

# Chemical Equilibrium

রাসায়নিক সাম্যবস্থা



মনে  
মেধা ও মনের স্ফূরণে মনন

#### ০.০ ভূমিকা

##### ১.০ একমুখী ও উভমুখী বিক্রিয়া

১.১ উভমুখী বিক্রিয়াকে একমুখীকরণ

১.২ একমুখী বিক্রিয়াকে উভমুখীকরণ

##### ২.০ রাসায়নিক সাম্যাবস্থা

২.১ সাম্যাবস্থার গতিশীলতা

২.২ রাসায়নিক সাম্যাবস্থার শর্ত বা বৈশিষ্ট্য

২.৩ রাসায়নিক সাম্যাবস্থার প্রকারভেদ

##### ৩.০ সাম্যাবস্থক

৩.১ মোলার সাম্যাবস্থক,  $K_C$

৩.২ চাপীয় সাম্যাবস্থক,  $K_P$

৩.৩ সাম্যাবস্থকের বৈশিষ্ট্য

৩.৪  $K_C$  ও  $K_P$  এর মধ্যে গাণিতিক সম্পর্ক

৩.৫  $K_C$  ও  $K_P$  এর একক

##### ৪.০ সাম্য মোলার অবস্থা

৪.১ সকল উভমুখী বিক্রিয়া-ই সাম্যাবস্থার দিকে ধাবমান

##### ৫.০ বিয়োজন মাত্রা

##### ৬.০ সাম্যাবস্থকের সাধারণ রাশিমালা প্রতিপাদন

##### ৭.০ বিক্রিয়া অনুপাত

৭.১ সাম্যাবস্থকের তাৎপর্য

##### ৮.০ স্টয়কিওমিতির উপর সাম্যাবস্থকের নির্ভরশীলতা

##### ৯.০ লা-শাতেলিয়ারের নীতি

৯.১ সাম্যাবস্থার উপর তাপমাত্রার প্রভাব

৯.২ সাম্যাবস্থার উপর চাপের প্রভাব

৯.৩ সাম্যাবস্থার উপর ঘনমাত্রার প্রভাব

##### ১০.০ উভমুখী বিক্রিয়ায় অবযুক্ত শক্তি

##### ১১.০ ভাস্ট হফ সমীকরণ

##### ১২.০ শিঙ্গোৎপাদনে লা-শাতেলিয়ারের নীতির প্রয়োগ

১২.১ পরীক্ষাগার প্রস্তুতি বনাম শিঙ্গোৎপাদন

১২.২ Optimum বা অত্যান্তকূল

১২.৩ শিঙ্গোৎপাদনে সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ধাপ

১২.৪ শিঙ্গোৎপাদনে উভমুখী বিক্রিয়ায় প্রভাবকের প্রভাব

##### ১৩.০ হেবার-বস (Haber – Bosch) পদ্ধতিতে আয়োনিয়ার শিঙ্গোৎপাদন

##### ১৪.০ স্পর্শ পদ্ধতিতে (Contact Process) সালফিটেরিক আয়সিডের শিঙ্গোৎপাদন

এটা হতে পারে পরীক্ষার জন্য এই অধ্যায়ে তোমার শেখার পরিধির সূচিপত্র; এখানে আলোচিত প্রতিটি বিষয় সম্পর্কেই তুমি নিজে থেকে আরো অনেক বেশি কিছু শিখতে পারো- চাইলেই। মনে রেখো-  
পরীক্ষার সিলেবাস হয়ত সুনির্দিষ্ট, তবে তোমার  
শেখার সিলেবাস হলো অন্তহীন।

