি মতে, C পাত্রের দ্রবণটি একটি অল্পীয় বাফার দ্রবণ; তা নিচের বিক্রিয়ার সাহায্যে সুষ্পষ্ট হবে।



সমীকরণ মতে,  $15 \text{ mL } 0.1\text{M NaOH}$  দ্রবণের সাথে  $15 \text{ mL } 0.1\text{M HA}$  এসিডের বিক্রিয়ায়  $15 \text{ mL } 0.1\text{M NaA}$  লবণের দ্রবণ উৎপন্ন হয়েছে। এছাড়া  $(25 + 15) = 40 \text{ mL}$  মিশ্র দ্রবণে অক্তপক্ষে  $(25 - 15) \text{ mL} = 10 \text{ mL}$  তুল্য  $0.1 \text{ M HA}$  এসিড রয়েছে এবং তুল্য  $15 \text{ mL } 0.1\text{M NaA}$  লবণ রয়েছে।

$$\therefore 40 \text{ mL} \text{ মিশ্র দ্রবণে থাকা HA এর মোল সংখ্যা} = \frac{10 \times 0.1}{1000} = 0.0010$$

$$\text{এবং } 40 \text{ mL মিশ্র দ্রবণে থাকা NaA এর মোল সংখ্যা} = \frac{15 \times 0.1}{1000} = 0.0015$$

$$\therefore \text{বাফার দ্রবণটির } pH = pK_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]} = -\log K_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]}$$

$$\therefore \text{pH} = -\log 1.8 \times 10^{-4} + \log \frac{0.0015}{0.0010}$$

$$\text{वा, } \text{pH} = -\log 1.8 - \log 10^{-4} + \log \frac{15}{10}$$

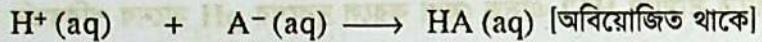
$$\text{वा, pH} = (-0.255 + 4.0 + 0.176); \text{ वा, pH} = 3.92$$

বাফার দ্রবণের বৈশিষ্ট্য অনুসারে এ অস্তীয় বাফার দ্রবণে সামান্য HCl এসিড যোগ করলে এ বাফার দ্রবণের pH মানের বিশেষ কোনো পরিবর্তন হবে না। এ বাফার দ্রবণের pH স্থির রাখার কৌশল নিচে ব্যাখ্যা করা হলো। এ বাফার দ্রবণে নিম্নোক্ত আয়নগুলো থাকে।

$$\text{NaA (aq)} \longrightarrow \text{Na}^+ (\text{aq}) + \text{A}^- (\text{aq})$$

**MCQ-4.31 :** 0.005 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> দ্রবণের pH কত? [সি. বো. ২০১৬]

এ বাফার মিশ্রণে সামান্য HCl এসিড যোগ করলে এটি পূর্ণ আয়নিত হয়ে  $H^+$  আয়ন ও  $Cl^-$  আয়ন তৈরি করে। পরে বাফার দ্রবণের A-আয়নের সাথে ঐ  $H^+$  আয়ন যুক্ত হয়ে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য দুর্বল HA এসিড উৎপন্ন করে। সবল HCl এর উপস্থিতিতে দুর্বল HA অবিয়োজিত অবস্থায় থাকে। এজন্য ঐ বাফার দ্রবণের  $H^+$  আয়নের মোলার ঘনমাত্রার কোনো পরিবর্তন ঘটে না বলে দ্রবণের pH অপরিবর্তিত থাকে।



সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৬২ :

$H_2SO_4$ 20 mL 0.1 M	$NaOH$ 6 mL 0.05 M	$CH_3COOH$ 150 mL 0.05 M
পাত্র-A	পাত্র-B	পাত্র-C

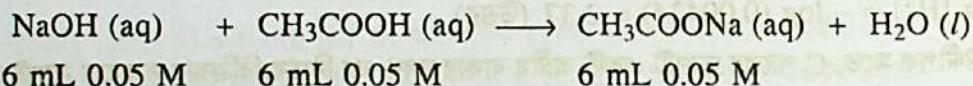
[ব. বো. ২০১৭; দি. বো. ২০১৭;  
য. বো. ২০১৬]  $K_a = 1.85 \times 10^{-5}$

(গ) উদ্বীপকের (B + C) মিশ্র দ্রবণের pH মান গণনা কর।

(ঘ) উদ্বীপকের (A + B) মিশ্র দ্রবণের প্রকৃতি কীরুপ হবে, তা বিশ্লেষণ কর।

সমাধান : (গ) উদ্বীপকের (B + C) মিশ্র দ্রবণের pH গণনা :

উদ্বীপক মতে, B পাত্রে 6 mL 0.05 M NaOH দ্রবণ ও C-পাত্রে 150 mL 0.05M  $CH_3COOH$  এসিড রয়েছে। উভয়ের মিশ্রণে নিম্নরূপ বিক্রিয়া ঘটবে।



সমীকরণ মতে, 6 mL 0.05 M NaOH দ্রবণের সাথে 6 mL 0.05 M  $CH_3COOH$  এসিডের বিক্রিয়ায় 6 mL 0.05M  $CH_3COONa$  লবণের দ্রবণ উৎপন্ন হয়েছে। এছাড়া  $(150 + 6)$  mL = 156 mL মিশ্র দ্রবণে প্রকৃতপক্ষে  $(150 - 6)$  mL = 144 mL তুল্য 0.05M  $CH_3COOH$  অতিরিক্ত রয়েছে। সুতরাং 6 mL 0.05 M  $CH_3COONa$  এর দ্রবণ ও 144 mL তুল্য 0.05M  $CH_3COOH$  এসিডের মিশ্র দ্রবণটি একটি অঙ্গীয় বাফার দ্রবণ হবে।

$$\therefore 156 \text{ mL মিশ্র দ্রবণে থাকা } CH_3COOH \text{ এর মোল সংখ্যা} = \frac{144 \times 0.05}{1000} = 0.0072$$

$$\text{এবং } 156 \text{ mL মিশ্র দ্রবণে থাকা } CH_3COONa \text{ এর মোল সংখ্যা} = \frac{6 \times 0.05}{1000} = 0.0003$$

$$\therefore \text{অঙ্গীয় বাফার দ্রবণটির, } pH = pK_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অঙ্গ}]} = -\log K_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অঙ্গ}]};$$

$$\therefore pH = -\log (1.85 \times 10^{-5}) + \log \frac{0.0003}{0.0072}; \quad \text{দেয়া আছে, } K_a = 1.85 \times 10^{-5}$$

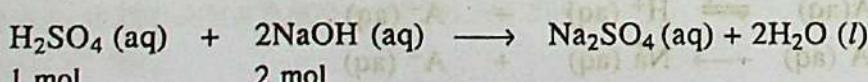
$$\text{বা, } pH = -\log 1.85 - \log 10^{-5} + \log (0.0417)$$

$$\text{বা, } pH = (-0.267 + 5.0 - 1.379) = 3.354$$

$$\therefore \text{উদ্বীপকের (B + C) মিশ্র দ্রবণের pH} = 3.354 \text{ (উত্তর)}$$

সমাধান : (ঘ) উদ্বীপকের (A + B) মিশ্র দ্রবণের প্রকৃতি নির্ণয় :

উদ্বীপক মতে, A এর দ্রবণ হলো 20 mL 0.1 M  $H_2SO_4$  সবল এসিড এবং B এর দ্রবণ হলো 6 mL 0.05 M সবল NaOH ক্ষার দ্রবণ। উভয়ের মিশ্র দ্রবণে নিম্নরূপ বিক্রিয়া ঘটে :



উদীপক মতে দেখা যায়,  $H_2SO_4$  এর তুলনায়  $NaOH$  এর মোলার ঘনমাত্রা ও আয়তন উভয়ই কম আছে। সূতরাং প্রদত্ত  $NaOH$  এর মোল পরিমাণের ওপর ভিত্তি করে গণনা করাটা অধিক সুবিধাজনক হবে।

আমরা জানি,  $1000 \text{ mL } 0.05 \text{ M } NaOH$  দ্রবণ  $\equiv 0.05 \text{ mol } NaOH$

$$\therefore \text{প্রশ্নমতে, } 6 \text{ mL } 0.05 \text{ M } NaOH \text{ দ্রবণ} \equiv \frac{0.05 \times 6}{1000} = 0.0003 \text{ mol } NaOH$$

আবার,  $1000 \text{ mL } 0.1 \text{ M } H_2SO_4$  দ্রবণ  $\equiv 0.1 \text{ mol } H_2SO_4$

$$\therefore \text{প্রশ্নমতে, } 20 \text{ mL } 0.1 \text{ M } H_2SO_4 \text{ দ্রবণ} \equiv \frac{0.1 \times 20}{1000} = 0.002 \text{ mol } H_2SO_4$$

উপরোক্ত প্রশ্নমতে প্রশ্নের সমীকরণ মতে,

$$2 \text{ mol } NaOH \equiv 1 \text{ mol } H_2SO_4$$

$$\therefore 0.0003 \text{ mol } NaOH \equiv \frac{1 \times 0.0003 \text{ mol}}{2} = 0.00015 \text{ mol } H_2SO_4$$

$\therefore$  প্রদত্ত  $NaOH$  দ্রবণের প্রশ্নমতে পর অবশিষ্ট  $H_2SO_4$  থাকে :

$$(0.002 - 0.00015) \text{ mol } H_2SO_4 = 0.00185 \text{ mol } H_2SO_4$$

$\therefore (20 + 6) \text{ mL} = 26 \text{ mL}$  মিশ্র দ্রবণে  $0.00185 \text{ mol } H_2SO_4$  অবশিষ্ট আছে।

$\therefore$  ঐ মিশ্র দ্রবণে  $H_2SO_4$  এর মোলারিটি,  $M = \frac{H_2SO_4 \text{ এর মোল সংখ্যা}}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন}}$

$$\therefore \text{মোলারিটি, } M = \frac{0.00185 \text{ mol}}{0.026 \text{ L}} = 0.071 \text{ mol L}^{-1} \text{ (বা, M)}$$

$\therefore$  উদীপকের  $(A + B)$  মিশ্র দ্রবণটির প্রকৃতি হবে  $0.071 \text{ (M)} H_2SO_4$  এর অঙ্গীয় দ্রবণ। (উত্তর)।

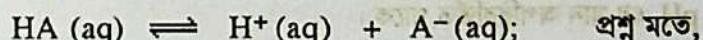
সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৬৩ : প্রদত্ত উদীপক হলো :  $HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$ ; এক্ষেত্রে এসিডটির  $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$  [চ. বো. ২০১৭]

(গ) উদীপক মতে,  $0.1 \text{ M}$  ঘনমাত্রার  $HA$  এসিড দ্রবণের pH গণনা কর।

(ঘ) উদীপকের এসিডটির একটি বাফার দ্রবণ তৈরি করে এর বাফার ক্রিয়া ব্যাখ্যা কর।

সমাধান : (গ)  $0.1 \text{ M } HA$  দ্রবণের pH গণনা :

উদীপক মতে  $HA$  হলো একটি দুর্বল এসিড; কারণ  $HA$  এসিডের  $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$  দেয়া হয়েছে। দুর্বল এসিড জলীয় দ্রবণে আংশিকভাবে আয়নিত হয়। তাই অসংযোগের লঘুকরণ স্তৰ মতে  $HA$  এসিডের বিঘোজন পরিমাণ ( $\alpha$ ) গণনা করে এসিড দ্রবণের pH হিসাব করা হবে।



সাম্যাবস্থায় :  $(1-\alpha)C \quad \alpha C \quad \alpha C$  (aq)  $H^+$  (aq)  $A^-$  (aq) দ্রবণের ঘনমাত্রা,  $C = 0.1 \text{ M}$

$$\text{এক্ষেত্রে এসিডের } K_a = \alpha^2 C \quad (1-\alpha)C \cdot \alpha C \rightleftharpoons (1-\alpha) \alpha C \quad K_a = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$\therefore \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}} = \sqrt{\frac{1.8 \times 10^{-5}}{0.1}} = 0.0134$$

আবার ওপরের সমীকরণ মতে,  $[H^+] = \alpha C$ ; বা,  $[H^+] = 0.0134 \times 0.1 \text{ M} = 0.00134 \text{ M}$

$$\therefore pH = -\log[H^+] = -\log(0.00134) = 2.873 \text{ (উত্তর)}$$

(ঘ) উদীপকের  $HA$  এসিডের বাফার দ্রবণ প্রস্তুতি :

উদীপক মতে  $HA$  এসিডটি দুর্বল এসিড; কারণ এসিডের  $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$  দেয়া হয়েছে। সূতরাং এ এসিডের সাথে সবল ক্ষার যেমন  $NaOH$  এর দ্রবণ  $NaA$  এর দ্রবণ উপর্যুক্ত মোলার অনুপাতে হেভারসন সমীকরণ মতে মিশ্রিত করে নির্দিষ্ট pH যুক্ত অঙ্গীয় বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করা হবে।

হেডারসন সমীকরণ মতে, অমীয় বাফার দ্রবণের pH সংশ্লিষ্ট দুর্বল এসিড 'HA' এর  $pK_a$  মানের কাছাকাছি হয়। কেবল অতিরিক্ত মান  $\log [\text{লবণ}]/[\text{অমীয়}]$  এর মান থেকে আসে।

উদ্দীপক মতে,  $pK_a = -\log 1.8 \times 10^{-5} = 4.7447$  হয়। এখন 5.0 pH এর বাফার দ্রবণ হেডারসন সমীকরণ মতে প্রস্তুত করা হবে।

$$\text{আমরা জানি, } pH = pK_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অমীয়}]}$$

$$\text{বা, } \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অমীয়}]} = pH - pK_a = (5.0 - 4.7447) = 0.2553$$

$$\text{বা, } \log \frac{[\text{NaA}]}{[\text{HA}]} = 0.2553; \text{ বা, } \frac{[\text{NaA}]}{[\text{HA}]} = \text{anti log}(0.2553)$$

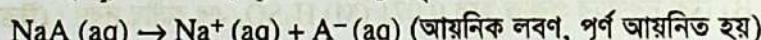
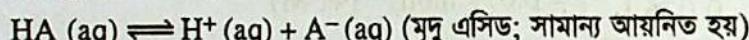
$$\text{বা, } \frac{[\text{NaA}]}{[\text{HA}]} = \frac{1.8}{1.0}.$$

MCQ-4.32 :	
পানির pH কত?	[চ. বো. ২০১৬]
(ক) ০	(খ) > 7
(গ) ৭	(ঘ) < 7

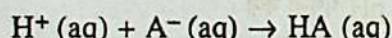
সূতরাং  $1.8 \text{ mol L}^{-1}$  NaA লবণের দ্রবণের সাথে  $1.0 \text{ mol L}^{-1}$  HA এসিড দ্রবণ মিশ্রিত করে 5.0 pH বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো। pH মিটার দ্বারা পরীক্ষা করে নিশ্চিত হওয়া গেল প্রস্তুত বাফার দ্রবণের pH 5 হয়েছে।

বাফার ক্রিয়ার ব্যাখ্যা :

সংশ্লিষ্ট অমীয় বাফার দ্রবণটিতে উপাদানদ্বয় নিম্নরূপে আয়নিত অবস্থায় থাকে :

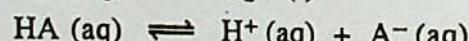
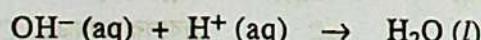


(i) অন্তর্মাত্রায় এসিড বা  $\text{H}^+$  আয়ন সংযোগ : অন্তর্মাত্রায় এসিড বা  $\text{H}^+$  আয়ন এই অমীয় বাফার দ্রবণে যোগ করলে তখন প্রদত্ত  $\text{H}^+$  আয়ন উপরের সমীকরণের  $\text{A}^-$  আয়নের সাথে যুক্ত হয় এবং মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য HA অণু উৎপন্ন করে। \*



উৎপন্ন মৃদু এসিড সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য NaA এর উপস্থিতিতে নগণ্য পরিমাণে বিয়োজিত থাকে। তাই বাফার দ্রবণে প্রদত্ত এসিড বা  $\text{H}^+$  আয়ন দ্বারা pH এর বিশেষ পরিবর্তন ঘটে না। অর্থাৎ বাফার দ্রবণের pH অপরিবর্তিত থাকে।

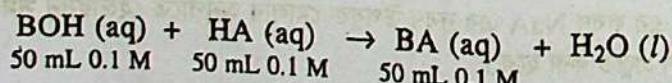
(ii) অন্তর্মাত্রায় ক্ষার বা  $\text{OH}^-$  আয়ন সংযোগ : সামান্য ক্ষার দ্রবণ বা  $\text{OH}^-$  আয়ন অমীয় বাফার দ্রবণে যোগ করলে, তা বাফার দ্রবণে বিদ্যমান  $\text{H}^+$  আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে  $\text{H}_2\text{O}$  অণু উৎপন্ন করে। তখন দুর্বল HA এসিডের সাম্যাবস্থা সামান্য ডানদিকে সরে গিয়ে  $\text{H}^+$  আয়ন তৈরি করে বিক্রিয়ারত  $\text{H}^+$  আয়নের অভাব পূরণ করে। এরূপে বাফার দ্রবণে  $\text{H}^+$  আয়নের ঘনমাত্রা তথা pH এর মান অপরিবর্তিত থাকে।



সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৬ : একটি বিকারে 50 mL 0.1 M BOH ক্ষার দ্রবণ রয়েছে। অপর একটি বিকারে রয়েছে 0.1M ঘনমাত্রা বিশিষ্ট 150 mL HA এসিড দ্রবণ। HA এর  $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ ।

(ক) বিকারদ্বয়ের দ্রবণকে মিশ্রিত করলে মিশ্রণের pH কত হবে? (খ) BOH ক্ষার দ্রবণের pH কত?

সমাধান : (ক) বিকারদ্বয়ের ক্ষার ও এসিডের দ্রবণকে মিশ্রিত করলে 50 mL 0.1 M BOH ক্ষারকে 50 mL 0.1 M HA এর সাথে বিক্রিয়ায় 50 mL 0.1 M HA এসিডের লবণ (BA) তৈরি করবে। সূতরাং  $(150 - 50) \text{ mL} = 100 \text{ mL}$  0.1 M HA এসিড দ্রবণে অধিশমিত থাকবে। অর্থাৎ লবণ ও এসিডের মোলার ঘনমাত্রার অনুপাত হবে 50 : 100 বা 1 : 2।



হেভারসন সমীকরণ মতে,  $pH = pK_a + \log \frac{[লবণ]}{[এসিড]}$

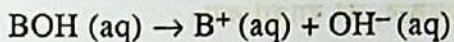
দেয়া আছে,  $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$   
মিশ্র দ্রবণের,  $pH = ?$

বা,  $pH = -\log(1.8 \times 10^{-5}) + \log \frac{1}{2}$

বা,  $pH = (4.745 - 0.301) = 4.444$

$\therefore$  মিশ্রণে  $pH$  মান = 4.44

সমাধান : (খ) উদ্দীপকের BOH হলো একটি সবল ক্ষার দ্রবণ। তাই জলীয় দ্রবণে এটি পূর্ণ আয়নিত থাকে।



$$0.1M \qquad \qquad \qquad 0.1M$$

$$\therefore pOH = -\log [OH^-] = -\log 0.1 = 1.0$$

$$\therefore দ্রবণ BOH এর pH = (14 - pOH) = (14 - 1) = 13 \text{ (উ:)}$$

**MCQ-4.33 :** মানুষের রক্তের

স্থাভাবিক pH কত? [চা. বো. ২০১৬]

(ক) 9.4      (খ) 8.3

(গ) 7.4      (ঘ) 6.4

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৬৫ : (ক) 4.0 pH এর বাফার দ্রবণ তৈরি করতে 60 mL 0.05 M ফরমিক এসিডের দ্রবণে কত mL 0.1 M সোডিয়াম ফরমেট দ্রবণ যোগ করতে হবে। [HCOOH এর  $pK_a = 3.8$ ]

(খ) বাফার দ্রবণটিতে  $H^+$  আয়নের মৌলার ঘনমাত্রা কত?

[মাদ্রাসা বো. ২০১৭]

সমাধান : (ক) হেভারসন সমীকরণ মতে,  $pH = pK_a + \log \frac{[লবণ]}{[অম্ল]}$

মনে করি,  $x$  mL 0.1M সোডিয়াম ফরমেট (HCOONa) প্রয়োজন।

$$\therefore x \text{ mL } 0.1M \text{ HCOONa লবণের দ্রবণে HCOONa এর মোলসংখ্যা} = \frac{0.1 \times x \text{ mol}}{1000}$$

$$= 0.0001x \text{ mol}$$

$$60 \text{ mL } 0.05 M \text{ HCOOH এসিড দ্রবণে HCOOH এর মোলসংখ্যা} = \frac{0.05 \times 60}{1000} = 0.003 \text{ mol}$$

প্রশ্ন মতে, দ্রবণের  $pH = 4$  এবং HCOOH এসিডের  $pK_a = 3.8$ ; এখন সমীকরণে মানগুলো বসিয়ে পাই,

$$4 = 3.8 + \log \frac{0.0001x}{0.003}; \text{ বা, } \log \frac{0.0001x}{0.003} = (4 - 3.8) = 0.2 = \log 1.5849$$

$$\text{বা, } 0.0001x = 0.003 \times 1.5849; \therefore x = \frac{0.003 \times 1.5849 \text{ mL}}{0.0001} = 47.547 \text{ mL} = 47.55 \text{ mL (প্রায়)}$$

$\therefore$  সোডিয়াম ফরমেট প্রয়োজন = 47.55 mL (প্রায়) (উ:)

সমাধান : (খ) অঙ্গীয় বাফার দ্রবণটির  $H^+$  আয়নের মৌলার ঘনমাত্রা গণনা :

উদ্দীপক মতে, বাফার দ্রবণের  $pH = 4.0$

আমরা জানি,  $[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-4}$

$\therefore$  বাফার দ্রবণটিতে  $H^+$  আয়নের মৌলার ঘনমাত্রা =  $10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$  (উ:)

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৬৬ : 0.25 M ইথানোয়িক এসিডের 200 mL দ্রবণে কত গ্রাম সোডিয়াম ইথানোআর্ট মিশ্রিত করলে দ্রবণটিতে  $H_3O^+$  এর ঘনমাত্রা  $1.5 \times 10^{-5} \text{ g. ion. L}^{-1}$  হবে।  $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ ।

সমাধান : বাফার দ্রবণের হেভারসন সমীকরণ মতে,  $pH = pK_a + \log \frac{[লবণ]}{[অম্ল]}$

$$\text{বা, } \log \frac{[লবণ]}{[অম্ল]} = (pH - pK_a) = (-\log [H_3O^+] + \log K_a) = -\log (1.5 \times 10^{-5}) + \log (1.8 \times 10^{-5})$$

$$\text{বা, } \log \frac{[লবণ]}{[অম্ল]} = (4.8239 - 4.7447) = 0.0792$$

$$\text{বা, } \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{অম্ল}]} = \log^{-1}(0.0792) = 1.2 \therefore [\text{লবণ}] = 1.2 \times [\text{অম্ল}] = 1.2 \times 0.25 \text{ M} = 0.3 \text{ M}$$

$\therefore 1 \text{ M}$  ঘনমাত্রার  $1000 \text{ mL}$  দ্রবণে সোডিয়াম ইথানোয়েট থাকে  $= 82 \text{ g}$

$$0.30 \text{ M} \text{ ঘনমাত্রার } 200 \text{ mL} \text{ দ্রবণে সোডিয়াম ইথানোয়েট থাকে} = \frac{82 \times 200 \times 0.30 \text{ g}}{1000} = 4.92 \text{ g}$$

$\therefore$  দ্রবণটিতে  $4.92 \text{ g}$  সোডিয়াম ইথানোয়েট যোগ করতে হবে।

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৬৭ : দুটি দ্রবণের মধ্যে প্রত্যেকটির  $\text{pH} = 9$ । এন্দের মধ্যে একটি বাফার দ্রবণ এবং অপরটি  $\text{NaOH}$  দ্রবণ। তৃতীয় দ্রবণ দুটিকে কীভাবে শনাক্ত করবে, তা ব্যাখ্যা কর।

সমাধান : বাফার দ্রবণের সংজ্ঞা মতে, উভয় দ্রবণের মধ্যে যে দ্রবণে কয়েক ফৌটা সবল  $0.1\text{M}\text{HCl}$  এসিড অথবা কয়েক ফৌটা  $0.1\text{M}\text{ NaOH}$  দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণটির  $\text{pH}$  মান অপরিবর্তিত থাকে, সেটি হবে বাফার দ্রবণ। অপর দ্রবণটিতে কয়েক ফৌটা  $0.1\text{M}\text{ HCl}$  বা  $0.1\text{M}\text{ NaOH}$  দ্রবণ যোগ করলে ঐ দ্রবণের  $\text{pH}$  মান যথাক্রমে হ্রাস ও বৃদ্ধি ফেলে সেটি হবে  $\text{NaOH}$  দ্রবণ।

### ব্যবহারিক (Practical)

ল্যাবরেটরিতে শিক্ষার্থীর কাজ : শ্রেণি শিক্ষকের সহায়তায় চারজনের গ্রুপ করে নিম্নোক্ত মূলনীতি সহকারে উপরোক্ত ধাপ অনুসরণ করে নিচের চিত্রমতে কার্বনেট বাফার দ্রবণ তৈরি এবং এর কার্যকারিতা প্রমাণ কর।

পরীক্ষা নং-১৩

তারিখ : .....