## ভূমিকা

### ০.০

রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলোকে তাদের গতির দিক-এর ভিত্তিতে দুভাগে ভাগ করা যায়— একমুখী ও উভমুখী বিক্রিয়া। প্রকৃতপক্ষে সব রাসায়নিক বিক্রিয়াই উভমুখী বিবোচিত হলেও প্রকৃতপক্ষে কিছু কিছু ক্ষেত্রে সম্মুখ বিক্রিয়ার গতির তুলনায় পশ্চাত বিক্রিয়ার গতি এত কম যে আমরা শুধু সম্মুখদিকের বিক্রিয়াটির অস্তিত্ব-ই বুঝতে পারি। এসব বিক্রিয়াকে একমুখী বিক্রিয়া বলে ধরে নেয়া হয়। যেমন, কার্বনের সাথে অক্সিজেনের দহনের ফলে  $CO_2$  উৎপন্ন হয়। সুতরাং এসব বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থার প্রশ্নই আসে না। অন্যদিকে উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে যেমন বিক্রিয়কগুলোর মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে উৎপাদ উৎপন্ন হয়, তেমনি উৎপাদগুলোর মধ্যেও বিক্রিয়ার ফলে পূর্বের বিক্রিয়কগুলো ফিরে পাওয়া যায়। সুতরাং এসব ক্ষেত্রে কোন নির্দিষ্ট বিক্রিয়কসমূহের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া চলতে থাকলে কোন এক সময় দেখা যায়, যে হারে বিক্রিয়কসমূহের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে উৎপাদ উৎপন্ন হয়, ঠিক সে হারে উৎপাদগুলোর মধ্যেও বিক্রিয়ার ফলে পূর্বের বিক্রিয়কগুলো উৎপন্ন হয়ে থাকে; বিক্রিয়ার এ অবস্থাকে রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা বলা হয়। এক্ষেত্রে বিক্রিয়ার উভমুখিতা (*reversibility*) ও বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা (*equilibrium*) নামে দুটি অবস্থা প্রকাশ পায়।

তোমার ভাবনায় প্রশ্ন জাগতে পারে যে, সকল বিক্রিয়া-ই কী উভমুখী? উত্তর হচ্ছে- হ্যাঁ, সকল বিক্রিয়া-ই উভমুখী। তবে, কিছু বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সম্মুখ বিক্রিয়ার গতির তুলনায় পশ্চাত বিক্রিয়ার গতি এত কম যে আমরা পশ্চাত বিক্রিয়াটি কার্যতঃ ঘটছে না বলে ধরে নিয়ে সে বিক্রিয়াকে একমুখী বিক্রিয়া বলি। উপরন্তু, আরেকটি বিশেষ বিষয় হলো- যেকোনো বিক্রিয়াকে পশ্চাতমুখী করার জন্য যে উপযুক্ত নিয়ামক (তাপমাত্রা/চাপ/প্রভাবক ইত্যাদি) প্রয়োজন তা এখনো আমাদের জানা নেই বিধায়, ঐ বিক্রিয়াকে আমরা পশ্চাতদিকে সংঘটিত করতে ব্যর্থ হচ্ছি। এর ফলে উক্ত বিক্রিয়া শুধুই একদিকে সংঘটিত হচ্ছে বলে আপাতভাবে আমাদের মনে হয় এবং তাকে আমরা একমুখী বিক্রিয়া হিসেবে গণ্য করি।

### একমুখী (Irreversible) ও উভমুখী (Reversible) বিক্রিয়া

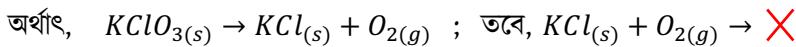
#### ১.০

তখন ঐ বিক্রিয়াটিকে একমুখী বিক্রিয়া বলা হয়। এ প্রকার বিক্রিয়ায় একটি সম্মুখমুখী তীব্র ( $\rightarrow$ ) চিহ্ন ব্যবহৃত হয়। যেমন, পটসিয়াম

### কোন বিক্রিয়ার সমস্ত বিক্রিয়ক পদার্থ যখন উৎপাদন

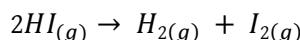
পরিণত হয় অর্থাৎ বিক্রিয়াটি শুধু সম্মুখ দিকে ঘটতে থাকে,

ক্লোরেটকে উত্পন্ন করলে এটি বিয়োজিত হয়ে  $KCl$  ও  $O_2$  উৎপন্ন করে। বিপরীতভাবে  $KCl$  ও  $O_2$  এর মধ্যে কোন বিক্রিয়া ঘটে না।

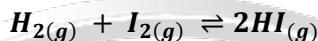


অপরপক্ষে যদি কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া একই সাথে সম্মুখ ও পশ্চাত্তিক থেকে সংঘটিত হয়, তবে সে বিক্রিয়াকে উভয়ী বিক্রিয়া বলা হয়। যেমন, যদি হাইড্রোজেন ও আয়োডিনকে একটি বন্ধ পাত্রে রেখে  $450^{\circ}C$  তাপমাত্রায় উত্পন্ন করা হলে দেখা যায় যে বিক্রিয়ার মাধ্যমে কিছু হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।  $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightarrow 2HI_{(g)}$

অন্যদিকে, বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাসকে বন্ধ পাত্রে রেখে  $450^{\circ}C$  তাপমাত্রায় উত্পন্ন করলে তা থেকে হাইড্রোজেন ও আয়োডিন উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ, তখন বিপরীত বিক্রিয়া ঘটার মাধ্যমে প্রথমোক্ত বিক্রিয়ার নিঃশেষিত বিক্রিয়কগুলোর পুনৰুৎস্বার ঘটে।