পরীক্ষার সময় : ২ পিপিলিয়ড

#### ৪.১৪ পরীক্ষার নাম : কার্বনেট বাফার দ্রবণ তৈরি ও এর কার্যকারিতা প্রমাণ করা

মূলনীতি : কার্বনেট বাফার তৈরিতে দুর্বল এসিডরূপে সোডিয়াম বাইকার্বনেট ( $\text{NaHCO}_3$ ) ও অনুবন্ধী ক্ষারকরূপে সোডিয়াম কার্বনেট ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) ব্যবহার করা হবে।

পরিকল্পনা :  $\text{pH} 10$  বিশিষ্ট  $0.5 \text{ L}$  ( $\text{NaHCO}_3 - \text{Na}_2\text{CO}_3$ ) বাফার দ্রবণ তৈরি করা হবে।

প্রয়োজনীয় রাসায়নিক পদার্থ : (১)  $\text{NaHCO}_3$ , (২)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , (৩) পাতিত পানি, (৪) লঘু  $\text{HCl}$ , (৫) লঘু  $\text{NaOH}$  দ্রবণ।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : (১) ২টি  $500 \text{ mL}$  মেজারিং ফ্লাক্স, (২) ফানেল, (৩) কেমিক্যাল ব্যালেন্স,  
(৪) ওয়াস বোতল, (৫)  $\text{pH}$  মিটার, (৬) বিকার।

কাজের ধারা : (১) প্রথমে  $500 \text{ mL}$  মেজারিং ফ্লাক্সে  $0.20 \text{ M}\text{ NaHCO}_3$  তৈরি করি।

$$1 \text{ mol NaHCO}_3 = (23 + 1 + 12 + 48) = 84 \text{ g NaHCO}_3$$

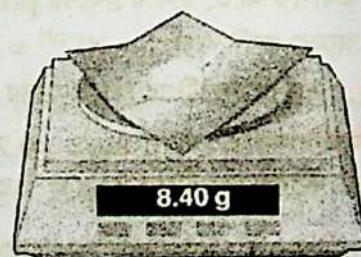
$$\therefore 1000 \text{ mL } 1 \text{ M NaHCO}_3 = 84 \text{ g NaHCO}_3$$

$$500 \text{ mL } 0.2 \text{ M NaHCO}_3 = \frac{84 \times 500 \times 0.2}{1000} \text{ g NaHCO}_3 \\ = 8.4 \text{ g NaHCO}_3$$

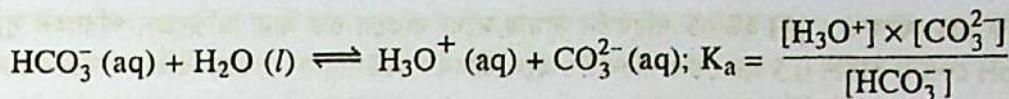
(২) কেমিক্যাল ব্যালেন্সে  $8.4 \text{ g NaHCO}_3$  ওজন করে  $500 \text{ mL}$  ফ্লাক্সে দ্রবণ তৈরি করা হলো।

(৩) প্রয়োজনীয় বাফার উপাদান  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  এর পরিমাণ নির্ণয় :

$\text{pH} 10$  এর সংশ্লিষ্ট বাফার উপাদান ঘনমাত্রা অনুপাত সম্পর্ক থেকে নিম্নমতে  $\text{CO}_3^{2-}$  আয়নের বা  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  এর মোলার ঘনমাত্রা নির্ণয় করি।



চিত্র-৪.২৭ : কেমিক্যাল ব্যালেন্সে  $\text{NaHCO}_3$  এর ওজন নেয়া।



$$\therefore [\text{CO}_3^{2-}] = K_a \times \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$$

$$= \frac{(5.6 \times 10^{-11}) \times (0.20)}{1.0 \times 10^{-10}}$$

$$= 0.112 \text{ M}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-10} = 1.0 \times 10^{-10} \text{ M}$$

∴ দলিলিত বাফার দ্রবণের pH 10

∴  $\text{HCO}_3^-$  এর  $K_a = 5.6 \times 10^{-11}$  [পরিশিষ্টে সারণি থেকে]

সুতরাং 500 mL বাফার দ্রবণের জন্য প্রয়োজনীয়  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  হবে নিম্নরূপ :

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  এর মোল সংখ্যা = দ্রবণের আয়তন (লিটারে)  $\times \text{Na}_2\text{CO}_3$  এর মোলারিটি (M)

$$= 0.5 \text{ L দ্রবণ} \times \frac{0.112 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3}{1 \text{ L দ্রবণ}} = 0.056 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3$$

$$\therefore \text{আম এককে } \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ এর ভর} = \frac{106 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 \times 0.056 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3}{1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3} = 5.94 \text{ g Na}_2\text{CO}_3 \text{ (প্রায়)}$$

(৪) এখন 5.94 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  কেমিক্যাল ব্যালেন্সে ওজন করা হলো।

(৫) দ্বিতীয় 500 mL ফ্লাকে ওজন করা 5.94 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  কে ফানেলের সাহায্যে নেয়া হলো। পূর্বে প্রস্তুত করা 500 mL 0.20 M  $\text{NaHCO}_3$  দ্রবণটি এ ফানেলের মুখে ঢেলে সমস্ত  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  কে ফ্লাকে স্থানান্তর করা হলো। 0.20 M  $\text{NaHCO}_3$  দ্রবণ ঢেলে দ্বিতীয় ফ্লাকের 500 mL আয়তন পূর্ণ করা হলো। এরপে কার্বনেট বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো।

প্রস্তুত বাফার দ্রবণে pH পরীক্ষা : pH মিটারের ইলেকট্রোড বা probe কে বিকারে নেয়া 200 mL প্রস্তুত বাফার দ্রবণে ডুবিয়ে pH মিটারে pH মান 10 রিডিং পাওয়া গেল। সুতরাং প্রস্তুত বাফার দ্রবণের দলিলিত pH সঠিক আছে।

কার্যকারিতা পরীক্ষা : এবার বিকারে নেয়া 200 mL প্রস্তুত বাফার দ্রবণে 2 mL 0.1 M HCl এসিড দ্রবণ মিশিয়ে pH মিটারে pH মান 10 রিডিং পাওয়া গেল। অনুরূপভাবে ২য় বিকারে 200 mL বাফার দ্রবণ নিয়ে ঐ বাফার দ্রবণে 2 mL 0.1 M NaOH ক্ষার দ্রবণ মিশিয়ে দেখা গেল এবারও pH মিটারে pH মান 10 রিডিং দিছে। প্রস্তুত কার্বনেট বাফার দ্রবণে অল্প HCl ও অল্প NaOH দ্রবণ যোগ করার পরও pH এর মান স্থির থাকায় প্রস্তুত বাফার দ্রবণের কার্যকারিতা প্রমাণিত হলো।

বিভিন্ন জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ায়, মানুষের রক্তে, কৃষি ক্ষেত্রে, রসায়ন শিল্প ক্ষেত্রে, টয়লেট্রিজ ও রাসায়নিক বিশ্লেষণে pH এর মান নিয়ন্ত্রণ করা অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

## ৪.১৫ মানুষের রক্তের pH pH of Human Blood

মানুষের রক্ত এবং দেহের অন্যান্য তরল অংশ এমনভাবে গঠিত যে তাঁদের বাফার ক্ষমতা আছে। এর ফলে অ্যামাইনো এসিডসমূহ সুনির্দিষ্ট রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে বিভিন্ন জৈবিক রাসায়নিক কাজ সম্পন্ন করে।

দেহের বিভিন্ন তরল পদার্থের মধ্যে রক্ত একটি উৎকৃষ্ট বাফার দ্রবণ; রক্তে বাইকার্বনেট-কার্বনিক এসিড বাফার বিদ্যমান। **স্বাভাবিক অবস্থায় রক্তের pH = 7.4 [pH range : (7.35 – 7.45)]** এর কাছাকাছি থাকে। তাই **রক্ত সামান্য ক্ষারীয় প্রকৃতির বাফার দ্রবণ।**



চিত্র-৪.২৮ : pH মিটার দ্বারা বাফার দ্রবণের pH পরীক্ষা।

রক্তের স্থানিক pH থেকে ০.১ pH ইউনিট পরিবর্তন সীমার মধ্যে থাকলে রক্ত দ্বারা অ্বিজেন পরিবহন সুষ্ঠুভাবে ঘটে। তবে রক্তের pH কোনো কারণে ০.৫ এর বেশি পরিবর্তিত হলে জীবন সংকটাপন্ন হয়। তবে বিভিন্ন কারণে রক্তের pH এর মান ৭ থেকে ৭.৮ এর মধ্যে পরিবর্তিত হতে পারে।

- \* (i) মানুষের রক্তের pH মান ৭.৪৫ এর বেশি হলে এ অবস্থাকে চিকিৎসা বিজ্ঞানে অ্যালকালিসিস (alkalosis) বলে। অধিক অ্যালকালিসিস অবস্থায় রোগীর মৃত্যু ঘটে থাকে।
- \* (ii) মানুষের রক্তের pH ৭.০ এর কম হলে এ অবস্থাকে চিকিৎসা বিজ্ঞানে এসিডোসিস (acidosis) বলে। অধিক এসিডোসিসের কারণে স্নায়ুতন্ত্র ক্রমশ দুর্বল হয়ে রোগী চেতনা হারিয়ে দীর্ঘকালীন অচেতন বা কোমা (coma) অবস্থায় চলে যেতে পারে। **MAT: 16-17**

**MAT: 14-15** মানুষের রক্তের pH নিয়ন্ত্রণ : মানুষের রক্তের pH নিয়ন্ত্রণ প্রক্রিয়ায় নিম্নোক্ত বাফার সিস্টেম প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষভাবে জড়িত। যেমন, (১) রক্তে বাইকার্বনেট বাফার, (২) আস্তংকোষীয় ফসফেট বাফার এবং (৩) প্রোটিন বাফার।

তবে ফসফেট বাফার সিস্টেম ( $\text{HPO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{PO}_4^-$ ; এখানে  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  এসিডের  $K_a = 6.2 \times 10^{-8}$ ;  $pK_a = 7.21$ ) হলো আস্তংকোষীয় বাফার। রক্তের প্লাজমা তরলে নিম্ন ঘনমাত্রার জন্য বিশেষ ভূমিকা রাখে না। প্রোটিন বাফার সিস্টেমটি প্লাজমা প্রোটিন ও হিমোগ্লোবিন প্রোটিন সমন্বয়ে গঠিত। অ্যামাইনো এসিডের  $pK_a$  এর মানের ওপর প্রোটিন বাফারের দক্ষতা নির্ভর করে। হিমোগ্লোবিনে পর্যাপ্ত পরিমাণে ক্ষারীয় অ্যামাইনো এসিড হিস্টিডিন (৩৫%) থাকায় এটির  $pK_a$  মান প্রায় ৭। হিমোগ্লোবিন উৎকৃষ্ট বাফাররূপে রক্তের 'বাইকার্বনেট-কার্বনিক এসিড বাফার'-এর বাফার ক্রিয়া সামান্য (২%) নিয়ন্ত্রণ করে।

**DAT: 17-18** (১) রক্তের বাইকার্বনেট বাফার সিস্টেম : মানুষের রক্তে কার্যকর থাকে বাইকার্বনেট-কার্বনিক এসিড বাফার সিস্টেম ( $\text{HCO}_3^-/\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $pK_a = 6.1$ )। এটি বহিংকোষীয় এবং রক্তের প্লাজমা তরলের অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ বাফার সিস্টেম। এক্ষেত্রে কার্বনিক এসিডের বিয়োজন নিম্নরূপ :



$$\therefore K_a = \frac{[\text{H}^+] \times [\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \quad [K_a = 7.9 \times 10^{-7}]$$

$$\therefore [\text{H}^+] = \frac{K_a \times [\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{HCO}_3^-]} \quad pK_a = 6.1$$

$$\text{বা, } \text{pH} = pK_a + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} ; \quad \therefore \text{pH} = pK_a + \log \frac{[\text{লবণ}]}{[\text{এসিড}]}$$

**MCQ-4.34** : 0.05 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর pH কত? [কু. বো. ২০১৫]  
(ক) 1.0 (খ) 1.5 (গ) 2.0 (ঘ) 2.5

**MCQ-4.35** : 0.01 M  $\text{NaOH}$  এর pH কত? [দি. বো. ২০১৫]  
(ক) 1 (খ) 2 (গ) 12 (ঘ) 13

এক্ষেত্রে রক্তের প্লাজমা তরলে বাইকার্বনেট আয়ন ( $\text{HCO}_3^-$ ) এর ঘনমাত্রা হলো প্রায় 24 m mol/L এবং কার্বনিক এসিড ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) এর ঘনমাত্রা অর্ধাং  $\text{CO}_2$  এর জলীয় দ্রবণের ঘনমাত্রা হলো  $\text{CO}_2$  গ্যাসের আংশিক চাপ (40 mmHg), এবং এর দ্রাব্যতা গুণফল ধ্রুবক মানের গুণফলের সমান। এক্ষেত্রে  $\text{CO}_2$  এর দ্রাব্যতা গুণফল ধ্রুবক হলো 0.03।

$$\therefore \text{প্লাজমা তরলে } \text{H}_2\text{CO}_3 \text{ এর ঘনমাত্রা} = 40 \times 0.03 \text{ m mol/L} = 1.2 \text{ m mol/L}$$

$$\text{এখন মান বসিয়ে পাই, } \therefore \text{pH} = 6.1 + \log \frac{24}{1.2} = (6.1 + \log 20) = (6.1 + 1.3) = 7.4$$

\* (২) রক্তে বাইকার্বনেট বাফার ক্রিয়ার কৌশল : (i) রক্তে অন্নজাতীয় খাদ্যরস যুক্ত হওয়া ; অন্নজাতীয় খাদ্য যেমন অধিক লেবুর রস গ্রহণে অথবা রক্তে কোনো এসিড জাতীয় দ্রবণ শোষিত হলে অর্ধাং  $\text{H}^+$  আয়ন যুক্ত হলে তা  $\text{HCO}_3^-$  আয়ন দ্বারা নিম্নোক্ত বিক্রিয়া অনুসারে প্রশমিত হয়।

$\text{H}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ ; উৎপন্ন অস্থায়ী কার্বনিক এসিড ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) পরে বিয়োজিত হয়ে পানি ও  $\text{CO}_2$  গ্যাসে পরিণত হয়। ফুসফুসের মাধ্যমে নিঃস্থানে  $\text{CO}_2$  যুক্ত হয়।

(ii) রক্তে ক্ষার জাতীয় খাদ্যরস যুক্ত হওয়া : অপরদিকে ক্ষারজাতীয় খাদ্যরস বা ওষুধ প্রয়োগের ফলে রক্তে  $\text{OH}^-$  আয়ন বৃদ্ধি পেলে নিম্নোক্ত বিক্রিয়া দ্বারা তা প্রশমিত হয়।  $\text{OH}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq}) \longrightarrow \text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}$  (l)

এক্ষেত্রে রক্তের বাইকার্বনেট কার্বনিক এসিড বাফার দ্রবণ রক্তের pH এর মধ্যে নিয়ন্ত্রিত রাখে।

\* তাই যে সব ওষুধ ট্যাবলেটকাপে সেবন ও ইনজেকশনকাপে মানবদেহে প্রয়োগ করা হয়, এদেরকে এমনভাবে তৈরি করে নেয়া হয়, যাতে এরা সহজেই রক্তের হাইড্রোনিয়াম আয়নের মোলার ঘনমাত্রার  $[H_3O^+]$  সাথে সাম্যাবস্থায় পৌছায় এবং রক্তের pH-এর কোনোরূপ পরিবর্তন না ঘটায়।

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৬৮ : রক্তরসে থাকা এসিড ও ঐ এসিডের অনুবন্ধী ক্ষারক বা, লবণের ঘনমাত্রার অনুপাত 0.05 এবং রক্তের pH মান 7.4 থাকে। এক বিশেষ রাসায়নিক সিটেমের কারণে টক জাতীয় ফল যেমন লেবুর রস এবং ক্ষারধর্মী বিভিন্ন অল্পনাশক ঔষধ সেবনের পরও রক্তের pH মানের কোনো পরিবর্তন ঘটে না। [য. বো. ২০১৯; ব. বো. ২০১৬]

(গ) উদ্বীপক মতে, রক্তরসে বিদ্যমান দুর্বল এসিডটির  $K_a$  এর মান নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্বীপকের আলোকে রক্তের pH মান হ্রিয় থাকার কৌশলটি বিশ্লেষণ কর।

সমাধান : (গ) রক্তরসে থাকা এসিডটির  $K_a$  এর মান নির্ণয় :

উদ্বীপক মতে, রক্তরসে থাকা দুর্বল এসিডটি হলো কার্বনিক এসিড ( $H_2CO_3$ ) এবং এর অনুবন্ধী ক্ষারক হলো বাইকার্বনেট আয়ন ( $HCO_3^-$ ) বা, এর লবণ হলো সোডিয়াম বাইকার্বনেট লবণ ( $NaHCO_3$ )।

প্রশ্ন মতে, এসিড ও লবণটির অনুপাত অর্থাৎ  $H_2CO_3$  ও  $NaHCO_3$  এর ঘনমাত্রার অনুপাত = 0.05 এবং রক্তের pH = 7.4। এক্ষেত্রে বাফার দ্রবণের হেভারসন সমীকরণ মতে,

$$pH = pK_a + \log \frac{[লবণ]}{[অল্প]} ; \text{ সুতরাং সংশ্লিষ্ট মানগুলো বসিয়ে পাই—}$$

$$7.4 = -\log K_a + \log \frac{1}{0.05}$$

$$\text{বা, } \log K_a = -7.4 + \log 20 = (-7.4 + 1.3) = -6.1$$

$$\text{বা, } \text{anti log } K_a = \text{antilog} (-6.1); \text{ বা, } K_a = 0.000000794; \text{ বা, } K_a = 7.94 \times 10^{-7} \text{ (উত্তর)}$$

সমাধান : (ঘ) রক্তের pH মান হ্রিয় থাকার কৌশল :

অনুচ্ছেদ-৪.১৫ এ (২) রক্তের বাইকার্বনেট বাফার ক্রিয়ার কৌশল দেখো।

**MCQ-4.36 : মানুষের রক্তের pH**

রেঞ্জ কত? [য. বো. ২০১৬]

(ক) 1.0—2.0 (খ) 4.8—7.5

(গ) 6.4—6.9 (ঘ) 7.35—7.45

শিক্ষার্থী নিজে কর-৪.১৮ : বাফার দ্রবণভিত্তিক সমস্যা :

সমস্যা- ৪.৫০ : (ক) হেভারসন সমীকরণ ব্যবহার করে 0.20 M  $NaHCO_3$  ও 0.10 M  $Na_2CO_3$  দ্রবণের সম আয়তন মিশ্রণের বাফার দ্রবণের pH গণনা কর। [ $K_{a1} = 4.3 \times 10^{-7}; K_{a2} = 5.6 \times 10^{-11}$ ] [উ: pH = 9.95]

(খ) 0.1 M  $CH_3COOH$  দ্রবণে সমআয়তনের 0.1 M  $CH_3COONa$  দ্রবণ মিশানো আছে। সৃষ্টি বাফার দ্রবণে pH কত?  $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ . [উ: 4.74]

(গ) 25 mL 0.2 M অ্যাসিটিক এসিড দ্রবণে 20 mL 0.2 M NaOH দ্রবণ মিশানো আছে। উৎপন্ন বাফার দ্রবণে pH কত?  $K_a = 1.0 \times 10^{-5}$ . [উ: 5.60]

সমস্যা-৪.৫১ : (ক) তুষি কীরণে pH 10.40 বিশিষ্ট  $NaHCO_3$ — $Na_2CO_3$  বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করবে? [ $K_a = 4.7 \times 10^{-11}$ ] [উ:  $Na_2CO_3 : NaHCO_3 = 1.20 : 1.0$ ]

(খ) 4.0 pH বিশিষ্ট বাফার দ্রবণ তৈরি করতে 60 mL 0.05 M ফরামিক এসিড দ্রবণে কত mL 0.1 M সোডিয়াম ফরমেট দ্রবণ যোগ করতে হবে? এক্ষেত্রে  $pK_a = 3.8$ . [উ: 47.55 mL]

প্রস্তুত্য : এক্ষেত্রে ব্যবহৃত সমীকরণের  $\frac{[লবণ]}{[অল্প]}$  এর ক্ষেত্রে  $x$  mL 0.1 M  $HCOONa$  এর মোল সংখ্যা  $= 0.1 \times x(\text{mol})/1000 = 0.0001x \text{ mol}$  এবং 60 mL 0.05 M  $HCOOH$  এর মোল সংখ্যা  $= 0.05 \times 60 (\text{mol})/1000 = 0.003 \text{ mol}$

(গ) pH 5 বিশিষ্ট বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করতে ইথানোয়েট কী মোলার অনুপাতে মিশ্রিত করতে হবে, তা গণনা কর।  $pK_a = 4.8$ . [উ: এসিড : লবণ = 1 : 1.6 বা, 0.63 : 1]

প্রস্তুত্য :  $pH = pK_a + \log \left( \frac{[লবণ]}{[অল্প]} \right)$ ; বা,  $(5.0 - 4.8) = \log \left( \frac{[লবণ]}{[অল্প]} \right)$  বা,  $0.2 = \log \left( \frac{[লবণ]}{[অল্প]} \right)$ ,  $\text{antilog}(0.2) = [লবণ]/[অল্প]$ ।

- (ঘ) কোনো বাফার দ্রবণে  $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  ঘনমাত্রার ইথানোয়িক এসিড এর সাথে  $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  সোডিয়াম ইথানোয়েট দ্রবণ মিশানো আছে। ঐ বাফার দ্রবণের pH হিসাব কর। ( $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ ) [উ: 4.75]
- (ঙ) কোনো বাফার দ্রবণে ইথানোয়িক এসিড ও সোডিয়াম ইথানোয়েটের ঘনমাত্রা যথাক্রমে  $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  এবং  $0.15 \text{ mol L}^{-1}$  হলে ঐ বাফার দ্রবণের pH নির্ণয় কর। ইথানোয়িক এসিডের  $K_a = 1.77 \times 10^{-5}$ । [উ: 4.93]
- (চ) কোনো বাফার দ্রবণে ইথানোয়িক এসিডের ঘনমাত্রা  $0.10 \text{ mol L}^{-1}$  এবং সোডিয়াম ইথানোয়েটের ঘনমাত্রা  $0.20 \text{ mol L}^{-1}$  আছে। ইথানোয়িক এসিডে  $K_a = 1.80 \times 10^{-5}$  হলে ঐ বাফার দ্রবণের pH কত হবে? [উ: 5.05]
- (ছ) একটি মিশ্র জলীয় দ্রবণে ইথানোয়িক এসিডের ঘনমাত্রা  $0.2 \text{ mol L}^{-1}$  এবং সোডিয়াম ইথানোয়েটের ঘনমাত্রা  $0.3 \text{ mol L}^{-1}$ । ইথানোয়িক এসিডের  $K_a = 1.80 \times 10^{-5}$  হলে ঐ বাফার দ্রবণের pH নির্ণয় কর। [উ: 4.92]
- (জ) কোনো একটি ক্ষারীয় বাফার দ্রবণে  $\text{NH}_4\text{OH}$  আছে  $0.015 \text{ mol L}^{-1}$  এবং  $\text{NH}_4\text{Cl}$  আছে  $0.025 \text{ mol L}^{-1}$ । এ বাফার দ্রবণে pH কত হবে?  $\text{NH}_4\text{OH}$  দ্রবণের  $K_b = 1.77 \times 10^{-5}$ । [উ: 9.03]
- (ঝ)  $\text{pH} = 4.6$  বিশিষ্ট একটি বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করতে যে অনুপাতে সোডিয়াম অ্যাসিটেট ও অ্যাসিটিক এসিড মিশাতে হবে তা নির্কল্পণ কর। দেয়া আছে,  $pK_a = 4.75$ । [উ: লবণ : এসিড =  $0.708 : 1$ ]
- (ঞ)  $15 \text{ mL } 0.15 \text{ M}$  অ্যাসিটিক এসিড দ্রবণে  $6 \text{ mL } 0.15 \text{ M NaOH}$  দ্রবণ যোগ করা হলো। মিশ্রিত দ্রবণের pH কত হবে? [ $pK_a = 4.76$ ] [উ: 4.58]
- (ট)  $1.0 \text{ M CH}_3\text{-COOH}$  দ্রবণের মধ্যে প্রয়োজনীয়  $\text{CH}_3\text{-COONa}$  যোগ করে  $4.95 \text{ pH}$  মানের একটি বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো। বাফার দ্রবণে  $\text{CH}_3\text{-COONa}$  এর ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। ( $pK_a = 4.7447$ )। [উ: 1.604M]
- (ঠ)  $1\text{L}$  আয়তনের  $1 \text{ M CH}_3\text{-COOH}$  দ্রবণের মধ্যে  $0.305 \text{ L } \text{CH}_3\text{-COONa}$  যোগ করে  $4.23 \text{ pH}$  মানের বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো। বাফার দ্রবণে  $\text{CH}_3\text{-COONa}$  এর ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। ( $pK_a = 4.7447$ ) [উ: 1.0M]
- (ড)  $50 \text{ mL } 0.175 \text{ M}$  মিথানোয়িক এসিড দ্রবণে  $50 \text{ mL } 0.09 \text{ M}$  কষ্টিক সোডার দ্রবণ যোগ করে বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করা হলো। দ্রবণের pH মান গণনা কর। ( $K_a = 1.8 \times 10^{-4}$ ) [উ: 3.77]
- (ঢ)  $5 \text{ pH}$  মানের একটি বাফার দ্রবণ প্রস্তুত করতে ইথানোয়িক এসিড ও সোডিয়াম ইথানোয়েট কী অনুপাতে মিশাতে হবে? ( $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ ) [উ: এসিড : লবণ =  $0.555 : 1$ ]

### ৮.১৬.১ কৃষি উৎপাদনে pH এর গুরুত্ব

#### Importance of pH in Agriculture

কৃষি উৎপাদনে ও মাটির pH নিয়ন্ত্রণ গুরুত্বপূর্ণ। উর্বর মাটির অত্যানুকূল pH পরিসর  $6.0 - 7.0$  হয়। অধিকাংশ উদ্ভিদের জন্য এ pH উভয়। মাটির pH একটি সুনির্দিষ্ট সীমার মধ্যে হলেই গাছপালা মাটি থেকে প্রয়োজনীয় খাদ্য গ্রহণ করতে পারে, নতুনা নয়। pH এর মান 3 এর চেয়ে কম হলে অর্থাৎ মাটি অধিক অঙ্গীয় হলে গাছপালা মরে যায়। যেমন, এসিড বৃষ্টির ফলে pH এর মান হাস পাওয়ায় অনেক স্থানে গাছপালা মরে গিয়ে মরু প্রক্রিয়া সৃষ্টি হয়। লালমনিরহাট এলাকার অন্ধধৰ্মী মাটিতে চুন ( $\text{CaO}$ ) ও ডলোমাইট ( $\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$ ) গুঁড়া দেয়ার পর ঐ মাটির pH বৃদ্ধি পায়। ফলে ঐ মাটিতে গম, ভূট্টা, চীনাবাদাম চাষ করা সম্ভব হচ্ছে। আবার ক্ষারকীয় মাটির বেলায় মাটির pH এর মান ৯.৫ এর উপরে হলে মাটির উর্বরতা বিনষ্ট হয়। কারণ তখন মাটির উর্বরতা সহায়ক অণুজীব মরে যায়।

MAT: 10-11

\* মাটির অণুজীব বৃদ্ধির সহায়ক pH হলো 6.6 – 7.3. বিভিন্ন অণুজীব মাটির উর্বরতা বৃদ্ধির উপাদান N,S,P মৌল যোগান দেয়।

\* সূতরাং কৃষি জমিতে মাটির pH এর বিস্তার কৃষি কাজের অবস্থাভেদে বিভিন্ন অঞ্চলে ৩~৯.৫ এর মধ্যে রাখা হয়।

তাই (১) অন্ধধৰ্মী মাটির pH বাড়াতে চুন এবং ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনিসিয়াম প্রত্তির কার্বনেট যেমন লাইম টেন্ট গুঁড়া ( $\text{CaCO}_3$ ) ও ডলোমাইট গুঁড়া [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ] ব্যবহৃত হয়। অপরদিকে (২) ক্ষারকীয় মাটির pH কমাবার জন্য

DAT: 18-19

বিভিন্ন নাইট্রেট সার যেমন,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  এবং ফসফেট সার যেমন টি. এস. পি বা মনোক্যালসিয়াম ফসফেট,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  ও সুপার ফসফেট ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়। সুপার ফসফেট হলো মনো ক্যালসিয়াম ফসফেট মনোহাইড্রেট  $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]$  ও জিপ্সাম  $[\text{Ca}(\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})]$  গুঁড়ার মিশ্রণ। ডাই অ্যামোনিয়াম ফসফেট (DAP)  $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$  সারটি অম্লধর্মী মাটি ( $\text{pH} < 7$ ), ক্ষারধর্মী মাটি ( $\text{pH} > 7$ ) ও নিরপেক্ষ মাটি ( $\text{pH} = 7$ ) প্রত্যেকের বেলায় সমভাবে ব্যবহার করা যায়। তবে অন্য ফসফেট সার ক্ষারধর্মী মাটির pH মান কমাবার ক্ষেত্রে অধিক কার্যকর।

MCQ-4.37 : 12.5% NaOH

দ্রবণের pH কত? [ব. বো. ২০১৬]

(ক) 12.51 (খ) 13.51

(গ) 14.51 (ঘ) 15.51

### ৪.১৬.২ রসায়ন শিল্পে pH এর গুরুত্ব

#### Importance of pH in Chemical Industries

বিভিন্ন শিল্প প্রক্রিয়ায়ও pH এর অতি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা আছে। বিভিন্ন ওষুধ উৎপাদনে, ফার্মেসিয়েটিশন বা গাঁজন প্রক্রিয়ায় অ্যালকোহল উৎপাদনে, বেকারিতে, লজেস জাতীয় মিষ্টিদ্রব্য প্রস্তুতিতে pH এর প্রয়োজনীয় নির্দিষ্ট যান রক্ষা করা অতীব প্রয়োজন। এ ছাড়া চামড়ার ট্যানিং, বায়োলজিক্যাল কালচার প্রস্তুতিতে, মস্তিকা রসায়নে pH এর নিয়ন্ত্রণ গুরুত্বপূর্ণ। সুগার মিলে আখের রস থেকে সুগার বা চিনি উৎপাদনের বেলায় দ্রবণের pH নিয়ন্ত্রণে রাখা হয়। ফলে চিনি বা সুক্রোজ অণু অর্দ্ধ বিশ্লেষিত হয়ে ইনভার্ট চিনি অর্থাৎ সমমোলার গুকোজ ও ফ্রুটোজে রূপান্তর বা সুক্রোজের ইনভারশন (inversion) রোধ হয়। কাপড়ের সুতার বিরঙ্গনে ও ডায়িং কাজে বিভিন্ন ডাই বা রঞ্জকের দ্বারা প্রিন্ট কাপড় উৎপাদনে বিভিন্ন pH মান বিভিন্ন রঞ্জকের বেলায় নিয়ন্ত্রণ করতে হয়। রঞ্জকের pH মান নিয়ন্ত্রণ করা না হলে প্রিন্ট-কাপড়ের ক্ষতি হয়। এছাড়া কলমের কালি, ধাতু নিষ্কাশনে তেল-ফেনা প্রক্রিয়ায় সালফাইড আকরিক গাঢ়িকরণে, শিল্প বর্জ্য শোধনে ETP-তে pH মান নিয়ন্ত্রণ অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। মৃৎ শিল্পে কাদা মাটির pH মান 6 – 6.5 থাকে। চামড়া ট্যানিং pH মান 4.0 – 4.5 রাখা হয়।

### ৪.১৬.৩ টয়লেট্রিজ উৎপাদনে pH এর গুরুত্ব

#### Importance of pH in Toiletries

বর্তমানে টয়লেট্রিজ বলতে টয়লেট সাবান, শ্যাম্পু, ফেস-ওয়াশ ও টুথপেস্ট ইত্যাদিকে বোঝায়। এ সব সামগ্রী দেহের ত্তুক, মাথার চুল ও চুলের গোড়া পরিচর্যায় এবং মুখের ভিতরে দাঁত-মাচির পরিচর্যায় ব্যবহৃত হয়। ত্তুক দেহের তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণে ভূমিকা রাখে। এছাড়া বাইরের ক্ষতিকর ফাংগাস, ভাইরাস, ব্যাকটেরিয়াসহ বিভিন্ন রোগজীবাণুর আক্রমণ প্রতিরোধ করে। এসব ক্ষতিকর রোগজীবাণুর প্রতিরোধে অল্লিয় পরিবেশ কার্যকর। তাই প্রাকৃতিক নিয়মেই ত্তুকের নিচে থাকা সেবাসিয়াস গ্ল্যান্ড থেকে নিঃস্ত সেবাম (sebum) নামক তেল জাতীয় পদার্থ বহিঃত্তুকের (epidermis) উপরে মসৃণ এসিড আবরণ (acid mantle) সৃষ্টি করে। তখন বয়স্ক লোকের ত্তুকের pH মান সাধারণত 4.0 – 5.5 পরিসরে থাকে। তবে ২-১ মাসের শিশুর কোমল ত্তুকের pH অনেক বেশি (6.5 – 5.5) থাকে। তখনও শিশুর ত্তুকের এসিড-আবরণটি পূর্ণভাবে গঠিত হয়নি। অধিকাংশ বয়স্ক লোকের মুখমণ্ডল ও দেহত্তুকের pH এর পরিসর 4.7 – 5.75 এর মধ্যে থাকে।

বহিঃত্তুকের এ এসিড-আবরণটি ত্তুকের আদ্রতা বজায় রাখা কোষসমূহের মধ্যে সংযোগ রক্ষা করা, ত্তুকের কমনীয়তা ও দৃঢ়তা দান ইত্যাদি ভূমিকা পালন করে। তাই কোনো কারণে ত্তুকের এসিড আবরণ নষ্ট হলে ত্তুকের সামগ্রিক ক্ষতি হয়। যেমন কাপড় কাচা সাবান, ডিটারজেন্ট ও বাসনপত্র ধোয়ার সাবানে অধিক ক্ষার থাকে, এদের দ্রবণে pH মান 11 – 13 হয়। এ সব সাবান ব্যবহারকারীর হাতের বহিঃত্তুকের ক্ষতি হয়। ত্তুক শুষ্ক, অমসৃণ ও রুক্ষ হয়ে থাকে। তাই বিভিন্ন টয়লেট্রিজ উৎপাদনে pH মান নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে রাখতে হয়। যেমন,

(i) ত্তুককে ব্যাকটেরিয়ার আক্রমণ থেকে রক্ষা করতে ত্তুকের pH 4.0 – 5.5 এ রাখতে হবে। এক্ষেত্রে অ্যান্টি অক্সিডেন্টসমূহ যেমন ভিটামিন A, C, E এবং সবুজ চা পান কার্যকর ভূমিকা রাখে।

(ii) গোসল করার সাবানের pH মান 7-8 এর মধ্যে রাখা হয়।

(iii) চুলের শ্যাম্পুতে pH মান 5-7 এর মধ্যে রাখা হয়।

(iv) ফেস-ওয়াশ এর বেলায় 6-8 এর মধ্যে রাখা হয়।

(iv) টুথপেস্টের pH এর মান 8 এ রাখা হয়।

MCQ-4.38 : মাটির pH কমানোর জন্য

কোনটি ব্যবহৃত হয়? [সি. বো. ২০১৫]

(ক)  $\text{CaCO}_3$  (খ)  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (গ)  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  (ঘ)  $\text{CaO}$

### ৪.১৬.৪ ওষুধ সেবনে pH এর গুরুত্ব

#### Importance of pH in Taking Medicine

মানুষের শরীরের প্রতিটি তন্ত্রের কোষগুলোতে শারীরবৃত্তীয় বিভিন্ন বিক্রিয়াগুলো এনজাইম দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয় এবং প্রতিটি তন্ত্রের তরলের সুনির্দিষ্ট pH মান রয়েছে। যেমন, (১) চোখের পানির pH = 6.6–7.6; (২) মুখের লালা বা স্যালিভার pH = 6.2–7.4; (৩) মাত্তদুংফোর pH = 6.6–6.9, (৪) প্রস্তাবের pH = 4.5–8.0; (৫) রক্তের pH 7.4 এবং (৬) মুখ গহ্বরের পর পাকস্থলীর বিভিন্ন জীবাণুনাশক সবচেয়ে বেশি অঙ্গীয় পরিবেশের pH (1.5–3.5) থাকে। ফলে পাকস্থলীর এনজাইম পেপ্সিন সক্রিয় থাকে। এরপর ক্ষুদ্রান্ত্রের গুরুত্বে পিস্তরসের ক্ষারীয় পরিবেশে pH = (7.4–8.0) পর্যন্ত থাকে।

শারীরবৃত্তীয় pH মানভিত্তিক কোনো প্রক্রিয়ায় ব্যক্তিক্রম ঘটলে আমরা শারীরিকভাবে অসুস্থ হই। অসুস্থ শরীরকে সুস্থ করতে ওষুধ নামক বিভিন্ন রাসায়নিক পদার্থ মুখে অথবা ইনজেকশনরূপে গ্রহণ করি। মুখে গোলা ওষুধ ও চোখে দেয়া ড্রপ-প্রতিক্রিয়ে আন্তঃকোষে শোষিত হয় এবং রক্ত প্রবাহে মিশে অসুস্থ তন্ত্রে ক্রিয়া করে সুস্থতা স্থিত করে।

ওষুধ সেবনের বেলায় চিকিৎসকের পরামর্শ মতে সঠিক মাত্রায় ওষুধ গ্রহণ করতে হবে। সঠিক মাত্রায় গৃহীত ওষুধ অসুস্থ তন্ত্রের pH পরিসরে সঠিকভাবে শোষিত হয়ে কার্যকর ভূমিকা রাখতে পারে। ওষুধের শোষণ শরীরের প্রতিটি প্রবেশ পথের তুক দ্বারা ঘটে। ওষুধ বা ড্রাগ (drug) অণুর শোষণ প্রক্রিয়াটি এদের দ্রাব্যতা, আয়নীকরণ বা বিয়োজন মাত্রা ও pH এর মান ইত্যাদির ওপর নির্ভর করে।

প্রতিটি ওষুধ বা ড্রাগ পানিতে কম বেশি দ্রবীভূত হতে হয় এবং এদের বিয়োজন মাত্রাও ভিন্ন হয়। প্রতিটি ড্রাগ-অণু অবিয়োজিত অণু ও বিয়োজিত আয়নরূপে দ্রবণে থাকে।

গৃহীত ড্রাগ বা ওষুধ = অবিয়োজিত অণু + বিয়োজিত আয়নদ্বয়

অবিয়োজিত ড্রাগ বা ওষুধ অণুসমূহ অধিক কার্যকরভাবে শোষিত হয়। যেমন,

(১) জুর ও ব্যথা নিবারক ওষুধ অ্যাস্পিরিন, প্যারাসিটামল ইত্যাদি অন্ধধর্মী ওষুধের শোষণ প্রক্রিয়া পাকস্থলীর অঙ্গীয় পরিবেশে সুস্থভাবে ঘটে। কারণ পাকস্থলীয় pH (1.5–3.5) পরিবেশে এসব ওষুধ কম আয়নিত হয়।

(২) আবার জুরের ওষুধ ক্লোরোকুইন ম্যান ক্ষারধর্মী হওয়ায় ক্ষুদ্রান্ত্রের pH (7.5–8.0) পরিসরে আয়নীকরণ করে ঘটে এবং অণুরূপে সঠিকমাত্রায় শোষিত হয়।

সুতরাং অসুস্থ শরীরে ওষুধ সেবন এবং ওষুধের কার্যকারিতা সম্পূর্ণরূপে দেহ মাধ্যমের pH পরিসরের ওপর নির্ভরশীল।

### ৪.১৭ pH পরিমাপ করে উপযুক্ত প্রসাধন সামগ্রী নির্বাচন

#### Selection of Proper pH-Cosmetics after Testing

আমাদের প্রাত্যহিক ব্যবহার্য সাধারণ প্রসাধন সামগ্রীর মধ্যে উল্লেখযোগ্য হলো— (১) টয়লেট সাবান, (২) টুথপেস্ট, (৩) কোল্ড ক্রীম/স্রো, (৪) ট্যালকম পাউডার ইত্যাদি। এসব প্রসাধনীর মধ্যে টুথপেস্ট দাঁত ও মুখের ভিতরে পরিষ্কার করার কাজে ব্যবহৃত হয়। অন্যসব সামগ্রী যেমন টয়লেট সাবান, কোল্ড ক্রীম/স্রো ও পাউডার তুকের পরিচর্যার জন্য ব্যবহৃত হয়।

বড়দের তুকের ওপর অঙ্গীয় পরিবেশ থাকে; তুকের pH 4–6 এর মধ্যে থাকে। কিন্তু নবজাতকের তুকের pH 7 এর কাছাকাছি হয়। তাই বড়দের জন্য যে প্রসাধনী ব্যবহৃত হয়, তা শিশুদের জন্য প্রযোজ্য নয়। এতে শিশুর তুকের মারাত্মক ক্ষতি হতে পারে। আবার মুখের ভিতর অঙ্গীয় পরিবেশ থাকে। মুখে দুর্গন্ধ, দাঁতের গোড়ায় বেদনা হলে জীবাণু নাশকরূপে ‘এন্টিসেপ্টিক মাউথ ওয়ার্স’ ব্যবহৃত হয়। এতে pH 5.5 লেখা থাকে। যা মুখের লালার pH (6.2–7.4) এর কাছাকাছি থাকে। কিন্তু খাবার গ্রহণের পর এক ঘণ্টার মধ্যে মুখের লালার pH 3 এর নিচে আসে। কারণ আমাদের খাবারের চিনি থেকে এসিড উৎপন্ন হয়। তাই অধিক অঙ্গীয় পরিবেশকে কিছুটা প্রশমিত করার জন্য টুথপেস্টের pH 8 এর কাছাকাছি রাখা হয়। এখন আমরা সাধারণ কমমেটিক বা প্রসাধনীর pH অনুসঙ্গান পরীক্ষা করে উপযুক্ত প্রসাধন সামগ্রী ব্যবহারের জন্য নির্বাচন করতে সক্ষম হব।

শিক্ষার্থীর কাজ : ল্যাবরেটরিতে শিক্ষার্থীরা ফট্প করে এ কাজ করবে।

সাধারণ 'কসমেটিক'-এর pH পরিমাপ ও কসমেটিক নির্বাচন

পরীক্ষা নং-১ : বাজারের বিভিন্ন ব্র্যান্ডের টয়লেট সাবান-এর pH পরীক্ষা ও ব্যবহার যোগ্যতা নির্ধারণ

সময় : ২ পিঁরিয়ড়

তারিখ : .....