সুতরাং বন্ধপাত্রে হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের গ্যাসীয় বিক্রিয়াটি একটি উভয়ী বিক্রিয়া। এরূপ উভয়ী বিক্রিয়াকে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মধ্যে দুটি বিপরীতমুখী অর্ধতার ( $\rightleftharpoons$ ) দিয়ে প্রকাশ করা হয়।



### উভয়ী বিক্রিয়াকে একমুখীকরণ

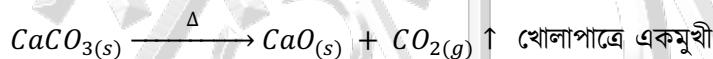
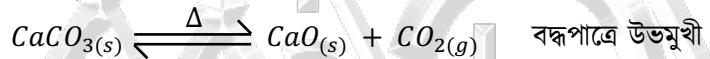
1.1

যেহেতু উভয়ী বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কসমূহ উৎপাদে পরিণত হবার পরে আবার

তাদের একাংশ বিক্রিয়াকে পরিণত হতে শুরু করে, সুতরাং একথা অনঙ্গীকার্য যে

সকল উভয়ী বিক্রিয়াই অসম্পূর্ণ। কোন বিক্রিয়ার একটি উৎপাদকে যদি ক্রমাগত বিক্রিয়াস্থল থেকে সরিয়ে নেওয়া যায়, তাহলে বিপরীত বিক্রিয়াটি সংঘটিত হতে পারে না। অর্থাৎ কেবল তখনই একটি উভয়ী বিক্রিয়ার পশ্চাত্তিক বিক্রিয়া ঘটার সুযোগ আর থাকে না। ফলে বিক্রিয়াটি একমুখী হয়ে পড়ে। এটিই একটি উভয়ী বিক্রিয়াকে একমুখীকরণের মূলনীতি। যেমন-

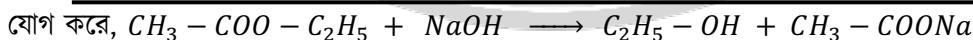
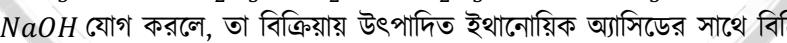
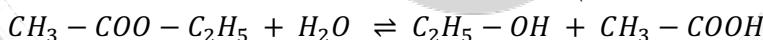
১/ সমগ্র বিক্রিয়ায় যদি অন্তত একটি মাত্র উৎপাদ গ্যাসীয় হয়, তাকে সহজেই বিক্রিয়াস্থল থেকে অপসারিত করা যায়। ফলে, উভয়ী বিক্রিয়াটি একমুখী হয়। যেমন, বন্ধপাত্রে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের তাপীয় বিয়োজন (*thermal decomposition*) উভয়ী; কিন্তু, খোলা পাত্রে এ বিক্রিয়া ঘটালে তা একমুখী হয়। কারণ,  $CO_2$  গ্যাস উৎপন্ন হওয়ার সাথে সাথেই তা বিক্রিয়াস্থল ত্যাগ করে যায়।



২/ কোন বিক্রিয়ার দ্রবণ থেকে একটি উৎপাদ অধঃক্ষিপ্ত হলে বিক্রিয়াটি একমুখী হয়। যেমন, সোডিয়াম সালফেটের দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইড যোগ করলে বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং বিক্রিয়া পরিবেশ থেকে পৃথক হয়ে পড়ে- ফলে বিক্রিয়াটি একমুখী হয়।



৩/ বিক্রিয়া পরিবেশ থেকে কোন উৎপাদকে রাসায়নিকভাবে সরিয়ে নেয়া হলেও উভয়ী বিক্রিয়া একমুখী হয়। যেমন, ইথাইল ইথানয়েট এর সাথে পানির বিক্রিয়ায় ইথানল ও ইথানোলিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এটি একটি উভয়ী বিক্রিয়া।



### একমুখী বিক্রিয়াকে উভয়ীকরণ

1.2

ওহে জ্ঞানতাপস! এটা যে কীভাবে করা যায় তা যদি আমার জানা ই থাকতো-

তাহলে আজ আমি এই বই লিখতে বসতাম না। আমি হতাম এই পৃথিবীর রাজাধিরাজ!