(ক) উদ্দেশ্য : বাজারজাত টয়লেট সাবানে pH সঠিকভাবে নিয়ন্ত্রণ করা হয়েছে কীনা, তা জানা।

(খ) প্রয়োজনীয় বস্তু : বিভিন্ন ব্র্যান্ডের টয়লেট সাবান যেমন, Lux, Tibet, Nirma

(গ) pH পরিমাপের জন্য প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : (১) বিকার, (২) গ্লাস রড, (৩) ওয়াস বোতল, (৪) pH মিটার, অথবা' সার্বজনীন নির্দেশক (ইউনিভার্সেল ইভিকেটর), সার্বজনীন নির্দেশক-এর বিভিন্ন pH পরিসরে বর্ণ পরিবর্তন সারণি নিম্নরূপ :

সারণি-৪.৫ : সার্বজনীন নির্দেশকের বিভিন্ন pH-এর বর্ণ :

pH	3.4	5.6	7	8, 9, 10	11, 12	1.2	13, 14
সার্বজনীন নির্দেশকের বর্ণ :	লাল Red	কমলা Orange	হলুদ Yellow	সবুজ Green	নীল-সবুজ Blue-Green	নীল Blue	বেগুনি Violet

(ঘ) কাজের ধারা : (১) পৃথক বিকারে পানিতে প্রতিটি ব্র্যান্ডের টয়লেট সাবানের দ্রবণ তৈরি করা হয়।

(২) প্রতিটি সাবানের দ্রবণে pH মিটার-এর ইলেকট্রোড ডুবানো হয়। মিটার রিডিং নিচের ছকে রেকর্ড করা হয়।

অথবা সাবানের দ্রবণে সার্বজনীন নির্দেশক কাগজ (বা দ্রবণ) যোগ করা হয়। নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তন দেখে pH মান ঠিক করে ছকে রেকর্ড করা হয়।

(ঙ) পর্যবেক্ষণ ও সিদ্ধান্ত : শেষে তুকের pH মতে পরীক্ষাধীন ব্র্যান্ডের সাবান তুকের বা স্বাস্থ্যের ওপর কোনো প্রভাব সৃষ্টি করবে কীনা মন্তব্য প্রদান।

সাবানের নমুনা	নমুনার pH মান	অনুমোদিত pH মান	নমুনায় pH কম/বেশি	ব্যবহার সম্বন্ধে মতামত
১। ব্র্যান্ড - ১	7		pH কম	১। শুক তুকের জন্য ব্যবহারে সুবিধাজনক।
২। ব্র্যান্ড - ২	8.1	7-8	pH বেশি	২। ব্র্যান্ড-২, ৩ এর কিছু বেশি ক্ষার থাকায়
৩। ব্র্যান্ড - ৩	8.2		pH বেশি	তৈলাক্ত তুকের জন্য সুবিধাজনক।

পরীক্ষা নং-২ :

বাজারের বিভিন্ন ব্র্যান্ডের টুথপেস্ট এর pH পরীক্ষা ও ব্যবহার যোগ্যতা নির্ধারণ

(ক) উদ্দেশ্য : বাজারজাত টুথপেস্ট pH সঠিকভাবে নিয়ন্ত্রণ করা হয়েছে কীনা; তা জানা।

(খ) প্রয়োজনীয় বস্তু : বিভিন্ন ব্র্যান্ডের টুথপেস্ট যেমন Pepsodent, White plus, Colgate

(গ) প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : (১) pH মিটার বা সার্বজনীন নির্দেশক, (২) বিকার, (৩) গ্লাস রড, (৪) ওয়াস বোতল।

(ঘ) কাজের ধারা : পূর্বের পরীক্ষার মতো।

(ঙ) পর্যবেক্ষণ ও সিদ্ধান্ত : পূর্বের পরীক্ষার মতো।

টুথপেস্টের নমুনা	নমুনার pH মান	অনুমোদিত pH মান	নমুনায় pH কম/বেশি
১। ব্র্যান্ড - ১	8	8	ব্র্যান্ড-১ ও ব্র্যান্ড-২ এর pH অনুমোদিত pH বজায় রেখেছে। তাই সকলের ব্যবহারযোগ্য।
২। ব্র্যান্ড - ২	8		ব্র্যান্ড-৩ এর pH কিছুটা বেশি, তাই শিশুদের ব্যবহার অযোগ্য হবে।
৩। ব্র্যান্ড - ৩	8.5		

পরীক্ষা নং-৩ : বাজারের বিভিন্ন ব্র্যান্ডের কোন্ত ক্রিম/মো এর pH পরীক্ষা ও ব্যবহার যোগ্যতা নির্ধারণ

উপরের পরীক্ষার মতো শিক্ষার্থীরা ফট্প করে এ পরীক্ষাটি কর।

## ৪.১৮ ভর ও শক্তির নিয়তা সূত্র

### Law of Conservation of Mass and Energy

তোমরা নবম-দশম শ্রেণির রসায়ন বইতে পড়েছ, রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদ ভরের নিয়তা সূত্র মেনে চলে। কারণ বিক্রিয়ক অণুতে থাকা পরমাণুগুলো বিক্রিয়া পরিবেশে তাপ আদান প্রদান করে পুরাতন বন্ধন ভেঙে নতুন বন্ধন দ্বারা উৎপাদ অণু তৈরি করে। বিক্রিয়াকালে পরমাণুগুলো স্থান পরিবর্তন করে মাত্র। এখন আমরা রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে ভরের নিয়তা সূত্রের সাথে শক্তির নিয়তা সূত্রও আলোচনা করব।

মনে রাখবে, যখন কোনো রাসায়নিক পরিবর্তন বা বিক্রিয়া সংষ্টিত হয়, তাতে হয় তাপশক্তি শোষিত হবে, না হয় শক্তি বর্জিত হবে; অবশ্য এ শক্তি আলো বা অন্য কোনো প্রকারেরও হতে পারে। তবে সব ক্ষেত্রে মোট শক্তির রূপান্তর স্থির থাকে। রাসায়নিক বা বিক্রিয়ার শক্তির যে পরিবর্তন ঘটে, তা তাপগতিবিজ্ঞানের প্রথম সূত্র দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

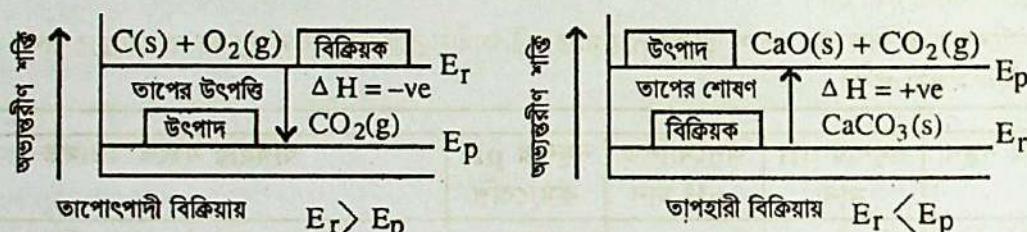
সূত্রটি হলো : “শক্তি এক রূপ থেকে অন্যরূপে পরিবর্তিত হতে পারে; কিন্তু একে কখনো সৃষ্টি বা হ্রাস করা যায় না।”

যেমন, যিথেন গ্যাসের দহনে যে শক্তি তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়, তাকে পদার্থের অভ্যন্তরীণ শক্তি বলা হয়। অভ্যন্তরীণ শক্তির ওপর নির্ভর করে বিক্রিয়াকালে শক্তির শোষণ বা উত্তোলন ঘটতে পারে।

তাপের শোষণ বা বর্জনের ওপর ভিত্তি করে রাসায়নিক পরিবর্তনকে দুভাগে ভাগ করা যায়—

(i) তাপোৎপাদী পরিবর্তন বা বিক্রিয়া ও (ii) তাপহারী পরিবর্তন বা বিক্রিয়া।

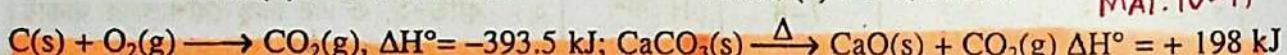
তাপোৎপাদী বিক্রিয়ায় উৎপাদের অভ্যন্তরীণ শক্তি বিক্রিয়কের অভ্যন্তরীণ শক্তির চেয়ে কম হয়। আবার তাপহারী বিক্রিয়ায় উৎপাদের অভ্যন্তরীণ শক্তি ( $E_p$ ) বিক্রিয়কের অভ্যন্তরীণ শক্তির ( $E_r$ ) চেয়ে বেশি হয়।



চিত-৪.২৯(ক) : তাপোৎপাদী বিক্রিয়া

চিত-৪.২৯(খ) : তাপহারী বিক্রিয়া

MAT: 10-11



অভ্যন্তরীণ শক্তি : সব বস্তুকণার মধ্যে স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তি রূপে শক্তি সঞ্চয়িত থাকে। বস্তুকণার মোট স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তিকে সিটেমের বা বস্তুর অভ্যন্তরীণ শক্তি বা Internal energy বলে।

বস্তুতে অণু, পরমাণু, আয়ন প্রভৃতি একে অপরের সাপেক্ষে যে অবস্থান গ্রহণ করে তার ওপর ঐ বস্তুর অভ্যন্তরীণ স্থিতিশক্তি নির্ভর করে। বন্ধন ভাঙ্গন ও বন্ধন গড়ন প্রক্রিয়ায় স্থিতিশক্তির পরিবর্তন ঘটে। অপরদিকে বস্তুর অণু, পরমাণু, আয়ন প্রভৃতি বিভিন্ন কণার কম্পন, ঘূর্ণন ও স্থানান্তর গতির ওপর বস্তুর অভ্যন্তরীণ গতিশক্তি নির্ভর করে।

উল্লেখ্য কোনো বস্তু পারিপার্শ্বিক বস্তু থেকে তাপ শক্তি শোষণ করলে তার অভ্যন্তরীণ শক্তির মান বেড়ে যায়। যদি কোনো বস্তু পারিপার্শ্বিক বস্তুতে শক্তি ছেড়ে দেয়; তবে ঐ বস্তুর অভ্যন্তরীণ শক্তির মান কমে যায়।

কোনো বস্তুর অভ্যন্তরীণ শক্তির প্রকৃত মান ( $E$ ) কখনো মাপা যায় না; তবে বস্তুর অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তনের পরিমাণ  $\Delta E$  মাপা যায়। স্থির চাপে, কোনো বিক্রিয়ার অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন ( $\Delta E$ ) নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায়।  $\Delta E = E_p - E_r$  [এখানে ‘ $\Delta$ ’ উচ্চারণ ‘ডেল্টা’, অর্থ = মাপনযোগ্য পরিবর্তন]

স্থির চাপে বিক্রিয়া তাপ : পরীক্ষাগারে সাধারণত স্থির বায়ুমণ্ডল চাপে অধিকাংশ বিক্রিয়া খোলাপাত্র যেমন বিকার, টেস্টটিউব ইত্যাদিতে ঘটানো হয়। তখন কোনো বিক্রিয়ায় গ্যাস উৎপন্ন হলে এর আয়তন বৃদ্ধি ঘটে বলে উৎপন্ন গ্যাসটিকে বায়ুমণ্ডল চাপের বিপরীতে কাজ করতে হয়। এজন্য শক্তি ব্যয়িত হয়। সুতরাং স্থির চাপে শোষিত তাপশক্তি ( $q_p$ ) এর পরিমাণ গ্যাসের অভ্যন্তরীণ শক্তির বৃদ্ধি ( $\Delta E$ ) এবং আয়তন বৃদ্ধিজনিত কাজ ( $P \times \Delta V$ ) এর যোগফলের সমান হয়।

$$\therefore q_p = \Delta E + P \times \Delta V$$

আবার অভ্যন্তরীণ শক্তির বৃদ্ধি ও ঐ বস্তু দ্বারা সম্পন্ন কাজ-এ উভয় রাশিকে একত্রে প্রকাশ করার জন্য তাপগতি বিজ্ঞানে এন্থালপি (enthalpy) নামক একটি রাশি ব্যবহৃত হয়, একে  $H$  প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$\therefore q_p = \Delta E + P \times \Delta V = \Delta H$$

$$\therefore \Delta H = \Delta E + P \times \Delta V$$

উল্লেখ গ্রিক শব্দ enthalpein অর্থাৎ 'to warm in' থেকে এন্থালপি শব্দের উৎপত্তি হয়েছে। এন্থালপিকে ধূত তাপও বলা হয়।

এন্থালপির সংজ্ঞা : স্থির চাপে কোনো সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তি ( $U$ ) এর সাথে সিস্টেমের চাপ ও আয়তনের গুণফল ( $P \times V$ ) শক্তি যোগ করলে যে মোট শক্তি হয়, তাকে সিস্টেমের এন্থালপি বা ধূত তাপ বলে। এন্থালপিকে ' $H$ ' দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অর্থাৎ,

$$H = U + P \times V; \quad \text{যেখানে, } P = \text{সিস্টেমের চাপ}$$

$$V = \text{সিস্টেমের আয়তন}$$

**MCQ-4.39 : 0.01(M) NaOH**

দ্রবণের pH কত?

(ক) 1 (খ) 2 (গ) 12 (ঘ) 13

এন্থালপি একটি তাপগতীয় অপেক্ষক বা অবস্থানির্ভর রাশি অর্থাৎ এর মান বস্তুর ভৌত অবস্থা, তাপমাত্রা ও চাপের মানের উপর নির্ভর করে; কিন্তু এর মান পরিবর্তনের ধারা বা পথের উপর নির্ভর করে না। প্রকৃতপক্ষে কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ার তাপ পরিবর্তনকে  $\Delta H$  দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

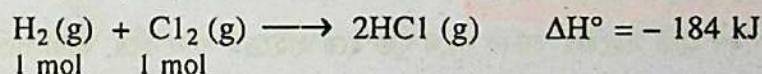
যদি তাপ শোষণকালে বস্তুর আয়তনের কোনো পরিবর্তন না ঘটে; অর্থাৎ  $\Delta V = 0$  হয়, তবে  $\Delta H = \Delta E$  হয়। যেমন কঠিন বস্তুর বেলায় তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে এর  $\Delta V$  এর মান খুব বেশি হয় না। তখন  $\Delta H$  এবং  $\Delta E$  এর মান প্রায় সমান ধরা যায়। প্রকৃতপক্ষে কোনো বিক্রিয়ায় তাপ উৎপন্ন হলে  $\Delta H$  ঝণাঝক এবং তাপ শোষিত হলে  $\Delta H$  ধনাঝক হয়। যেমন, ওপরের ৪.২৯(ক)-চিত্রে কার্বনের দহন বিক্রিয়ায় তাপ উৎপন্ন হওয়ায়  $\Delta H$  কে ঝণাঝক এবং ৪.২৯(খ)-চিত্রে  $\text{CaCO}_3$  বিয়োজন কালে তাপ শোষণ হওয়ায়  $\Delta H$  কে ধনাঝক ধরা হয়েছে।

### ৪.১৮.১ বিভিন্ন প্রকার তাপীয় বা এন্থালপি পরিবর্তন

#### Different Types of Enthalpy or Heat Change

যে সব প্রক্রিয়ায় তাপের শোষণ অথবা উত্তোলন ঘটে, সে সব ক্ষেত্রে তাপীয় পরিবর্তন ঘটে। এক্লপ কয়েক প্রকার তাপীয় পরিবর্তনের সংজ্ঞা নিম্নে দেয়া হলো :

(১) বিক্রিয়া তাপ : কোনো বিক্রিয়ার সমতাযুক্ত সমীকরণ মতে বিক্রিয়কসমূহের সংখ্যানুপাতিক মৌল পরিমাণে সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন অথবা শোষিত তাপের পরিমাণকে বিক্রিয়া তাপ বলা হয়। যেহেতু প্রায় সব বিক্রিয়া স্থির চাপে ঘটে, তাই বিক্রিয়ায় তাপ পরিবর্তন ( $\Delta H$ ) বিক্রিয়া তাপের সমান। যেমন,



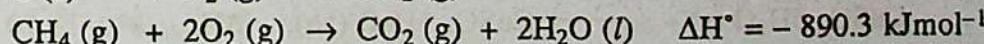
সুতরাং এক্ষেত্রে বিক্রিয়া তাপ হলো  $-184 \text{ kJ}$ । আবার স্থির আয়তনের বেলায়  $\Delta H = \Delta E$  অর্থাৎ বিক্রিয়ার অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন ( $\Delta E$ ) এর মান এবং স্থির আয়তনে বিক্রিয়া তাপ ( $\Delta H$ ) এর মান সমান হয়। সুতরাং এক্ষেত্রে বিক্রিয়া তাপ পরিবর্তন সমান বিক্রিয়ায় অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন।

$$\therefore \text{বিক্রিয়া তাপ, } \Delta H^\circ = (\text{উৎপাদের গঠন তাপ}) - (\text{বিক্রিয়কের গঠন তাপ})$$

যৌগের প্রমাণ গঠন তাপ : প্রমাণ অবস্থায়, উপাদান মৌল থেকে এক মৌল যৌগ গঠনকালে এন্থালপির পরিবর্তনকে ঐ যৌগের প্রমাণ গঠন তাপ বলে। যেমন,  $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H^\circ = -393.5 \text{ kJ mol}^{-1}$

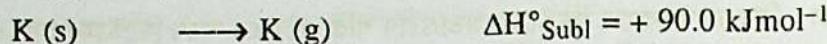
$$\therefore \text{CO}_2 \text{ এর প্রমাণ গঠন তাপ হলো } -393.5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

দহন তাপ : স্থির চাপমাত্রায় এক মৌল পরিমাণ যে কোনো মৌলিক বা যৌগিক পদার্থকে পর্যাপ্ত অক্সিজেনের উপস্থিতিতে সম্পূর্ণরূপে দহন করলে যে পরিমাণ তাপ শক্তি নির্গত বা উৎপন্ন হয়, তাকে ঐ পদার্থের দহন তাপ বলে। প্রমাণ অবস্থায় অর্থাৎ 1 atm চাপে ও  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় সংঘটিত এক্লপ জারণ বিক্রিয়ায় তাপের উত্তোলকে প্রমাণ দহন তাপ বলে। যেমন, কার্বনের প্রমাণ দহন তাপ হলো  $-393.5 \text{ kJ mol}^{-1}$  এবং  $\text{CH}_4$  এর দহন তাপ হলো  $-890.3 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

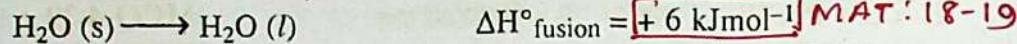


(২) অবস্থা পরিবর্তন তাপ : অবস্থা পরিবর্তন তাপ বলতে পদার্থের ভৌত অবস্থাসমূহ যেমন কঠিন, তরল ও গ্যাসীয়-এ তিনি অবস্থার মধ্যে পারম্পরিক পরিবর্তনকালে তাপের যে শোষণ অথবা উৎগরণ ঘটে, তাকে বোঝানো হয়। যেমন—

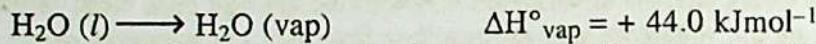
(ক) উর্ধ্বপাতন তাপ (Heat of Sublimation) : এক মোল পরিমাণ কঠিন পদার্থ যে তাপ শোষণ করে সরাসরি গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয়, তাকে উর্ধ্বপাতন তাপ বলা হয়। এক্ষেত্রে  $\Delta H^\circ$  ধনাত্মক হয়। যেমন—



(খ) গলন তাপ (Heat of Fusion) : এক মোল কঠিন পদার্থ এর গলনাক্তে যে পরিমাণ তাপ শোষণ করে তরল অবস্থা প্রাপ্ত হয়, তাকে গলন তাপ বলা হয়। যেমন, বরফের গলন তাপ। এক্ষেত্রে  $\Delta H^\circ$  ধনাত্মক হয়। যেমন,



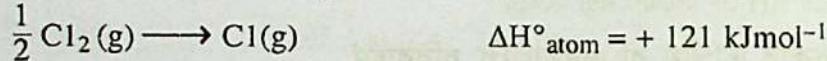
(গ) বাষ্পীকরণ তাপ (Heat of Vaporization) : এক মোল তরল পদার্থ এর স্ফুটনাক্তে 1 atm চাপে যে পরিমাণ তাপ শোষণ করে বাষ্পে পরিণত হয়, তাকে ঐ পদার্থের বাষ্পীকরণ তাপ বলা হয়। যেমন,



উল্লেখ্য এক মোল পরিমাণ জলীয় বাষ্পকে তরলে পরিণত করতে যে পরিমাণ তাপের উৎগরণ ঘটে, তাকে পানি বা জলীয় বাষ্পের ঘনীভবন তাপ বলে। এ তাপের পরিবর্তন বাষ্পীকরণের বিপরীত হবে। যেমন—



(৩) পরমাণুকরণ তাপ (Heat of Atomization) : এক মোল পদার্থকে সম্পূর্ণরূপে গ্যাসীয় অবস্থায় পরমাণুতে পরিণত করতে যে তাপ শোষণ করে, তাকে পরমাণুকরণ তাপ বলা হয়। এক্ষেত্রে  $\Delta H^\circ$  ধনাত্মক হয়। যেমন,

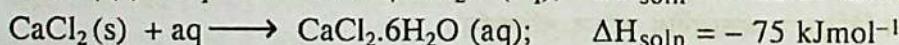
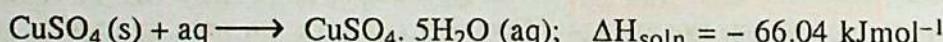


লক্ষণীয়, এক্ষেত্রে প্রতি মোল ক্লোরিন পরমাণুকে বোঝায়; প্রতি মোল ক্লোরিন অণু নয়।

(৪) দ্রবণ তাপ (Heat of Solution) : একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যথেষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে 1 মোল দ্রবকে দ্রবীভূত করে যদি দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় এবং তাতে যদি আরো দ্রাবক যোগ করেও তাপীয় অবস্থার কোনো পরিবর্তন ঘটানো না যায় তবে ঐ দ্রবণ প্রস্তুত করতে তাপের যে পরিবর্তন ঘটে, তাকে ঐ দ্রবের দ্রবণ তাপ বলে।

সাধারণভাবে 200–450 মোল দ্রাবকে 1 মোল দ্রব দ্রবীভূত করে যে দ্রবণ প্রস্তুত হয়, তাতে আরো দ্রাবক যোগ করলেও দ্রবণের তাপীয় অবস্থার পরিবর্তন ঘটে না।

যে সব অনন্ত লবণ অতি সহজেই পানির সাথে যুক্ত হয়ে হাইড্রেট গঠন করে, তারা পানিতে দ্রবীভূত হবার সময় তাপ উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে  $\Delta H$  এর মান ধনাত্মক হবে। যেমন,

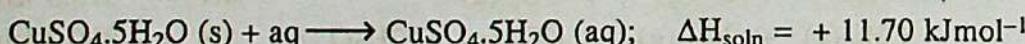
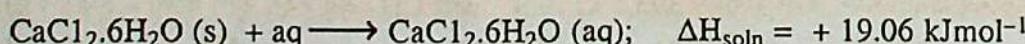


দ্রবণ তাপের বৈশিষ্ট্য :

(i) কোনো দ্রব দ্রবীভূত হওয়ার সময় দ্রব ও দ্রাবকের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত না হলে, তখন ঐ দ্রবের দ্রবণ তাপ ( $\Delta H$ ) এর মান ধনাত্মক হয়।

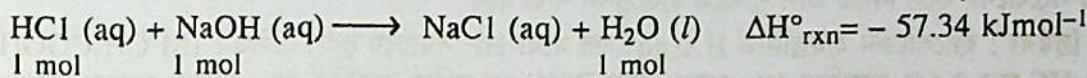
(ii) কিন্তু দ্রব ও পানির মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হলে ঐ দ্রবের দ্রবণ তাপ ( $\Delta H$ ) এর মান ধনাত্মক হয়।

(iii) যে সব হাইড্রেট লবণ পানির সাথে নতুনভাবে হাইড্রেট গঠন করে না, তারা পানিতে দ্রবীভূত হবার সময় তাপ শোষণ করে। অর্থাৎ এক্ষেত্রে  $\Delta H$  এর মান ধনাত্মক হয়। হাইড্রেট লবণ (যেমন, গাঢ় নীল  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) পানির সাথে যুক্ত হয় না তারা তাপ শোষণ করে পানিতে দ্রবীভূত হয়। যেমন—



## (৫) প্রশমন তাপ (Heat of Neutralisation)

সাধারণ কক্ষতাপমাত্রা যেমন,  $25^{\circ}\text{C}$  বা,  $298\text{K}$  তাপমাত্রায় এসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়ায় 1 মোল পানি উৎপন্ন হতে যে পরিমাণ তাপের উন্নব ঘটে, তাকে প্রশমন তাপ বলা হয়। প্রশমন একটি তাপোৎপাদী বিক্রিয়া। যেমন,  $25^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় এক মোল পরিমাণ লঘু  $\text{HCl}$  কে এক মোল লঘু  $\text{NaOH}$  দ্বারা প্রশমিত করলে  $57.34 \text{ kJ}$  তাপ উৎপন্ন হয়।

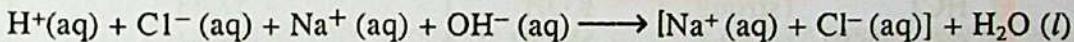


## ৪.১৯ তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারের প্রশমন তাপ

## Heat of Neutralisation of Strong Acid and Alkali

(ক) সব তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারের প্রশমন তাপের মান প্রায় সমান এবং এর গড় মান -  $57.34 \text{ kJ}$ । এর কারণ সহজেই ব্যাখ্যা করা যায়। এসিড ও ক্ষারের আয়নিক তত্ত্বানুযায়ী সব তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষার লঘু দ্রবণে সম্পূর্ণভাবে আয়নিত হয়ে যায়। যেমন,  $\text{HCl (aq)} \longrightarrow \text{H}^+ (\text{aq}) + \text{Cl}^- (\text{aq})$ ;  $\text{NaOH (aq)} \longrightarrow \text{Na}^+ (\text{aq}) + \text{OH}^- (\text{aq})$