আমি যদি জানতাম যে কীভাবে কোনো একমুখী বিক্রিয়াকে উভয়ী করা যায়, অর্থাৎ পশ্চাত্তিকে সংঘটিত করা যায় তাহলে বয়স বাড়লেও চামড়য় যেন ভাঁজ না পড়ে তা আমার জানা থাকতো, পাঁকা চুল কাঁচা করার পদ্ধতি আমার জানা থাকতো, অনিয়ন্ত্রিত কোষ বিভাজনের ফলে সৃষ্টি দুরস্ত দুষ্ট ক্যান্সার কোষগুলিকে ভদ্র ছেলের মত চুপচাপ আগের মত ফেরত পাঠাতে পারতাম- যেভাবে তার থাকার কথা ছিল!

একথা শুনে হেঁসো না- কষ্ট ও পেও না। আসলে আমরা উভয়ী বিক্রিয়া এবং তার রাসায়নিক সাম্যাবস্থা নিয়ে পড়াশোনা করছি মূলত সেই লক্ষ্য অর্জনের জন্যই! এবং, আমাদের এই অর্জিত জ্ঞান আসলেই যে এভাবে কাজে লাগানো যাচ্ছে তার কিছু নমুনা পাবে তুমি যতই সামনে এগোতে থাকবে তত। যেমন, তুমি জানো-  $NaOH$  এবং  $HCl$  বিক্রিয়া করে  $NaCl$  এবং পানি উৎপন্ন করে; অথচ তার বিপরীত বিক্রিয়া

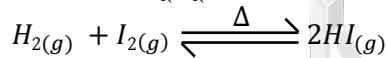
ঘটে না। অর্থাৎ,  $NaCl$  এবং পানির মিশ্রণ থেকে তুমি কখনোই  $NaOH$  এবং  $HCl$  উৎপন্ন করতে পারো না! হাহাহা! না, তোমার ধারণা ভুল। আমরা  $NaCl$  এর গাঢ় জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণের মাধ্যমে দ্রবণে  $NaOH$  উৎপন্ন করতে পারি। অর্থাৎ, লক্ষ্য করো- উভ বিক্রিয়ার দুটির মধ্যে একটি অন্তত আমরা তৈরি করতে সক্ষম হয়েছি! বাকিটিও খুব সহজেই করে ফেলা যায়! নয় কী! যাইহোক, মনের মধ্যে আগ্রহ জাগ্রত রাখো। তড়িৎ রসায়ন অধ্যায়ে আরো বিস্তারিত জানতে পারবে।

একমুখী বিক্রিয়া নিয়ে আলোচনার এই অধ্যায়ের এখনেই ইতি টানছি। আমাদের মূল আলোচ্য বিষয় হলো উভমুখী বিক্রিয়া।

## রাসায়নিক সাম্যাবস্থা (Chemical Equilibrium)

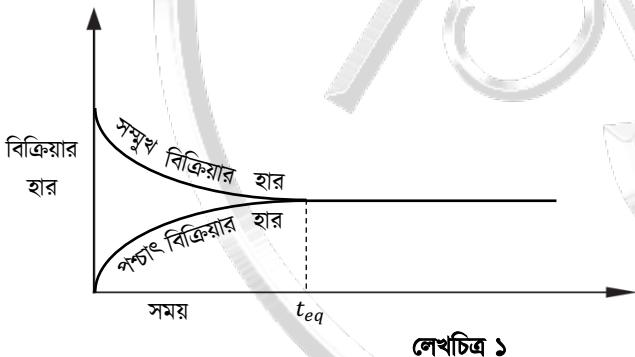
2.0

কোনো উভমুখী বিক্রিয়ার যে অবস্থায় সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার পশ্চাত্মক পশ্চাত্মক বিক্রিয়ার হারের সমান হয়, তাকে রাসায়নিক সাম্যাবস্থা বলে।  
রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়া কখনও থেমে যায় না; সম্মুখমুখী ও পশ্চাত্মক উভয় বিক্রিয়া সমান হারে চলতে থাকে। কোনো বিক্রিয়া যখন সাম্যাবস্থায় পৌঁছায়, তখন সম্মুখ বিক্রিয়ার হার বা বেগ ও পশ্চাত্মক বিক্রিয়ার হার বা বেগ সমান হয়; তবে, তখন উৎপাদ ও বিক্রিয়কের পরিমাণ সমান হবে- এমন কোনো নিশ্চয়তা নেই। বরং, সাধারণত কখনোই সাম্যাবস্থায় উৎপাদ ও বিক্রিয়কের পরিমাণ সমান হয়না। যেমন- একটি আবন্দ পাত্রে হাইড্রোজেন ও গাঢ় বেগুনি বর্ণের আয়োডিন বাস্প নিয়ে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যেমন  $450^{\circ}C$ -এ রেখে দিলে হাইড্রোজেন ও আয়োডিন বিক্রিয়া করে 80% হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাস উৎপন্ন করে এবং বিক্রিয়ক  $H_2$  ও  $I_2$  এর ঘনমাত্রা হ্রাস পেয়ে 20% হয়। ফলে মিশ্রণের বর্ণ হালকা বেগুনি ধারণ করে। বাস্তবিকপক্ষে সম্মুখ বিক্রিয়া কিছুক্ষণ চলার পর থেকেই উভয় বিক্রিয়া একই সাথে চলতে থাকে। প্রথম দিকে পাত্রে  $H_2$  ও  $I_2$  এর ঘনমাত্রা বেশি থাকায় সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার বেশি থাকে।