মিশ্রণে এদের মধ্যে সত্ত্বিকার বিক্রিয়া হচ্ছে নিম্নরূপ :



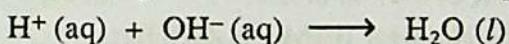
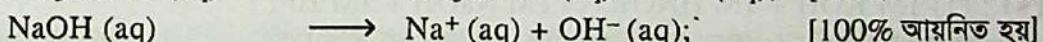
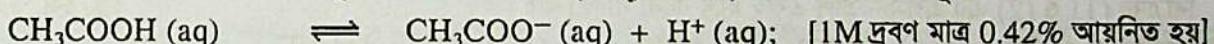
অর্থাৎ এ ক্ষেত্রে সত্ত্বিকার বিক্রিয়া হচ্ছে  $\text{H}^+ (\text{aq}) + \text{OH}^- (\text{aq}) \longrightarrow \text{H}_2\text{O (l)}$  এবং সমগ্র বিক্রিয়ার বিক্রিয়া-তাপ হলো প্রকৃতপক্ষে এ প্রশমন-বিক্রিয়ার তাপ।

যেহেতু সব তীব্র ক্ষার ও সব তীব্র এসিড পানিতে সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয়ে যথাক্রমে সর্বাধিক  $\text{OH}^-$  আয়ন ও  $\text{H}^+$  আয়ন দেয়; তাই সব তীব্র ক্ষার ও তীব্র এসিডের মধ্যে প্রকৃতপক্ষে একই প্রশমন-বিক্রিয়া অনুষ্ঠিত হয়।

যেমন,  $\text{H}^+ (\text{aq}) + \text{OH}^- (\text{aq}) \longrightarrow \text{H}_2\text{O (l)}$ । সূতরাং সব তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারের প্রশমন তাপ ধৰ্ম হবে অর্থাৎ  $-57.34 \text{ kJ}$  হয়। ৪.৬-নং সারণিতে কিছু সংখ্যক তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারের প্রশমন তাপ দেয়া হলো।

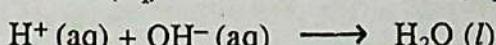
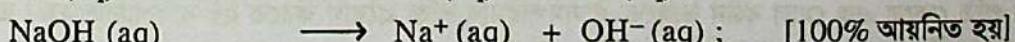
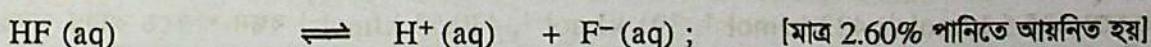
\* ব্যতিক্রম : এসিড অথবা ক্ষার যে কোনো একটি দুর্বল হলে প্রশমন তাপ -  $57.34 \text{ kJ}$  থেকে কম হয়। অথবা ঝণাঞ্চক আয়নের হাইড্রেশন এনথালপি বেশি হলে প্রশমন তাপ -  $57.34 \text{ kJ}$  থেকে বেশি হয়। যেমন—

(খ) দুর্বল অ্যাসিটিক এসিড ও সবল  $\text{NaOH}$  এর প্রশমন তাপ স্থির মান ( $-57.34 \text{ kJ}$ ) থেকে প্রায়  $2.2 \text{ kJ}$  হ্রাস পেয়ে -  $55.14 \text{ kJ}$  হয়। এর কারণ দুর্বল অ্যাসিটিক এসিড ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) এর পানিতে অসম্পূর্ণ বিয়োজন :



যেহেতু  $\text{NaOH}$  তীব্র ক্ষার, তাই পূর্ণ বিয়োজনে সৃষ্টি  $\text{OH}^-$  আয়ন এবং  $\text{CH}_3\text{COOH}$  এর আংশিক বিয়োজনে সৃষ্টি  $\text{H}^+$  আয়নকে যখন প্রশমিত করে; তখনই অবিয়োজিত  $\text{CH}_3\text{COOH}$  অণু পুনরায় বিয়োজিত হয়ে  $\text{H}^+$  আয়ন উৎপন্ন করে। অ্যাসিটিক এসিড সম্পূর্ণভাবে প্রশমিত না হওয়া পর্যন্ত উভয় বিক্রিয়া পাশাপাশি অঙ্গসর হতে থাকে। তখন অবিয়োজিত অবশিষ্ট  $\text{CH}_3\text{COOH}$  এর বিয়োজনে কিছু তাপ শক্তি যেমন  $2.2 \text{ kJ}$  প্রয়োজন হয়; এ কারণেই প্রশমন তাপের মান  $2.2 \text{ kJ}$  কমে গিয়ে -  $55.14 \text{ kJ}$  হয়।

(গ) দুর্বল হাইড্রোফ্লোরিক এসিড ( $\text{HF}$ ) ও সবল  $\text{NaOH}$  এর প্রশমন তাপ স্থির মান ( $-57.34 \text{ kJ}$ ) থেকে প্রায়  $11.26 \text{ kJ}$  বৃদ্ধি পেয়ে -  $68.60 \text{ kJ}$  হয়। এর কারণ সবচেয়ে আকারে ছোট ঝণাঞ্চক ফ্লোরাইড আয়ন ( $\text{F}^-$ ) এর অত্যধিক হাইড্রেশন এনথালপি। দুর্বল  $\text{HF}$  এসিড ( $K_a = 6.8 \times 10^{-4}$ ) পানিতে আংশিক বিয়োজিত হয় :



দুর্বল HF এসিড ও সবল NaOH এর প্রশমন তাপ – 57.34 kJ থেকে কিছু কম হয়। কিন্তু দ্রবণে উপস্থিত ফ্লোরাইড (F<sup>-</sup>) আয়নের আকার সবচেয়ে ছোট হওয়ায় এতে চার্জ ঘনত্ব বেশি হয়। তাই F<sup>-</sup> আয়নের সাথে পোলার পানি অণুর মধ্যে পানিয়োজন তাপ না হাইড্রেশন শক্তি অন্যান্য ঝণাঝক আয়নের চেয়ে বেশি হয়। সুতরাং F<sup>-</sup> আয়নের অভিক্ষেপ পানিয়োজন তাপ প্রশমন তাপের সাথে যোগ হয়ে – 68.6 kJ হয়, উল্লেখ্য দ্রবণে মোল পরিমাণে ধনাত্মক ও ঝণাত্মক আয়ন পানি অণুর সাথে সংযোগের ফলে নির্গত তাপ শক্তিকে হাইড্রেশন শক্তি বলে।

[দ্রষ্টব্য] : হ্যালোজেন হাইড্রাসিড HX(aq) এর মধ্যে HF সবচেয়ে দুর্বল এসিড। 1M CH<sub>3</sub>COOH মাত্র 0.42% এবং HF মাত্র 2.6% আয়নিত হয়। সবল এসিড 75% এর অধিক আয়নিত হয়। কোনো কোনো লেখক HF কে সবল এসিড বলে এর ব্যাখ্যা করেছেন; এটি তথ্যগত ভুল।

সারণি-৮.৬ : 25°C তাপমাত্রায় তীব্র এসিড, দুর্বল এসিড ও তীব্র ক্ষারের প্রশমন তাপ, ΔH

এসিড	তীব্র ক্ষার	প্রশমন তাপ, ΔH <sup>°</sup> <sub>rxn</sub> (kJmol <sup>-1</sup> )
HCl (strong)	NaOH	– 57.34
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (strong)	NaOH	– 57.44
HNO <sub>3</sub> (strong)	NaOH	– 57.35
HCl (strong)	KOH	– 57.43
CH <sub>3</sub> COOH (weak)	NaOH	– 55.14
CH <sub>3</sub> COOH (weak)	NH <sub>4</sub> OH	– 50.40
HF (weak)	NaOH	– 68.60

শিক্ষার্থী নিজে কর-৮.১৫ : প্রশমন তাপভিত্তিক :

সমস্যা-৮.৫২(ক) : তীব্র এসিড ও তীব্র ক্ষারের প্রশমন তাপের মান প্রুব-ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০১৫; য. বো. ২০১৫]

সমস্যা-৮.৫২(খ) : HF এসিড ও NaOH এর প্রশমন তাপের মান –57.34 kJ থেকে বেশি কেন—ব্যাখ্যা কর। [রা. বো. ২০১৫]

সমস্যা-৮.৫২(গ) : দুর্বল এসিড (CH<sub>3</sub>COOH) ও সবল ক্ষার (NaOH) এর প্রশমন তাপ –57.34 kJ থেকে কম কেন? ব্যাখ্যা কর। [রা. বো. ২০১৬; য. বো. ২০১৬; দি. বো. ২০১৬]

সমস্যা-৮.৫৩(ক) : (1) 0.1M HCl + 0.1M NaOH; (2) 0.1M HF + 0.1M NaOH;  
বিক্রিয়া (1) ও (2) এর প্রশমন-তাপ একই হবে কীনা ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. ২০১৭]

সমস্যা-৮.৫৩(খ) : (1) 1M KOH + 1M HNO<sub>3</sub>; (2) 1M NaOH + 1M HF;  
বিক্রিয়া (1) ও (2) এর মধ্যে কোনটিতে প্রশমন-তাপ বেশি হবে এবং কেন তা ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০১৭]

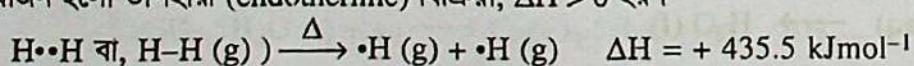
সমস্যা-৮.৫৩(গ) : (1) 1M NaOH + 1M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; (2) 1M NaOH + 0.1M CH<sub>3</sub>COOH;  
বিক্রিয়া (1) ও (2) এর মধ্যে প্রশমন-তাপ ভিন্ন হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. ২০১৭]

সমস্যা-৮.৫৩(ঘ) : 1M HCl + 1M NaOH → NaCl + H<sub>2</sub>O; ΔH = – 57.34 kJ;  
উপরোক্ত বিক্রিয়ায় HCl এর স্থলে HF এসিড ব্যবহৃত হলে, তখন ΔH এর মানের পরিবর্তন ঘটবে কীনা ব্যাখ্যা কর। [মদ্রাসা বো. ২০১৭]

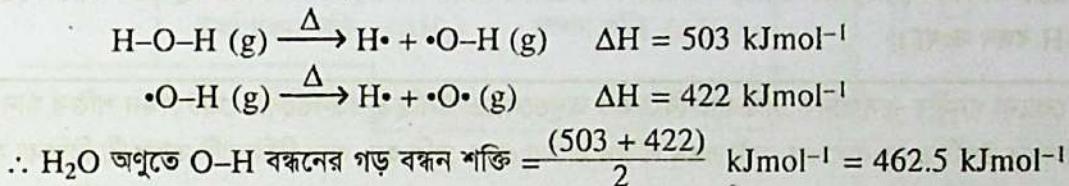
## ৪.২০ বন্ধন শক্তি ও বিক্রিয়া তাপ

### Bond Energy & Heat of Reaction

বন্ধন শক্তি : সময়োজী বন্ধনে আবদ্ধ কোনো অণুতে সময়োজী বন্ধন শক্তি নির্ভর করে উভয় পরমাণুর নিউক্লিয়াস ও শেয়ারকৃত ইলেক্ট্রনের মধ্যে আকর্ষণের মাত্রার ওপর। যেমন H-H, H-Cl, N-H, C-H ইত্যাদি ক্ষেত্রে উভয় পরমাণু যথাক্রমে 435.5 kJmol<sup>-1</sup>, 433 kJmol<sup>-1</sup>, 391 kJmol<sup>-1</sup>, 430.53 kJmol<sup>-1</sup> বন্ধন-শক্তিতে আবদ্ধ আছে। সুতরাং গ্যাসীয় অবস্থায় প্রতি ক্ষেত্রে এক মোল বন্ধন ভাঙতে ঐ সমপরিমাণ শক্তি প্রয়োগ করতে হয় বা শোষিত হয়। তাই বন্ধন-বিযোজন হলো তাপহারী (endothermic) বিক্রিয়া; ΔH > 0 হয়।

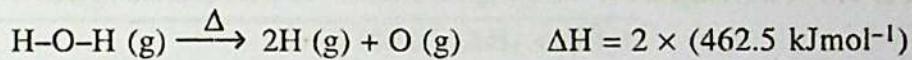


আবার কোনো যৌগ অণুতে একই প্রকার দুই বা ততোধিক সময়োজী বন্ধন থাকলে তখন প্রত্যেক বন্ধন ধাপে ধাপে ভাস্তে ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণ তাপ শক্তির প্রয়োজন হয়। তখন ঐ সব বন্ধন ভাস্তের তাপ শক্তিসমষ্টির গড় মানকে ঐ যৌগে ঐ বন্ধনের গড় বন্ধন শক্তি (average bond energy) বলা হয়। যেমন পানি ( $H_2O$ ) অণুতে দুটি O-H (অক্সিজেন-হাইড্রোজেন) বন্ধন আছে। পানি ( $H-O-H$ ) অণুর ঐ দুটি বন্ধন ধাপে ধাপে ভাস্তে যথাক্রমে  $503 \text{ kJmol}^{-1}$  এবং  $422 \text{ kJmol}^{-1}$  প্রয়োজন হয়। যেমন,



**বন্ধন শক্তির সংজ্ঞা :** গ্যাসীয় বা বাল্পীয় অবস্থায় কোনো পদার্থের এক মোল অণুর নির্দিষ্ট দুটি পরমাণুর মধ্যস্থ একই প্রকার এক মোল বন্ধনকে অর্থাৎ  $6.022 \times 10^{23}$  টি বন্ধনকে ভেঙে মুক্ত পরমাণু বা মূলকে পরিণত করতে যে পরিমাণ গড় শক্তির প্রয়োজন হয়, তাকে সংশ্লিষ্ট বন্ধনের বন্ধন শক্তি বলে। সব 'বন্ধন-শক্তি'র মান ধৰাত্মক। যেমন,

এক মোল পানি ( $H_2O$ ) অণুতে দুই মোল সময়োজী O-H বন্ধন আছে। ঐ দুই মোল সময়োজী বন্ধনকে তাপ প্রয়োগে ভেঙে H ও O মুক্ত পরমাণুতে পরিণত করতে  $462.5 \text{ kJmol}^{-1}$  তাপ শক্তি শোধিত হয়। সূতরাং পানি অণুতে O-H বন্ধন শক্তি হলো  $+ 462.5 \text{ kJmol}^{-1}$ .



**বন্ধন শক্তির গুরুত্ব :** উল্লেখ্য কোনো যৌগ অণুর বন্ধন শক্তি বলতে বন্ধন গঠন শক্তি ও বন্ধন বিযোজন শক্তি উভয়কে বোঝানো হয়। উভয়ের সংখ্যামান একই থাকে। তবে (১) বন্ধন গঠন তাপ হলো অণুত্বাত্মক; কারণ বন্ধন গঠন একটি তাপোৎপাদী প্রক্রিয়া। (২) বন্ধন বিযোজন তাপ হলো ধনাত্মক; কারণ বন্ধন বিযোজন একটি তাপহারী প্রক্রিয়া। আবার এ যাবৎ প্রায় 4 কোটি যৌগ সমস্কে জানা গেলেও তবে খুব কম সংখ্যক যৌগের গঠন তাপ জানা গেছে। তাই বন্ধন বিযোজন শক্তি গণনা থেকে বন্ধন গঠন শক্তি জানা যায়।

(ক) **বন্ধন শক্তি গণনা :** যে যৌগের অণুর বন্ধন শক্তি গণনা করতে হবে তার 'অণু গঠন তাপ' এবং বন্ধন গঠনকারী মৌলগুলোর 'পরমাণুকরণ শক্তি' ব্যবহার করে যৌগের বন্ধন শক্তি গণনা করা যায়। একটি যৌগের অণুতে একাধিক একই জাতীয় বন্ধন (যেমন  $CH_4$  অণুতে) থাকলে তখন ঐ যৌগের ক্ষেত্রে গড় বন্ধন শক্তি নির্ণয় করা হয়—

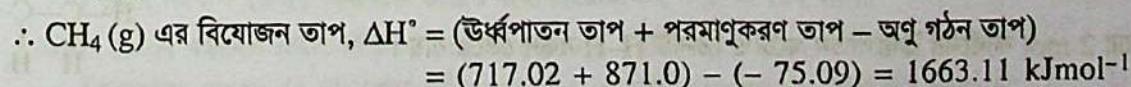
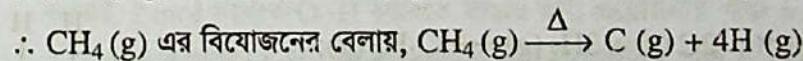
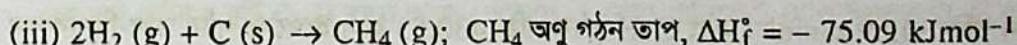
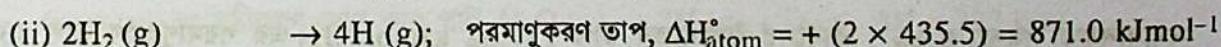
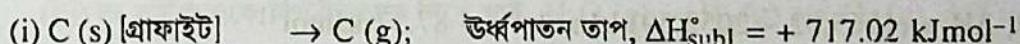
$$(1) \text{ গড় বন্ধন শক্তি} = (\text{সব বন্ধন বিযোজন শক্তি} \div \text{বন্ধন সংখ্যা})$$

$$(2) \text{ অণুর বন্ধন বিযোজন শক্তি} = \text{অণুর বন্ধন গঠন শক্তি} = [\text{উর্ধ্বপাতন তাপ} + \text{পরমাণুকরণ তাপ} - \text{অণু গঠন তাপ}]$$

$$(3) \text{ গড় বন্ধন শক্তি} = [\text{উর্ধ্বপাতন তাপ} + \text{পরমাণুকরণ তাপ} - \text{অণু গঠন তাপ}] \div \text{বন্ধন সংখ্যা}$$

[ এক্ষেত্রে গ্রাফাইট কার্বনের বেলায় উর্ধ্বপাতন তাপ এবং অন্য সব মৌলের বেলায় পরমাণুকরণ তাপ হবে ]

**উদাহরণ :**  $CH_4$  এর C-H বন্ধন শক্তি গণনা করা যাক, এক্ষেত্রে নিম্নরূপ তাপীয় পরিবর্তন ঘটে:



অতএব, C–H বন্ধন শক্তি =  $(1663.11 \div 4) \text{ kJmol}^{-1}$  [যেহেতু CH<sub>4</sub> এ চারটি C–H আছে]।

$$= 415.78 \text{ kJmol}^{-1}$$

যে সব জৈব যৌগে C–H বন্ধন ছাড়াও C–O বা, C–C বা অন্য কোনো বন্ধন থাকে, তখন তাদের বন্ধন শক্তি নিম্নলিখিত সমীকরণের সাহায্যে হিসাব করা যায় :

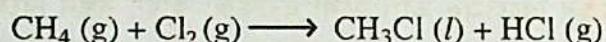
বন্ধন শক্তি,  $\Delta H = [\text{কার্বন (গ্রাম)} \times \text{উর্ধ্বপাতন তাপ} + \text{অন্যান্য যৌগের পরমাণুকরণ তাপ} - \text{অণু গঠন তাপ} - (\text{C–H বন্ধন শক্তি} \times \text{C–H বন্ধন সংখ্যা})]$

**জেনে রাখ :** কোনো গ্যাসীয় রাসায়নিক বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক অণুগুলোতে উপস্থিত বন্ধনগুলোর মোট বন্ধন শক্তির মান যদি উৎপাদ অণুগুলোতে উপস্থিত বন্ধনগুলোর মোট বন্ধন শক্তির মানের চেয়ে বেশি হয়, তবে বিক্রিয়াটি তাপহারী বিক্রিয়া হয়। অর্থাৎ যদি  $\Sigma(\text{BE})_{\text{reactants}} > \Sigma(\text{BE})_{\text{product}}$  হয়, তবে  $\Delta H^\circ > 0$  অর্থাৎ ধনাত্মক হয়; বিক্রিয়াটি তাপহারী হয়। আবার যদি  $\Sigma(\text{BE})_{\text{reactants}} < \Sigma(\text{BE})_{\text{product}}$  হয়, তবে  $\Delta H^\circ < 0$  অর্থাৎ ঋণাত্মক হয়; বিক্রিয়াটি তাপোৎপন্নী হয়। এখানে BE = বন্ধন শক্তি (Bond Energy)

(খ) বন্ধন শক্তির সাহায্যে বিক্রিয়া তাপ নির্ণয় : সব যৌগেই একটি নির্দিষ্ট বন্ধন শক্তি (যেমন C–H) প্রায় সমান। এর ওপর ভিত্তি করে যে কোনো যৌগের ক্ষেত্রে বিক্রিয়কের মোট বন্ধন বিযোজন তাপ থেকে উৎপাদের মোট বন্ধন গঠন তাপ বিযোগ করে বিক্রিয়া তাপ হিসাব করা যায়। এ পদ্ধতিটি মূলত সমযোজী বন্ধনবিশিষ্ট গ্যাসীয় বিক্রিয়কের ক্ষেত্রে প্রযোগ করা যায়।

বিক্রিয়া তাপ,  $\Delta H = (\text{বিক্রিয়কের মোট বন্ধন বিযোজন তাপ}) - (\text{উৎপাদের মোট বন্ধন গঠন তাপ})$

যেমন, নিম্নলিখিত বিক্রিয়ায় বন্ধন শক্তি ব্যবহার করে বিক্রিয়া-তাপ হিসাব করা যায়।



দেয়া আছে C–H বন্ধন শক্তি 430.53 kJmol<sup>-1</sup>, Cl–Cl বন্ধন শক্তি 242.90 kJmol<sup>-1</sup> এবং C–Cl বন্ধন শক্তি 328 kJmol<sup>-1</sup>। H–Cl বন্ধন শক্তি 433 kJmol<sup>-1</sup>।

সমাধান : প্রদত্ত বিক্রিয়ার বন্ধন শক্তি নিম্নরূপ :

বিক্রিয়ক	কিলোজুল (kJ)	উৎপাদ	কিলোজুল (kJ)
4C–H	$4(430.53) = 1722.12$	3C–H	$(3 \times 430.53) = 1291.59$
1Cl–Cl	$= 242.90$	1C–Cl	$= 328.00$
		1H–Cl	$= 433.00$

$$\therefore \text{বিক্রিয়কের বন্ধন বিযোজন তাপ} = 1965.02$$

$$\therefore \text{উৎপাদের বন্ধন গঠন তাপ} = 2052.59$$

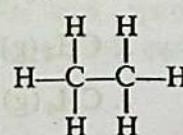
∴ বিক্রিয়া তাপ,  $\Delta H = (\text{বিক্রিয়কের মোট বন্ধন বিযোজন তাপ} - \text{উৎপাদের মোট বন্ধন গঠন তাপ})$

$$\therefore \text{বিক্রিয়া তাপ}, \Delta H = (1965.02 - 2052.59) \text{ kJmol}^{-1} = - 87.57 \text{ kJmol}^{-1}$$

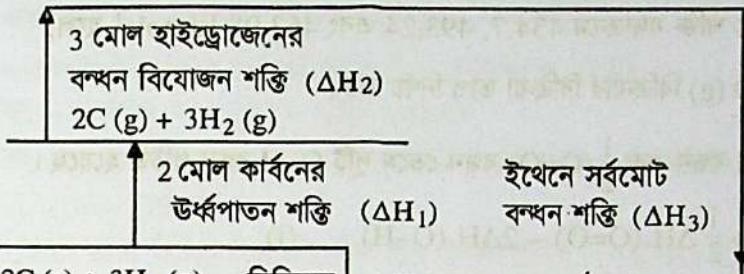
সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৬৯ : কার্বনের উর্ধ্বপাতন তাপ 717.02 kJmol<sup>-1</sup>, H<sub>2</sub> এর পরমাণুকরণ তাপ 435.5 kJmol<sup>-1</sup>, C–C বন্ধন শক্তি 343.9 kJmol<sup>-1</sup> এবং C–H বন্ধন শক্তি 430.53 হলে ইথেনের গঠন তাপ হিসাব কর।

সমাধান : ইথেনের গঠন বিক্রিয়া নিম্নরূপ :  $2\text{C}(\text{s}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$ ;

এক্ষেত্রে 2 mol কার্বনের উর্ধ্বপাতন ঘটে ও তিনটি H–H বন্ধন ভেঙে যায়।



একটি C-C বন্ধন ও ছয়টি C-H বন্ধন গঠন হয়। এ বিক্রিয়াটি সংষ্টটনের বিভিন্ন ধারা হলো নিম্নরূপ :



শক্তি চির হতে বোঝা যায়,  $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$

[এখানে  $\Delta H_1$  ও  $\Delta H_2$  বন্ধন বিযোজন শক্তি হওয়ায় ধনাত্মক এবং  $\Delta H_3$  বন্ধন গঠন শক্তি হওয়ায় এর ঋণাত্মক মান নিতে হবে।]

সুতরাং বন্ধন শক্তির পরিবর্তন নিম্নরূপে হিসাব করা যায়।।

বিক্রিয়ক-এর বন্ধন বিযোজন শক্তি :      কিলোজুল (kJ)

$$2C(s) \rightarrow 2C(g) \quad 2 \times 717.02 = 1434.04 \quad (\Delta H_1)$$

$$3H-H(g) \rightarrow 6H(g) \quad 3 \times 435.5 = 1306.50 \quad (\Delta H_2)$$

$$= 2740.54 \quad (\Delta H_1 + \Delta H_2)$$

উৎপাদ-এর বন্ধন গঠন শক্তি :      কিলোজুল (kJ)

$$1C-C = 343.90$$

$$6 C-H \rightarrow 6 \times 430.53 = 2583.18$$

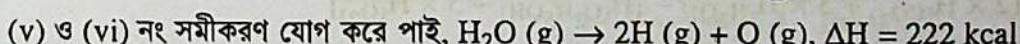
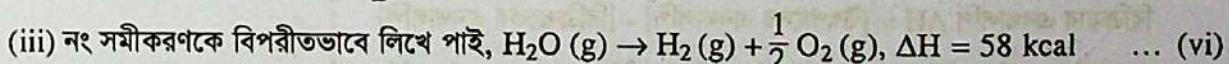
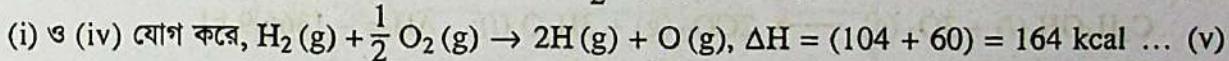
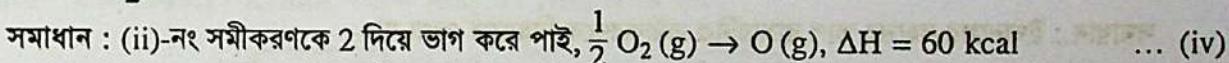
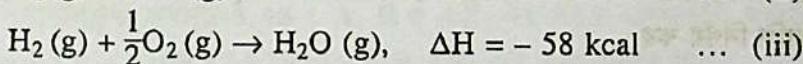
$$= 2937.08 \quad (\Delta H_3) \quad (\text{বন্ধন গঠন শক্তি ঋণাত্মক})$$

অতএব, 1 মোল ইথেনের গঠন তাপ হবে :

$$\Delta H = (2740.54 - 2937.08) \text{ kJmol}^{-1} = - 196.54 \text{ kJmol}^{-1}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৭০ : বিক্রিয়া তাপ হতে বন্ধন শক্তি নির্ণয় :

নিচের বিক্রিয়াগুলোর তাপের মান থেকে O-H বন্ধনের বন্ধন শক্তি কিলোক্যালরি ও কিলোজুলে নির্ণয় করো-



এক অণু পানিতে দুটি O-H বন্ধন আছে। সুতরাং, 1 মোল পানিতে 2 মোল সংখ্যক O-H বন্ধন আছে।

কাজেই 2 mol সংখ্যক O-H বন্ধনকে ভাঙার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি = 222 kcal

$$\therefore 1 \text{ mol সংখ্যক O-H বন্ধনকে ভাঙার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি} = 111 \text{ kcal}$$

অর্থাৎ O-H বন্ধনের বন্ধন শক্তি = 111 kcal/mol [উল্লেখ্য, 1 kcal = 4.186 kJ]

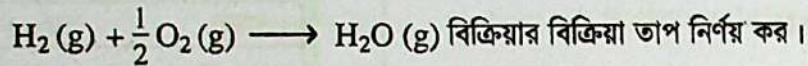
$$\therefore \text{কিলোজুল এককে O-H বন্ধন শক্তি} = 111 \times 4.186 \text{ kJmol}^{-1} = 464.65 \text{ kJmol}^{-1}$$

সারণি ৮.৭ : বিভিন্ন গড় বন্ধন-শক্তি

বন্ধন	$\text{kJmol}^{-1}$
H - H	435.50
H - F	564.00
H - Cl	433.00
H - Br	366.00
H - I	299.00
C - H	430.53
C - Cl	328.00
Cl - Cl	242.90
O = O	498.40
O - H	462.50
N - H	391.00
C - C	343.90
C = C	615.00
C ≡ C	812.00
C = O	724.00

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৭১ : বন্ধনশক্তি থেকে বিক্রিয়া তাপ নির্ণয় :

H-H, O=O এবং O-H বন্ধনের বন্ধন শক্তি যথাক্রমে 434.7, 493.24 এবং 463.98 kJmol<sup>-1</sup> হলে,



সমাধান : প্রশ্নমতে, বিক্রিয়ায় ১টি H-H বন্ধন এবং  $\frac{1}{2}$  (O=O) বন্ধন ভেঙ্গে দুটি O-H বন্ধন গঠিত হয়েছে।

$$\therefore \text{বিক্রিয়া তাপ}, \Delta H = \Delta H(H-H) + \frac{1}{2} \Delta H(O=O) - 2\Delta H(O-H) \dots\dots (i)$$

দেয়া আছে,  $\Delta H(O-H) = 463.98 \text{ kJmol}^{-1}$ ,  $\Delta H(H-H) = 434.7 \text{ kJmol}^{-1}$ ,

$$\Delta H(O=O) = 493.24 \text{ kJmol}^{-1}$$

$$\therefore (i) \text{ নং হতে পাই}, \Delta H = +434.7 + \left( \frac{1}{2} \times 493.24 \right) - 2 \times 463.98 = -246.64 \text{ kJmol}^{-1}$$

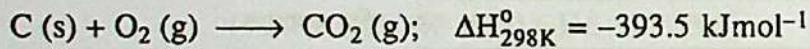
$$\therefore \text{বিক্রিয়াটির বিক্রিয়া তাপ} = -246.64 \text{ kJmol}^{-1}$$

### ৪.২০.১ প্রমাণ গঠন এন্থালপি বা প্রমাণ গঠন তাপ

Standard Enthalpy (or Heat) of Formation

সংজ্ঞা : প্রমাণ অবস্থায় (298K তাপমাত্রায় ও 1atm চাপে) কোনো যৌগকে এর উপাদান মৌলগুলো থেকে এক মোল পরিমাণে উৎপন্ন করার সময়ে যে পরিমাণ তাপ শক্তি বা এন্থালপির পরিবর্তন ( $\Delta H$ ) ঘটে, তাকে ঐ যৌগের প্রমাণ গঠন তাপ বা এন্থালপি বলে। প্রমাণ গঠন এন্থালপিকে  $H_f^0$  দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এর একক হচ্ছে কিলোজুল প্রতি মোল।

উদাহরণস্বরূপ 25°C তাপমাত্রায় ও 1 atm চাপে কার্বন ও অক্সিজেন বিক্রিয়া করে কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন করে।

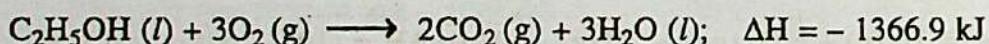


এখন বিক্রিয়ার এন্থালপি পরিবর্তন = যৌগ  $CO_2$  এর গঠন এন্থালপি =  $H_f^0$

$$\begin{aligned} H_f^0 &= [\text{কার্বন ডাইঅক্সাইডের গঠন এন্থালপি}] - [\text{কার্বনের এন্থালপি} + \text{অক্সিজেনের এন্থালপি}] \\ &= H(CO_2) - [H(C) + H(O_2)]; \quad [\text{এখানে } H \text{ দ্বারা প্রত্যেক পদার্থের গঠন এন্থালপি বোঝানো হয়েছে।] \end{aligned}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৭২ : প্রমাণ অবস্থায়,  $CO_2(g)$  এবং  $H_2O(l)$  এর গঠন এন্থালপি যথাক্রমে -393.5 kJ এবং -286 kJ। 25°C তাপমাত্রায় তরল ইথানলের দহন বিক্রিয়ার এন্থালপি -1366.9 kJ হলে তরল ইথানলের গঠন তাপ বা এন্থালপি নির্ণয় কর।

সমাধান : ইথানলের দহনের তাপ রাসায়নিক সমীকরণকে নিম্নরূপে লেখা যায়—



বিক্রিয়ার এন্থালপি  $\Delta H = [\text{উৎপাদের এন্থালপি}] - [\text{বিক্রিয়কের এন্থালপি}]$

$$\therefore \Delta H = (2 \times H(CO_2) + 3 \times H(H_2O)) - [H(C_2H_5OH) + 3 \times H(O_2)]$$

$$= [2 \times H(CO_2) + 3 \times H(H_2O) - [H(C_2H_5OH) + 0]]$$

$$= [2 \times H(CO_2) + 3 \times H(H_2O)] - H(C_2H_5OH) \dots\dots (1)$$

দেয়া আছে,  $H(CO_2) = -393.5 \text{ kJ}$  এবং  $H(H_2O) = -286 \text{ kJ}$ ,  $\Delta H = -1366.9 \text{ kJ}$

$$\text{মনে করি, } H_{(C_2H_5OH)} = x \text{ kJ}$$

এখন (1) নং সমীকরণের যথাযথ মানসমূহ বসিয়ে পাই,

$$-1366.9 = [2 \times (-393.5) + 3 \times (-286) - x] \text{ kJ}$$

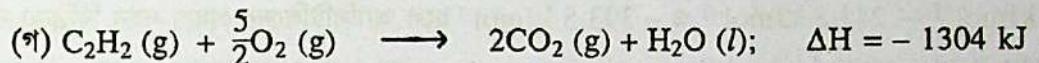
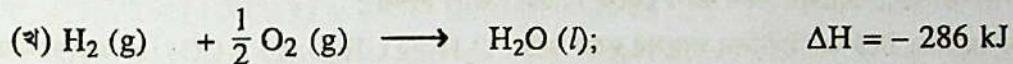
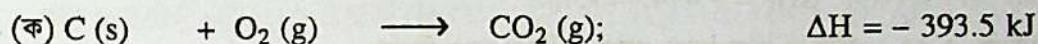
$$\text{বা, } -1366.9 = (-787 - 858 - x) \text{ kJ}$$

$$\text{বা, } x = (-787 - 858 + 1366.9) \text{ kJ} = (-1645 + 1366.9) \text{ kJ}$$

$$\therefore x = -278.1 \text{ kJ}$$

সুতরাং তরল ইথানলের প্রমাণ গঠন তাপ বা এন্থালপি =  $-278.1 \text{ kJ mol}^{-1}$  (উ:)

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৭৩ : নিচের তথ্যাদি থেকে অ্যাসিটিলিনের গঠন তাপ বা এন্থালপি হিসাব কর এবং অ্যাসিটিলিনের গঠন বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদী না তাপহারী তা বিশ্লেষণ কর।



সমাধান : সমীকরণ (ক) ও (খ) মতে,  $CO_2$  ও  $H_2O$  এর গঠন এন্থালপি =  $-393.5$  ও  $-286 \text{ kJ mol}^{-1}$ ।

ধরা যাক, অ্যাসিটিলিনের গঠন এন্থালপি =  $x \text{ kJ mol}^{-1}$

আমরা জানি, বিক্রিয়া তাপ,  $\Delta H = (\text{উৎপাদের গঠন তাপ বা এন্থালপি}) - (\text{বিক্রিয়কের গঠন তাপ বা এন্থালপি})$

সুতরাং সমীকরণ (গ) হতে পাই,

$$\Delta H = [2 \times H_{(CO_2)} + H_{(H_2O)}] - [H_{(C_2H_2)} + \frac{5}{2} \times H_{(O_2)}]$$

$$\text{বা, } -1304 = [2 \times (-393.5) + (-286) \text{ kJ} - \left[ x + \frac{5}{2} \times 0 \right] \text{ kJ}$$

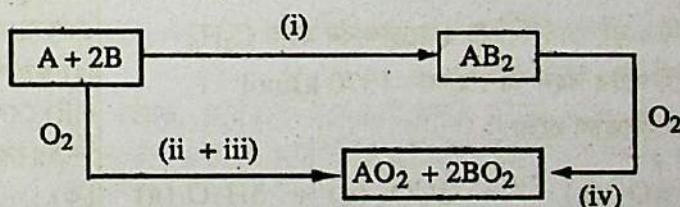
$$\text{বা, } -1304 = [-787.0 - 286] \text{ kJ} - x \text{ kJ}$$

$$\text{বা, } x = [-1073.0 + 1304] \text{ kJ} = +231 \text{ kJ}; \therefore x = +231 \text{ kJ mol}^{-1}$$

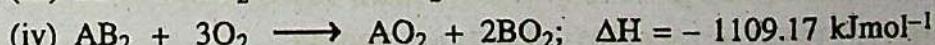
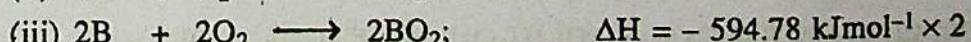
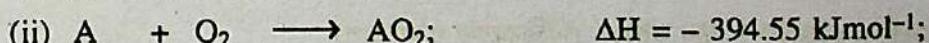
$\therefore$  অ্যাসিটিলিনের গঠন তাপ =  $+231 \text{ kJ mol}^{-1}$

বিশ্লেষণ : নির্ণিত গঠন তাপ ধনাত্মক যেমন  $\Delta H = +231 \text{ kJ mol}^{-1}$  হওয়ায় অ্যাসিটিলিনের গঠন বিক্রিয়াটি হলো তাপহারী বিক্রিয়া।

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৭৪ : A, B ও  $AB_2$  এর দহন এন্থালপি যথাক্রমে  $-394.55 \text{ kJ mol}^{-1}$ ,  $-594.78 \text{ kJ mol}^{-1}$  ও  $-1109.17 \text{ kJ mol}^{-1}$  হলে  $AB_2$  এর  $\Delta H_f$  নির্ণয় কর।



সমাধান : বিভিন্ন ধাপে সংঘটিত বিক্রিয়া এবং তাদের  $\Delta H$  মান :

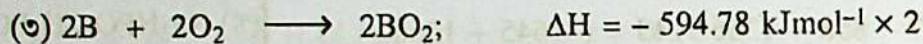
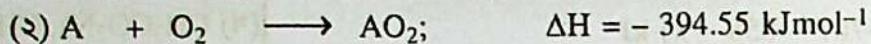
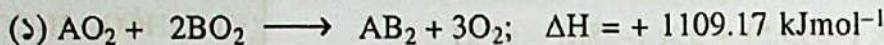


**MCQ-4.40 :** মানুষের রক্তে কোন বাফার দ্রবণ আছে? [সি. বো. ২০১৬]

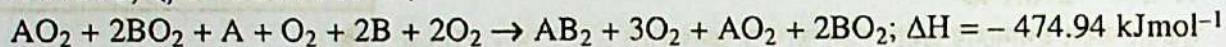
(ক)  $NaHCO_3$ ,  $H_2CO_3$   
 (খ)  $CH_3CO_2Na$ ,  $CH_3CO_2H$   
 (গ)  $Na_2HPO_4$ ,  $H_3PO_4$   
 (ঘ)  $NH_4Cl$ ,  $NH_4OH$

ডায়াগ্রাম মতে, (i) কঙ্কিত বিক্রিয়ার উৎপাদ হচ্ছে  $AB_2$

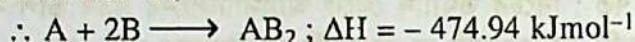
সুতরাং (iv) নং বিক্রিয়াটিকে উল্টাতে হবে তখন  $AB_2$  উৎপাদ হবে :



সমীকরণ ১, ২, ৩ এর যোগ করে পাই—



উভয় দিক থেকে সদৃশ উপাদান বাদ দিয়ে পাই—



সুতরাং  $AB_2$  এর গঠন এনথালপি  $\Delta H_f = - 474.94 \text{ kJmol}^{-1}$

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৭৫ : যৌগের গঠন তাপ থেকে বিক্রিয়া তাপ নির্ণয় :

অক্সি-অ্যাসিটিলিন ওয়েল্ডিং টর্চে অ্যাসিটিলিন গ্যাসের দহন ঘটে।  $C_2H_2(g)$ ,  $H_2O(g)$  ও  $CO_2(g)$  এর গঠন তাপ যথাক্রমে  $-227.4 \text{ kJmol}^{-1}$ ,  $-241.8 \text{ kJmol}^{-1}$  ও  $-393.5 \text{ kJmol}^{-1}$  হলে অ্যাসিটিলিনের প্রমাণ দহন বিক্রিয়া তাপ বের কর।

দক্ষতা : প্রথমে সমতাযুক্ত দহন বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ।

সমাধান : সমতাযুক্ত সমীকরণটি হলো :  $2C_2H_2(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 4CO_2(g) + 2H_2O(g)$

সংশ্লিষ্ট যৌগের গঠন তাপ নিচের সমীকরণে ব্যবহার করে অ্যাসিটিলিনের দহন তাপ,  $\Delta H^\circ$  গণনা করা হলো : এক্ষেত্রে প্রমাণ বিক্রিয়া তাপ হলো দহন তাপ : বিক্রিয়া তাপ,  $\Delta H^\circ = (\text{উৎপাদের গঠন তাপ}) - (\text{বিক্রিয়কের গঠন তাপ})$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ &= [4 \Delta H_f^0(CO_2) + 2 \Delta H_f^0(H_2O)] - [2 \Delta H_f^0(C_2H_2)] [\text{মৌল } O_2 \text{ এর গঠন তাপ শূন্য}] \\ &= 4 \text{ mol} \times (-393.5 \text{ kJ/mol}) + 2 \text{ mol} \times (-241.8 \text{ kJ/mol}) - 2 \text{ mol} \times (-227.4) \text{ kJ/mol} \\ &= -1602.8 \text{ kJ} \end{aligned}$$

সমীকরণ মতে, 2 mol  $C_2H_2$  এর দহন বিক্রিয়া তাপ  $-1602.8 \text{ kJ}$

$$\therefore 1 \text{ mol } C_2H_2 \text{ এর দহন বিক্রিয়া তাপ} = (-1602.8 \div 2) = 801.4 \text{ kJ}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৭৬ : দুই কার্বনবিশিষ্ট দুটি হাইড্রোকার্বন P ও Q যথাক্রমে  $sp^3$  ও  $sp^2$  সংকরণ দ্বারা গঠিত। এক্ষেত্রে Q যৌগ,  $CO_2(g)$ ,  $H_2O(l)$  এর প্রমাণ গঠন তাপ যথাক্রমে  $-84$ ,  $-393$  ও  $-220 \text{ kJmol}^{-1}$  হয়। হাইড্রোকার্বন P এর প্রমাণ দহন তাপ  $-1370 \text{ kJmol}^{-1}$  হয়। [চ. বো. ২০১৬]

(ক) হাইড্রোকার্বন P এর প্রমাণ গঠন তাপ নির্ণয় কর।

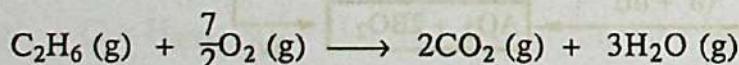
(খ) উদ্বিপক্রের P ও Q যৌগের মধ্যে কোনটি উৎকৃষ্ট জ্বালানি হবে, তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

সমাধান : (ক) P যৌগের প্রমাণ গঠন তাপ নির্ণয় কর :

উদ্বিপক্র মতে,  $sp^3$  সংকরিত দুই কার্বনবিশিষ্ট হাইড্রোকার্বন হলো  $C_2H_6$

প্রশ্ন মতে,  $C_2H_6$  বা P যৌগটির দহন তাপ হলো  $-1370 \text{ kJmol}^{-1}$ ।

$C_2H_6$  এর দহন বিক্রিয়ার সমীকরণ হলো :



$C_2H_6$  এর দহন তাপ থেকে  $C_2H_6$  যৌগের গঠন তাপ  $\Delta H_f^0$  গণনা করা হলো :

বিক্রিয়া তাপ,  $\Delta H^\circ = (\text{উৎপাদের গঠন তাপ}) - (\text{বিক্রিয়কের গঠন তাপ})$

$$\therefore (-1370) \text{ kJ} = [2 \Delta H_f^0(CO_2) + 3 \Delta H_f^0(H_2O)] - [\Delta H_f^0(C_2H_6) + 0]$$

$$\therefore \Delta H_f^0(C_2H_6) = 1370 \text{ kJ} + 2 \times (-393) \text{ kJ} + 3 \times (-220) \text{ kJ}$$

MCQ-4.41 : সক্রিয় ভর বলতে

বোঝায়— [অভিন্ন প্রশ্ন ২০১৮]

(i) আংশিক চাপ (ii) আণবিক ভর

(iii) মোলার ঘনমাত্রা

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i, ii (খ) ii, iii

(গ) i, iii (ঘ) i, ii, iii

$$\text{বা, } \Delta H_f^0(\text{C}_2\text{H}_6) = (1370 - 1446) \text{ kJ} = -76 \text{ kJ}$$

$$\therefore \Delta H_f^0(\text{C}_2\text{H}_6) = -76 \text{ kJmol}^{-1}$$

$$\therefore \text{C}_2\text{H}_6 \text{ এর প্রমাণ গঠন তাপ} = -76 \text{ kJmol}^{-1} \text{ (উক্ত:)}$$

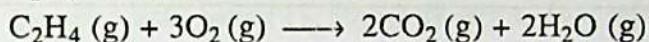
সমাধান-(খ) : P ও Q যৌগের মধ্যে কোনটি উৎকৃষ্ট জ্বালানি হবে?

উদ্দীপক মতে,  $\text{sp}^3$  সংকরিত দুই কার্বনবিশিষ্ট হাইড্রোকার্বন হলো  $\text{C}_2\text{H}_6$

এবং  $\text{sp}^2$  সংকরিত দুই কার্বনবিশিষ্ট হাইড্রোকার্বন হলো  $\text{C}_2\text{H}_4$ ।

প্রশ্নে প্রদত্ত ডাটা থেকে  $\text{C}_2\text{H}_4$  এর দহন তাপ ( $\Delta H$ ) নির্ণয় করতে হবে।

$\text{C}_2\text{H}_4$  এর দহন বিক্রিয়ার সমীকরণ :



$$\therefore \Delta H = 2\Delta H_f^0(\text{CO}_2) + 2\Delta H_f^0(\text{H}_2\text{O}) - \Delta H_f^0(\text{C}_2\text{H}_4) + 0$$

$$\text{বা, } \Delta H = 2 \times (-393) \text{ kJ} + 2 \times (-220) \text{ kJ} + 84 \text{ kJ}$$

$$\text{বা, } \Delta H = (-786 - 440 + 84) \text{ kJ} = (-1226 + 84) \text{ kJ}$$

$$\text{বা, } \Delta H = -1142 \text{ kJ}$$

$\text{C}_2\text{H}_4$  এর গ্রাম আণবিক ভর হলো 28 g

$$\therefore 28 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_4 \text{ এর দহনে তাপ উৎপন্ন হয়} = 1142 \text{ kJ}$$

$$\therefore 1 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_4 \text{ এর দহনে তাপ উৎপন্ন হয়} = (1142 \div 28) = 40.78 \text{ kJ/g}$$

আবার প্রশ্নে দেয়া  $\text{C}_2\text{H}_6$  এ দহন তাপ হলো  $(-1370 \text{ kJmol}^{-1})$

$\text{C}_2\text{H}_6$  এর গ্রাম আণবিক ভর = 30 g

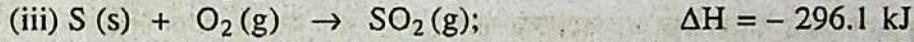
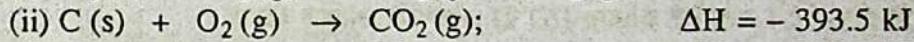
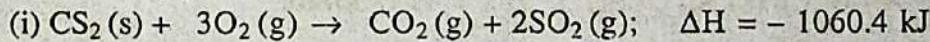
$$\therefore 30 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_6 \text{ এর দহনে তাপ উৎপন্ন হয়} = 1370 \text{ kJ}$$

$$\therefore 1 \text{ g } \text{C}_2\text{H}_6 \text{ এর দহনে তাপ উৎপন্ন হয়} = (1370 \div 30) = 45.67 \text{ kJ/g}$$

বিশ্লেষণ : সুতরাং প্রতি গ্রাম P ও Q এর দহনে তাপ উৎপন্ন হয় যথাক্রমে 45.67 kJ ও 40.78 kJ। তাই উভয় হাইড্রোকার্বনের মধ্যে উৎকৃষ্ট জ্বালানি হবে 45.67 kJ/g তাপ উৎপন্নকারী P যৌগ বা  $\text{C}_2\text{H}_6$  (ইথেন)।

#### শিক্ষার্থী নিজে কর-৮.১৬ : বিক্রিয়া তাপভিত্তিক :

সমস্যা-৮.৫৪(ক) : কার্বন ডাইসালফাইড ( $\text{CS}_2$ ), কার্বন ও সালফারের দহন বিক্রিয়ার সমীকরণ হলো : [কু. বো. ২০১৭]



(a) উদ্দীপকের (ii) নং বিক্রিয়া মতে 1200 kJ তাপ উৎপন্ন করতে STP-তে কত লিটার  $\text{O}_2$  প্রয়োজন হবে?

$$[\text{উৎ}: 68.31 \text{ L } \text{O}_2]$$

(b) উদ্দীপকের ডাটা ব্যবহার করে  $\text{CS}_2$  এর গঠন তাপ নির্ণয় কর এবং সংশ্লিষ্ট গঠন বিক্রিয়াটি তাপেৎপাদী না তাপহারী তা ব্যাখ্যা কর।

$$[\text{উৎ}: \Delta H = +74.7 \text{ kJmol}^{-1}; \text{ তাপহারী}]$$

সমস্যা-৮.৫৪(খ) : অ্যাসিটিক এসিড, কার্বন ও হাইড্রোজেনের প্রমাণ দহন তাপ যথাক্রমে - 871.5 kJ, - 393.7 kJ এবং - 85.85 kJ। এ সব উপাত্ত থেকে অ্যাসিটিক এসিডের গঠন তাপ নির্ণয় কর।

$$[\text{উৎ}: -487.6 \text{ kJmol}^{-1}]$$

সমস্যা-৮.৫৪(গ) :  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (l), C (s) ও  $\text{H}_2$  (g) এর দহন তাপের মান যথাক্রমে - 1367 kJmol<sup>-1</sup>, - 393.5 kJmol<sup>-1</sup> ও - 285.85 kJmol<sup>-1</sup> হলে ইথানল ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) এর গঠন তাপ নির্ণয় কর।

$$[\text{উৎ}: -277.55 \text{ kJmol}^{-1}]$$

সমস্যা-৮.৫৪(ঘ) : মিথেনের দহন তাপ -890.3 kJmol<sup>-1</sup> হলে 1335.45 kJ তাপ উৎপন্ন করতে কত গ্রাম মিথেন ( $\text{CH}_4$ ) এবং STP তে কত লিটার অক্সিজেন প্রয়োজন হবে?

$$[\text{উৎ}: 24\text{g}; 67.2\text{L}]$$

**MCQ-4.42 :** বিক্রিয়ার হার

বলতে বোঝায় — [ব. বো. ২০১৭]

(i) বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা হাসের হার

(ii) প্রভাবকের পরিমাণ বৃদ্ধির হার

(iii) উৎপাদের ঘনমাত্রা বৃদ্ধির হার

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i, ii      (খ) ii, iii

(গ) i, iii      (ঘ) i, ii, iii

**সমস্যা-৮.৫৫ :**  $\text{CH}_4(\text{g})$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$ ,  $\text{CO}_2(\text{g})$  এবং  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  এর প্রমাণ গঠন এনথালপি যথাক্রমে -74.89, -84.52, -393.30 এবং -220.20  $\text{kJ mol}^{-1}$ । প্রদত্ত ডাটার সাহায্যে হিসেবে  $\text{CH}_4$  এবং  $\text{C}_2\text{H}_6$  গ্যাসের মধ্যে কোনটি অধিক উপযোগী হবে তা ব্যাখ্যা কর।

[উ:  $\text{CH}_4$  এর দহন তাপ - 47.43  $\text{kJ/g}$ .  $\text{C}_2\text{H}_6$  এর দহন তাপ - 45.42  $\text{kJ/g}$ । সুতরাং  $\text{CH}_4$  অধিক উপযোগী।]

**সমস্যা-৮.৫৬(ক) :** সিমেন্ট উৎপাদনে ব্যবহৃত চুন ( $\text{CaO}$ ) চুনাপাথর ( $\text{CaCO}_3$ ) থেকে উৎপাদন করা হয়।  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ ,  $\text{CaO}(\text{s})$  ও  $\text{CO}_2(\text{g})$  এর গঠন তাপ যথাক্রমে - 1207.6  $\text{kJ/mol}$ , - 634.9  $\text{kJ/mol}$  ও - 393.5  $\text{kJ/mol}$ । সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়াটির প্রকৃতি ও বিক্রিয়া তাপ গণনা কর। [উ: 179.2  $\text{kJ}$  (বিক্রিয়াটি তাপহারী)]

**সমস্যা-৮.৫৬(খ) :** আসিটিলিন ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ),  $\text{H}_2$  ও ইথিলিন ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) এর দহন তাপ যথাক্রমে - 1299, - 286.18 ও - 1411  $\text{kJ mol}^{-1}$  হলে  $\text{C}_2\text{H}_2$  থেকে  $\text{C}_2\text{H}_4$  প্রস্তুতির বিক্রিয়া তাপ গণনা কর। [উ: - 174.18  $\text{kJ}$ ]

## ৪.২১ ল্যাভয়সিয়ে ও হেসের সূত্র

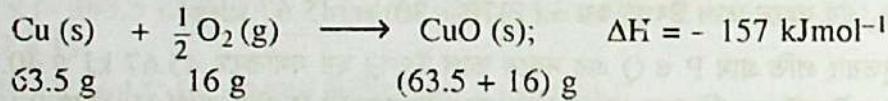
রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে পদার্থের ভর ও শক্তির নিয়ত্যতা সূত্রের ওপর ভিত্তি করে তাপ রসায়নে বিক্রিয়া এনথালপির পরিবর্তন ধারা ব্যাখ্যার জন্য দুটি সূত্র আছে। এ দুটি সূত্রকে তাপ রাসায়নিক সূত্র বলা হয়। যেমন-

(১) ল্যাভয়সিয়ে ও ল্যাপলাসের সূত্র (Lavoisier & Laplace's Law)

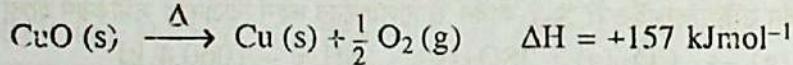
(২) হেসের ধ্রুব তাপ সমষ্টিকরণ সূত্র (Hess's Law of Constant heat Summation)

(১) ল্যাভয়সিয়ে ও ল্যাপলাসের সূত্র : 1780 খ্রিস্টাব্দে প্রকাশিত ল্যাভয়সিয়ে ও ল্যাপলাসের সূত্রটি নিম্নরূপ :

“কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে পরিমাণ এনথালপির পরিবর্তন ঘটে; ঐ বিক্রিয়াটি বিপরীত দিকে সংঘটিত হলেও ঐ একই পরিমাণ এনথালপির পরিবর্তন ঘটে থাকে, তবে চিহ্ন বিপরীত হয়।” অর্থাৎ কোনো একটি যৌগকে তার উপাদান থেকে তৈরি করতে যে পরিমাণ তাপশক্তি নির্গত হয়, ঐ যৌগটিকে তার উপাদানে বিযোজিত করতে একই পরিমাণ তাপশক্তি শোষিত হয়। আবার বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ভর প্রতিক্রিয়ে ধ্রুব বা স্থির থাকে। যেমন,



এক্ষেত্রে 1 মোল কপার ধাতু  $\frac{1}{2}$  মোল অক্সিজেন গ্যাসের সাথে বিক্রিয়া করে। 1 মোল কিউপ্রিক অক্সাইড ( $\text{CuO}$ ) গঠনকালে 157  $\text{kJ}$  তাপশক্তি নির্গত হয়। এর বিপরীত বিক্রিয়াটি হচ্ছে নিম্নরূপ :



এক্ষেত্রে পূর্বের বিক্রিয়াটি বিপরীত দিকে সংঘটিত হওয়ায় 157  $\text{kJ}$  তাপশক্তি শোষিত হয়েছে।

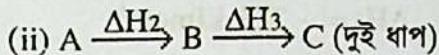
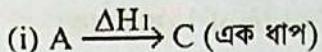
উপরিউক্ত উভয় বিক্রিয়ার তাপশক্তির পরিবর্তনের প্রকারভেদের ব্যাখ্যা স্বরূপ বলা হয় যে, প্রথম বিক্রিয়ায়  $\text{CuO}$  অণু গঠনকালে  $\text{Cu}$  পরমাণু এবং  $\text{O}$  পরমাণুর মধ্যে নতুন বন্ধন সৃষ্টি হয়েছে। বন্ধন গঠন প্রক্রিয়াটি তাপোৎপাদনী প্রক্রিয়া, তাই  $\Delta H$  এর মান ঋণাত্মক হয়েছে। দ্বিতীয় বিক্রিয়ায়  $\text{CuO}$  অণুর বন্ধন বিযোজন ঘটেছে। বন্ধন বিযোজন প্রক্রিয়াটি তাপহারী প্রক্রিয়া, তাই  $\Delta H$  এর মান ধনাত্মক হয়েছে। একই অণুর বন্ধন গঠন ও বন্ধন বিযোজন শক্তির পরিমাণ সমান হওয়ায় প্রতিক্রিয়ে তাপের পরিমাণ 157  $\text{kJ}$  হয়েছে।

(২) হেসের সূত্র (Hess's Law) : বহু বছরের নিরলস গবেষণার ফসল হিসেবে 1840 খ্রিস্টাব্দে রশ বিজানী জি. এইচ. হেস (G. H. Hess) তাপ রসায়নের একটি গুরুত্বপূর্ণ সূত্র আবিষ্কার করেন। তাঁর আবিস্কৃত এ সূত্রটি হেসের তাপ সমষ্টির নিয়তাত্মক সূত্র বা ধ্রুব তাপ সমষ্টিকরণ সূত্র নামে পরিচিত। হেসের সূত্রটি নিম্নরূপ :

“যদি কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রারম্ভিক ও শেষ অবস্থা স্থির বা একই থাকে; তবে সে বিক্রিয়া এক বা একাধিক ধাপে সংঘটিত হোক না কেন প্রতিক্রিয়েই বিক্রিয়া এনথালপি বা বিক্রিয়া তাপ সমান থাকবে।”

অর্থাৎ বিক্রিয়া এনথালপির মান বিক্রিয়া কীভাবে ঘটানো হলো তার ওপর নির্ভর করে না; তবে বিক্রিয়ার প্রারম্ভিক ও শেষ অবস্থার ওপর নির্ভর করে।

ধরা যাক, কোনো বিক্রিয়ক, A নিম্নলিখিত দুটি ভিন্ন পথে বা ধারায় উৎপাদ, C তে রূপান্তরিত হয়।

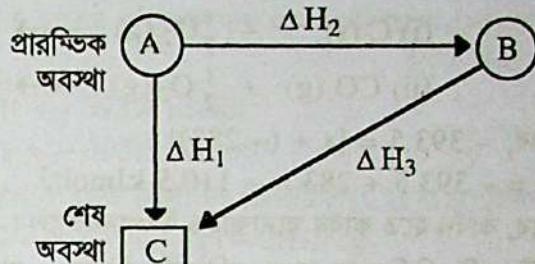


চিত্রমতে, (১ম ধারা),  $\Delta H = \Delta H_1$

এবং (২য় ধারা),  $\Delta H = \Delta H_2 + \Delta H_3$

হেসের সূত্র মতে ১ম ধারা = ২য় ধারা;

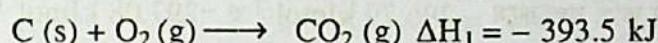
$$\therefore \Delta H_1 = (\Delta H_2 + \Delta H_3)$$



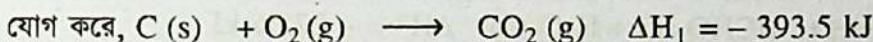
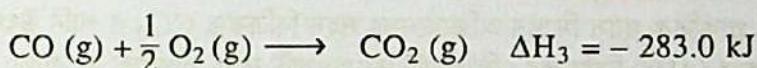
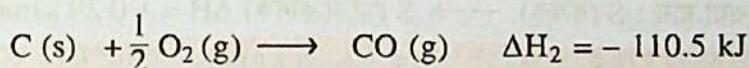
চিত্র-৪.৩০ : চিত্রের সাহায্যে হেসের সূত্রের ব্যাখ্যা।

উদাহরণ : কার্বন থেকে  $\text{CO}_2$  নিম্নোক্ত দুই পথে বা ধাপে প্রস্তুত করা যায়।

(i) প্রথমত অধিক অক্সিজেনে কার্বনকে পোড়ালে তখন  $\text{CO}_2$  গ্যাসসহ  $393.5 \text{ kJ}$  তাপ উৎপন্ন হয়।



(ii) দ্বিতীয়ত কার্বনকে প্রথমে অল্প অক্সিজেনে উৎপন্ন করলে  $\text{CO}$  গ্যাস উৎপন্ন হয়। শেষে ঐ  $\text{CO}$  গ্যাসকে অধিক অক্সিজেনে পোড়ালে তা  $\text{CO}_2$  গ্যাসে পরিণত হয়। উভয় বিক্রিয়া তাপোৎপন্নী। যেমন :



সূতরাং দ্বিতীয় ধাপে সংঘটিত উভয় বিক্রিয়ার মোট বিক্রিয়া এনথালপি,  $\Delta H_1 = -393.5 \text{ kJ}$  যা প্রথম ধাপে সরাসরি উৎপন্ন  $\text{CO}_2$  এর বেলায় বিক্রিয়া এনথালপি  $\Delta H_1$  এর মানের সমান। উভয় ধাপে বিক্রিয়ার প্রারম্ভিক অবস্থায় বিক্রিয়ক হলো C এবং  $\text{O}_2$  গ্যাস এবং শেষ অবস্থায় উৎপাদ হলো  $\text{CO}_2$  গ্যাস। বিক্রিয়া তাপ হলো,

$$\Delta H_1 = (\Delta H_2 + \Delta H_3)$$

$$-393.5 \text{ kJ} = (-110.5 - 283.0) \text{ kJ} = -393.5 \text{ kJ}$$

সূতরাং এ উদাহরণ দ্বারা হেসের তাপ সমষ্টিকরণ সূত্র গাণিতিকভাবে প্রমাণিত হলো।

#### MCQ-4.44 : নিচের কোনটির মান

সব সময় ঝণাঝক হয়? [য. বো. ২০১৫]

(ক) দহন তাপ (খ) বিক্রিয়া তাপ

(গ) সংগঠন তাপ (ঘ) দ্রবণ তাপ

### ৪.২১.১ হেসের সূত্রের প্রয়োগ

#### Application of Hess's law

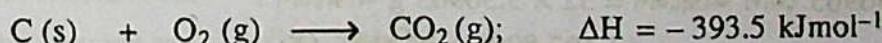
হেসের সূত্রের বহুবিধ প্রয়োগ আছে। হেসের সূত্রের বৈশিষ্ট্য হচ্ছে—

(ক) তাপ রাসায়নিক সমীকরণের ক্ষেত্রে যোগ, বিয়োগ, গুণ প্রভৃতি সাধারণ প্রক্রিয়াসমূহ প্রয়োগ করা যায়।

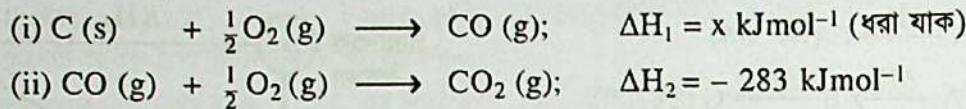
(খ) বিক্রিয়ার ধীরগতি বা অসম্পূর্ণতার জন্য যে সব রাসায়নিক বিক্রিয়ার এনথালপি পরীক্ষার মাধ্যমে সরাসরি নির্ণয় করা যায় না, তাদের ক্ষেত্রেও হেসের সূত্র প্রয়োগ করে পরোক্ষভাবে বিক্রিয়া এনথালপি নির্ণয় করা যায়।

(ই) বিক্রিয়া তাপ নির্ণয় : যে সব রাসায়নিক বিক্রিয়ার বিক্রিয়া তাপ পরীক্ষার মাধ্যমে নির্ণয় করা যায় না, হেসের সূত্র প্রয়োগ করে পরোক্ষভাবে সেসব রাসায়নিক বিক্রিয়ার বিক্রিয়া তাপ নির্ণয় করা যায়। যেমন,

কার্বনকে অক্সিজেনে পোড়ায়ে কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত করলে যে তাপের পরিবর্তন হয় তা পরীক্ষার মাধ্যমে নির্ণয় করা খুবই কষ্টসাধ্য ব্যাপার। কিন্তু কার্বনকে অধিক অক্সিজেনে পুড়িয়ে কার্বন ডাইক্সাইডে পরিণত করলে যে তাপ উৎপন্ন হয় তার মান সর্বদা সমান থাকে এবং উক্ত মান সর্বদা  $-393.5 \text{ kJ mol}^{-1}$



হেসের সূত্রানুযায়ী এ বিক্রিয়া দুধাপে সংঘটিত করা যেতে পারে,



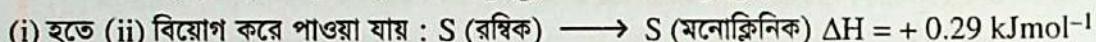
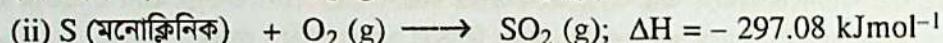
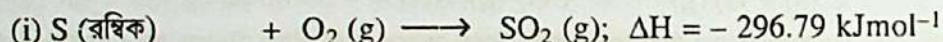
$$\text{অতএব, } -393.5 = [x + (-283)]$$

$$\therefore x = -393.5 + 283 = -110.5 \text{ kJmol}^{-1}$$

অতএব, কার্বন হতে কার্বন মনোক্লাইড উৎপাদনকালে (-) 110.5 kJmol<sup>-1</sup> তাপ উৎপন্ন হয়।

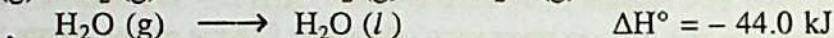
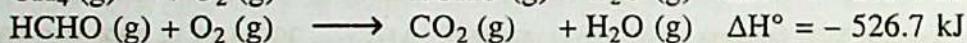
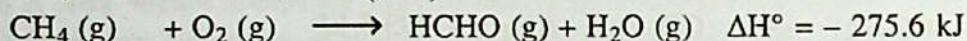
(ii) ধীরগতি বিক্রিয়ায় তাপ পরিবর্তন নির্ণয় : যে সব বিক্রিয়া অতি ধীরগতিতে সংঘটিত হয় তাদের তাপ পরিবর্তনের মান হেসের সূত্র প্রয়োগ করে হিসাব করা যায়। যেমন,

রবিক সালফার থেকে মনোক্লিনিক সালফারে পরিবর্তন এত ধীরে সংঘটিত হয় যে, এক্ষেত্রে তাপ পরিবর্তনের মান পরীক্ষাগারে সরাসরি নির্ণয় করা অসম্ভব; কিন্তু হেসের সূত্র প্রয়োগ করে পরোক্ষভাবে তা সহজেই হিসাব করা যায়। রবিক সালফার ও মনোক্লিনিক সালফারের দহন তাপ যথাক্রমে -296.79 kJmol<sup>-1</sup> ও -297.08 kJmol<sup>-1</sup>

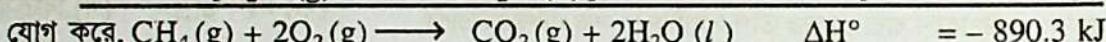
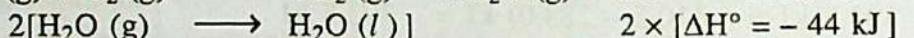
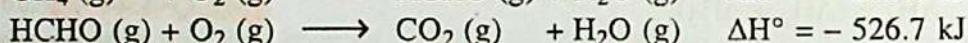
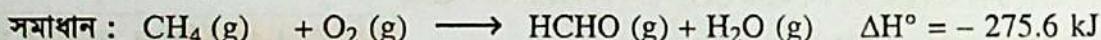


সুতরাং **রবিক সালফারকে মনোক্লিনিক সালফারে পরিণত করতে + 0.29 kJmol<sup>-1</sup> তাপ শোষিত হবে।**

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৭৭ : প্রাকৃতিক গ্যাস মিথেন অক্সিজেনসহ দহন বিক্রিয়ায় CO<sub>2</sub> ও পানি উৎপন্ন করে। নিচের তথ্য ব্যবহার কারে মিথেনের দহন তাপ ( $\Delta H^\circ$ ) নির্ণয় কর। বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদী নাকি তাপহারী তা ব্যাখ্যা কর।



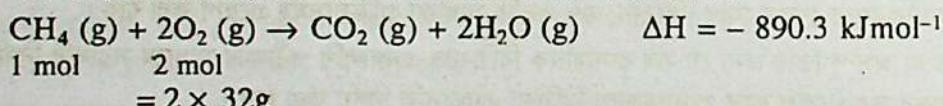
দক্ষতা : হেসের সূত্র ব্যবহার করতে হবে।



ব্যাখ্যা : CH<sub>4</sub> ও O<sub>2</sub> এর দহন বিক্রিয়ার ফলাফল অনুসারে  $\Delta H = -890.3 \text{ kJmol}^{-1}$  অর্থাৎ ΔH এর মান ঋণাত্মক হওয়ায় এটি হলো তাপোৎপাদী বিক্রিয়া।

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৭৮ : মিথেনের দহন এন্থালপি -890.3 kJmol<sup>-1</sup> হলে 1500 kJ তাপ উৎপন্ন করতে কী পরিমাণ অক্সিজেন মিথেনের দহনে প্রয়োজন হবে?

সমাধান : মিথেনের দহন বিক্রিয়ার তাপ রাসায়নিক সমীকরণ নিম্নরূপ :



সমীকরণ মতে, 890.3 kJ তাপ মিথেন দহনে উৎপন্ন করতে 2 মোল অক্সিজেন প্রয়োজন হয়।

$$\therefore 1500 \text{ kJ তাপ মিথেন দহনে উৎপন্ন করতে } \frac{2 \times 1500}{890.3} \text{ মোল } O_2 \text{ প্রয়োজন হবে।}$$

$$= 3.36965 \text{ মোল } O_2 \text{ প্রয়োজন হবে।}$$

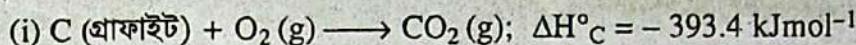
আবার 1 মোল অক্সিজেন = 32 g অক্সিজেন।

$$\therefore 3.36965 \text{ মোল অক্সিজেন} = 32 \times 3.36965 \text{ g অক্সিজেন।}$$

$$= 107.8288 \text{ g অক্সিজেন (উ:)}$$

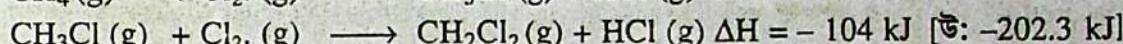
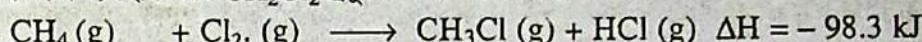
শিক্ষার্থী নিজে কর-৪.১৭ : হেসের সূত্রতিতিক :

সমস্যা-৪.৫৭ : গ্রাফাইট কার্বনকে হীরকে রূপান্তর করতে তাপের পরিবর্তন কত হবে প্রদত্ত তথ্যের সাহায্যে তা হিসাব কর। [উ:  $1.9 \text{ kJ mol}^{-1}$ ]

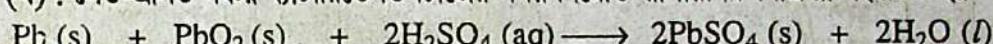


সমস্যা-৪.৫৮ (ক) : শিল্প ক্ষেত্রে ব্যবহৃত প্রিজ দূর করতে ব্যবহৃত মিথিলিন ক্লোরাইড ( $CH_2Cl_2$ ) দ্রাবক মিথেন ও  $Cl_2$  এর বিক্রিয়া প্রস্তুত করা হয় :  $CH_4(g) + 2Cl_2(g) \longrightarrow CH_2Cl_2(g) + 2HCl(g)$

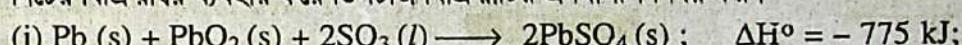
নিচের ডাটা ব্যবহার করে  $CH_2Cl_2$  প্রস্তুতির বিক্রিয়া তাপ বের কর।



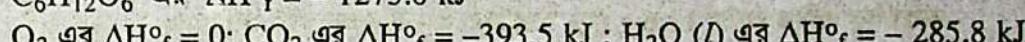
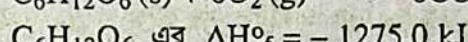
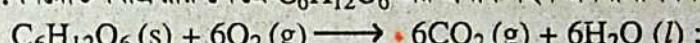
সমস্যা-৪.৫৮ (খ) : লেড-এসিড সঞ্চয় ব্যাটারিতে ডিসচার্জের সময় নিম্নোক্ত রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয়



নিচের বিক্রিয়াদ্বয় ব্যবহার করে ডিসচার্জ বিক্রিয়াটির অন্থালপি নির্ণয় কর।

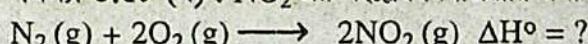


সমস্যা-৪.৫৮ (গ) : নিম্নোক্ত বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে  $C_6H_{12}O_6$  এর প্রমাণ দহন অন্থালপি নির্ণয় কর।

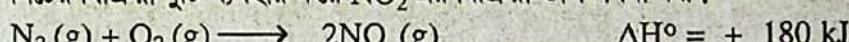


[উ:  $-2801 \text{ kJ/mol glucose}$ ]

সমস্যা-৪.৫৮ (ঘ) :  $NO_2$  এর সংশ্লেষণ বিক্রিয়ার সমীকরণ হলো নিম্নরূপ :



নিচের বিক্রিয়া দুটি ব্যবহার করে  $NO_2$  এর বিক্রিয়া তাপ গণনা কর :



[উ:  $+ 68 \text{ kJ}$ ]

### ব্যবহারিক (Practical)

ল্যাবরেটরিতে শিক্ষার্থীর কাজ : শ্রেণি শিক্ষকের সহায়তায় চারজনের গ্রুপ করে নিম্নোক্ত মূলনীতি সহকারে কাজের ধারা অনুসরণ করে নিচের চিত্রমতে ক্যালরিমিতি পদ্ধতিতে অক্সালিক এসিডের দ্রবণ তাপ নির্ণয় কর।

পরীক্ষা নং-১৪

তারিখ : .....

পরীক্ষার সময় : ১ পিরিয়ড

### ৪.২২ পরীক্ষার নাম : ক্যালরিমিতি পদ্ধতিতে অক্সালিক এসিডের দ্রবণ তাপ নির্ণয়

(ক) মূলনীতি : পর্যাপ্ত পরিমাণ দ্রাবকে এক মোল দ্রবণ দ্রবীভূত করলে যে তাপ শোষিত বা উৎপন্ন হয়, তাকে ঐ দ্রবের দ্রবণ তাপ বলে। এক মোল অক্সালিক এসিডকে পর্যাপ্ত পরিমাণ পানিতে দ্রবীভূত করে এক কিলোগ্রাম দ্রবণ তৈরির বেলায় প্রতি ডগ্রি সেলসিয়াস তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্য তাপের পরিবর্তন ঘটে এক কিলো ক্যালরি অর্থাৎ 4.2 কিলোজুল ( $4.2 \text{ kJ}$ )। সূতরাং এক মোল অক্সালিক এসিডের দ্রবণ তৈরিতে তাপমাত্রার মেট পরিবর্তন  $t^\circ\text{C}$  হলে তখন অক্সালিক এসিডের দ্রবণ তাপ হবে  $4.2 \times t \text{ kJ}$ । আবার 0.1 মোল অক্সালিক এসিড দ্বারা 100 g দ্রবণ তৈরি করা হলে সেক্ষেত্রে-

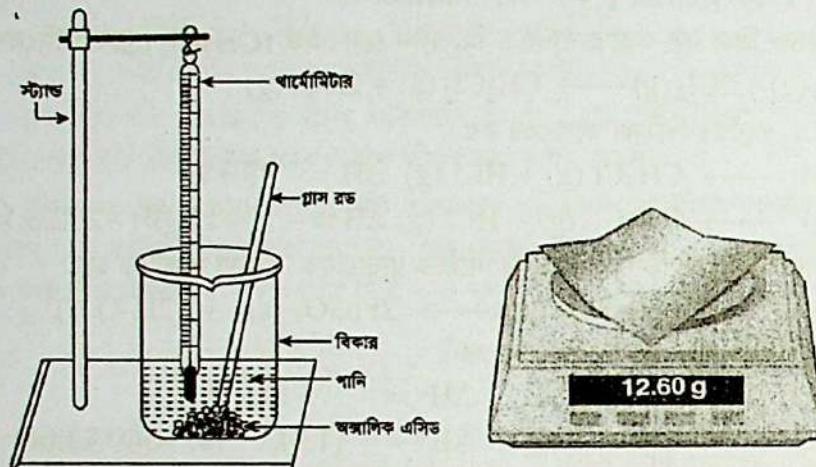
তাপের পরিবর্তন হবে  $= 0.42 \times t \text{ kJ}$

$$\therefore \text{অক্সালিক এসিডের দ্রবণ তাপ হবে} = \frac{0.42 \times t \text{ kJ}}{0.1} = 0.42 \times t \times 10 \text{ kJ.}$$

(খ) প্রয়োজনীয় রাসায়নিক বস্তু : (১) অক্সালিক এসিড ( $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ ); (২) পানি।

(গ) প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : (১) একটি বিকার ( $250\text{ mL}$ ); (২) থার্মোমিটার; (৩) স্ট্যাভ; (৪) 2-ডিজিটাল ইলেক্ট্রনিক ব্যালেন্স।

(ঘ) কাজের ধারা :



চিত্র-৪.৩১ : ক্যালরিমিতি পদ্ধতিতে অক্সালিক এসিডের দ্রবণ তাপ নির্ণয়।

ক্যালরিমিতি কী? তাপশক্তির, একক হলো 'ক্যালরি', 'মিতি' অর্থ পরিমাপ। যে যান্ত্রিক পদ্ধতিতে কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন বা শোষিত তাপের পরিমাণ পরিমাপ করা হয়, তাকে ক্যালরিমিতি বলে। ব্যবহৃত যন্ত্রের যে অংশটিতে তাপের বিকিরণ রূপে করার ব্যবস্থা থাকে, তাকে ক্যালরিমিটার বলে।

- (১) আর্দ্র অক্সালিক এসিড ( $HOOC-COOH \cdot 2H_2O$ ) এর আণবিক ভর হলো 126; তাই গুঁড়া করা 0.1 মোল অক্সালিক এসিড অর্থাৎ  $12.6\text{ g}$  গুঁড়া অক্সালিক এসিড ওজন করে নেয়া হয়।
- (২) একটি  $250\text{ mL}$  বিকারে  $87.4\text{ g}$  পানি নেয়া হয়।
- (৩) এখন একটি থার্মোমিটারকে স্ট্যাভ থেকে সূতা দিয়ে ঝুলিয়ে এ বিকারের পানিতে ডুবানো হয়। এ অবস্থায় পানির তাপমাত্রা ( $t_1^{\circ}\text{C}$ ) রেকর্ড করা হয়।
- (৪) এখন ওজন করা  $12.6\text{ g}$  অক্সালিক এসিড বিকারের পানিতে ঘোগ করে গ্লাস রড দিয়ে নেড়ে দ্রবীভূত করা হয়।
- (৫) সমস্ত অক্সালিক এসিডের গুঁড়া দ্রবীভূত হওয়ার সাথে সাথে দ্রবণের তাপমাত্রা ( $t_2^{\circ}\text{C}$ ) রেকর্ড করা হয়।
- (৬) এবার দ্রবণ তাপ হিসাব করা হয়।

পর্যবেক্ষণ ডাটা :

গৃহীত আর্দ্র অক্সালিক এসিডের পরিমাণ	$= 0.1 \text{ মোল বা, } 12.6 \text{ g}$
ব্যবহৃত পানির পরিমাণ	$= 87.4 \text{ g}$
দ্রবণের ঘনমাত্রা	$= 1\text{M}$
পানির প্রাথমিক তাপমাত্রা	$= t_1^{\circ}\text{C} = x$ (মনে করি)
দ্রবণের তাপমাত্রা	$= t_2^{\circ}\text{C} = y$ (মনে করি)

MCQ-4.45 : কোনটি

তাপেংপাদী? [নি. বো. ২০১৫]

(ক)  $H_2O(l) \rightarrow H_2O(g)$

(খ)  $H_2O(g) \rightarrow H_2O(l)$

(গ)  $H_2O(s) \rightarrow H_2O(l)$

(ঘ)  $H_2O(s) \rightarrow H_2O(g)$

গণনা : তাপমাত্রার পরিবর্তন হলো  $= t^{\circ}\text{C} = (t_1 - t_2)^{\circ}\text{C} = (x - y) = z^{\circ}\text{C}$

$\therefore$  আর্দ্র অক্সালিক এসিডের নির্ণিত দ্রবণ তাপ,  $\Delta H = 0.42 \times t \times 10 \text{ kJmol}^{-1} = 0.42 \times z \times 10 \text{ kJmol}^{-1}$

আর্দ্র অক্সালিক এসিডের নির্ণিত দ্রবণ তাপ,  $\Delta H = + 18.94 \text{ kJmol}^{-1}$

সতর্কতা : (১) অক্সালিক এসিডের গুঁড়কে গ্লাস রড দিয়ে ভালোভাবে নেড়ে যথাশীক্ষিত দ্রবীভূত করা উচিত।

(২) গ্লাস রডের আঘাতে যেন থার্মোমিটার বাল্ব ভেঙে না যায়।

(৩) পরীক্ষাকালে মিশ্রণের আলোড়ন যেন সুষম হয়।

### অধ্যায়ের সার-সংক্ষেপ (Recapitulations)

- ★ গ্রিন কেমিস্ট্রি : গ্রিন কেমিস্ট্রি হলো আন্তর্জাতিকভাবে অনুমোদিত বারটি নীতি সমন্বয়ে রসায়ন শিল্পের একটি গাইড লাইন, যা অনুসরণের মাধ্যমে গ্রোবাল ওয়ার্মিংহাস করে উন্নততর পরিবেশ সৃষ্টি হবে।
- ★ বিক্রিয়ার হার : বিক্রিয়কের ঘনমাত্রাহাস বা উৎপাদের ঘনমাত্রা বৃদ্ধির হারকে বিক্রিয়ার হার বলে।
- ★ সক্রিয়ণ শক্তি : যে পরিমাণ শক্তি অর্জন করে বিক্রিয়ক অণু বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করতে পারে সেটিই সক্রিয়ণ শক্তি।
- ★ প্রভাবক : প্রভাবক বিক্রিয়ার গতিকে বৃদ্ধি করে, নিজে গঠন ও ভরে অপরিবর্তিত থাকে।
- ★ এনজাইম : এনজাইম হলো জীবকোষে উৎপন্ন টারসিয়ারি প্রোটিন, যা জৈব বিক্রিয়ার গতিকে প্রভাবিত করে থাকে।
- ★ সাম্যাবস্থা : উভয়বুদ্ধি বিক্রিয়ায় যখন সম্মুখবুদ্ধি বিক্রিয়ার হার ও পশ্চাত্যবুদ্ধি বিক্রিয়ার হার সমান হয়, সে অবস্থাকে বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা বলে। সাম্যাবস্থা উভয়বুদ্ধি বিক্রিয়ার গতিশীল অবস্থায় থাকে।
- ★ সক্রিয় ভর : বিক্রিয়কের মোলার ঘনমাত্রা ও আংশিক চাপকে সক্রিয় ভর বলা হয়।
- ★ সাম্প্রত্বক : বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় উৎপাদের সক্রিয় ভরের গুণফল ও বিক্রিয়কের সক্রিয় ভরের গুণফলের অনুপাতকে সাম্প্রত্বক বলা হয়।
- ★ পানির আয়নিক গুণফল : দুর্বল তড়িৎ বিশেষ্য পানি অণু ( $H_2O$ ) থেকে সৃষ্টি হাইড্রোনিয়াম আয়ন ( $H_3O^+$ ) ও হাইড্রক্সিল ( $OH^-$ ) আয়নের মোলার ঘনমাত্রার গুণফলকে পানির আয়নীকরণ গুণফল ( $K_w$ ) বলে।
- ★ এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক : প্রতি লিটার জলীয় দ্রবণে উপস্থিত কোনো এসিডের মোল সংখ্যার যে ভগ্নাংশ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে, তাকে ঐ এসিডের বিয়োজন ধ্রুবক ( $K_a$ ) বলে।
- ★ ক্ষারের বিয়োজন ধ্রুবক : প্রতি লিটার জলীয় দ্রবণে উপস্থিত কোনো ক্ষারের মোল সংখ্যার যে ভগ্নাংশ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে, তাকে ঐ ক্ষারের বিয়োজন ধ্রুবক ( $K_b$ ) বলে।
- ★ অনুবন্ধী ক্ষারক : অন্ন একটি প্রোটিন ত্যাগ করলে সৃষ্টি ঝণাঝক আয়নকে ঐ অন্নের অনুবন্ধী ক্ষারক বলে।
- ★ অনুবন্ধী অন্ন : ক্ষারক একটি প্রোটিন গ্রহণ করার পর যা সৃষ্টি হয়, তাকে অনুবন্ধী অন্ন বলে।
- ★ দ্রবণের pH : হাইড্রোজেন আয়নের মোলার ঘনমাত্রার ঝণাঝক বেস-10 লগারিদমকে ঐ দ্রবণের pH বলে।
- ★ বাফার দ্রবণ : যে মিশ্র দ্রবণে খুব স্বল্প মাত্রায় সবল এসিড বা সবল ক্ষার দ্রবণ যোগ করলে ঐ মিশ্র দ্রবণের pH প্রায় অপরিবর্তিত থাকে, তাকে বাফার দ্রবণ বলে।
- ★ অভ্যন্তরীণ শক্তি : কোনো বস্তুতে সঞ্চিত অভ্যন্তরীণ স্থিতিশক্তি ও অভ্যন্তরীণ গতিশক্তি মিলে মোট শক্তিকে অভ্যন্তরীণ শক্তি বলে।
- ★ এনথালপি : কোনো বস্তুকে উত্তপ্ত করলে এর অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধি পায় এবং কিছু শক্তি ঐ বস্তু দ্বারা সম্পন্ন কাজে ব্যয় হয়। এ উভয় প্রকার শক্তিকে তাপগতি বিজ্ঞানে এনথালপি বা বিক্রিয়া তাপ ( $\Delta H$ ) বলে।
- ★ পরমাণুকরণ তাপ : এক মোল একক বন্ধনে আবদ্ধ অণুকে গ্যাসীয় অবস্থায় পরমাণুতে পরিণত করতে যে তাপ শোষণ করে, তাকে ঐ পদার্থের পরমাণুকরণ তাপ বলে।
- ★ বিক্রিয়া তাপ : কোনো বিক্রিয়ার সমতায়ুক্ত সমীকরণ মতে বিক্রিয়কসমূহের সংখ্যানুপাতিক মোল পরিমাণে সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন বা শোষিত তাপের পরিমাণকে বিক্রিয়া তাপ বলে।
- ★ গঠন তাপ : প্রমাণ অবস্থায় কোনো যৌগের এক মোল পরিমাণ ঐ যৌগের মৌলসমূহ থেকে উৎপন্ন হতে তাপের যে পরিবর্তন ঘটে, তাকে ঐ যৌগের গঠন তাপ বলে।

- ⚫ দ্রবণ তাপ : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যথেষ্ট পরিমাণ ( $200 - 450 \text{ mol}$ ) দ্রাবকে এক মোল দ্রব দ্রবীভূত করে প্রস্তুত দ্রবণে যদি আরো দ্রাবক যোগ করলে তাপীয় অবস্থার কোনো পরিবর্তন না ঘটে, তবে ঐ দ্রবণ প্রস্তুতকরণে তাপের যে পরিবর্তন ঘটে, তাকে ঐ দ্রবের দ্রবণ তাপ বলে।
- ⚫ প্রশমন তাপ : কক্ষ তাপমাত্রায় এসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়ায় এক মোল পানি উৎপন্ন হতে যে পরিমাণ তাপের উন্নব ঘটে, তাকে প্রশমন তাপ বলে।
- ⚫ বন্ধন শক্তি : গ্যাসীয় বা বাল্পীয় অবস্থায় সময়োজী পদার্থের অণুর নির্দিষ্ট দুটি পরমাণুর মধ্যস্থ একই প্রকার এক মোল বন্ধনকে ভেঙ্গে পরমাণুতে পরিণত করতে যে পরিমাণ গড় শক্তির প্রয়োজন হয়, তাকে সংশ্লিষ্ট বন্ধনের বন্ধন শক্তি বলে।
- ⚫ ল্যাভয়সিয়ে সূত্র : কোনো বিক্রিয়ায় যে পরিমাণ তাপের পরিবর্তন ঘটে, ঐ বিক্রিয়াটি বিপরীত দিকে ঘটলে একই পরিমাণ তাপের পরিবর্তন ঘটে থাকে; তবে তাপ পরিবর্তনের চিহ্ন বিপরীত হয়।
- ⚫ হেসের সূত্র : যদি কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রারম্ভিক ও শেষ অবস্থা একই থাকে, তবে বিক্রিয়াটি এক বা একাধিক ধাপে সংঘটিত হোক না কেন প্রতিক্ষেত্রে বিক্রিয়া তাপ সমান থাকবে।
- ⚫ ক্যালরি : এক গ্রাম পানির তাপমাত্রা  $1^{\circ}\text{C}$  ( $14.5^{\circ}\text{C} - 15.5^{\circ}\text{C}$ ) বাড়াতে যে পরিমাণ তাপশক্তি প্রয়োজন হয়, তাকে এক ক্যালরি বলে। আবার  $1 \text{ ক্যালরি} = 4.186 \text{ J (জুল)}$ ।

#### MCQ-এর উন্নরমালা :

4.1 (গ), 4.2 (ঘ), 4.3 (গ), 4.4 (খ), 4.5 (ঘ), 4.6 (ক), 4.7 (গ), 4.8 (গ), 4.9 (ঘ), 4.10 (খ), 4.11 (ঘ),  
 4.12 (ক), 4.13 (ঘ), 4.14 (গ), 4.15 (খ), 4.16 (খ), 4.17 (ঘ), 4.18 (ক), 4.19 (গ), 4.20 (গ),  
 4.21 (ঘ), 4.22 (গ), 4.23 (গ), 4.24 (ঘ), 4.25 (ক), 4.26 (খ), 4.27 (ঘ), 4.28 (খ), 4.29 (খ),  
 4.30 (গ), 4.31 (খ), 4.32 (গ), 4.33 (গ), 4.34 (ক), 4.35 (গ), 4.36 (ঘ), 4.37 (খ), 4.38 (গ),  
 4.39 (গ), 4.40 (ক), 4.41 (গ), 4.42 (গ), 4.43 (ঘ), 4.44 (ক), 4.45 (খ)।

## অনুশীলনী-৪

### ক-বিভাগ : জ্ঞানস্তরভিত্তিক প্রশ্নাবলি (এক নজরে)

#### (১) রাসায়নিক বিক্রিয়া ও ত্রিন কেমিস্ট্রি :

- ১। ত্রিন কেমিস্ট্রি বা সবুজ রসায়ন কী? [দি. বো. ২০১৭; য. বো. ২০১৬; চ. বো. ২০১৫; কু. বো. ২০১৭; ব. বো. ২০১৯]
- ২। এটম ইকন্যামি কী? [য. বো. ২০১৭]
- ৩। ত্রিনার পদ্ধতি কী?
- ৪। ম্যালেয়িক অ্যানহাইড্রাইডের গাঠনিক সংকেত লেখ।
- ৫। একমুখী বিক্রিয়া কী?
- ৬। উভয়মুখী বিক্রিয়া কী?

#### (২) বিক্রিয়ার হার বা গতি :

- ১। বিক্রিয়ার গতি বা হার কী? [চ. বো. ২০১৯; কু. বো. ২০১৯; সি. বো. ২০১৭; ব. বো. ২০১৫]
- ২। বিক্রিয়ার হার ক্রুবক কী?
- ৩। বিক্রিয়ার হারের ওপর প্রভাব সৃষ্টিকারী নিয়ামকগুলো কী?