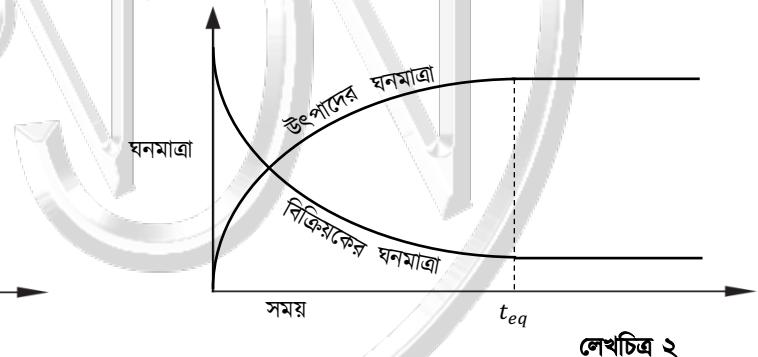


আবার এই হাইড্রোজেন আয়োডাইড এর পরিমাণ যতই ধীরে ধীরে বাড়ে ততই বিপরীতমুখী বিক্রিয়ার ফলে অর্থাৎ  $HI$ -এর বিযোজনের মাধ্যমে  $H_2$  ও  $I_2$  তৈরির হারও বাড়ে। প্রথমদিকে  $HI$ -এর ঘনমাত্রা কম থাকে বিধায় পশ্চাত্মক বিক্রিয়ার হারও খুব কম। ধীরে ধীরে সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার কমতে থাকে এবং পশ্চাত্মক বিক্রিয়ার হার বাড়তে থাকে। ফলে এক সময় সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার পশ্চাত্মক বিক্রিয়ার হারের সমান হয়। বিক্রিয়ার এ অবস্থাটাকে রাসায়নিক সাম্যাবস্থা বলা হয়।

উল্লেখ্য যে,  $HI$  অথবা  $H_2$  ও  $I_2$  এর মিশ্রণ যা দিয়েই বিক্রিয়া শুরু করা হোক না কেন, সাম্যাবস্থায় এসব পদার্থের অনুপাত একই থাকে (অর্থাৎ বিক্রিয়ামিশ্রণে 80%  $HI$  এবং 20%  $H_2$  ও  $I_2$  এর মিশ্রণ সাম্যাবস্থায় থাকে)।



লেখচিত্র ১



লেখচিত্র ২

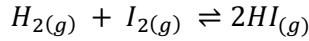
জেনে রেখো- উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার জন্য লেখচিত্র অঙ্কন করা হলে বিক্রিয়ার হার বনাম সময় এর লেখচিত্র সর্বদাই লেখচিত্র ১ এর অনুরূপ হবে। তবে, ঘনমাত্রা বনাম সময়ের লেখচিত্র সর্বদা লেখচিত্র ২ এর অনুরূপ না ও হতে পারে। এটা মূলত নির্ভর করে ঐ বিশেষ বিক্রিয়ার স্টয়াকিওমিতিক অনুপাতের উপর।

## সাম্যাবস্থার গতিশীলতা (Dynamic Nature Equilibrium)

2.1

উভয় বিক্রিয়া সমান গতিতে চলতে থাকে। আপাতদৃষ্টিতে সাম্যাবস্থাকে স্থিত বা স্থির বলে মনে হলেও প্রকৃতপক্ষে সম্মুখমুখী ও পশ্চাত্মক বিক্রিয়ার হার মনে হলেও স্থিত বলে মনে হলেও সূক্ষ্মভাবে দেখলে তাকে গতিশীল বা চলমানই দেখা যাবে। তাই সাম্যাবস্থা একটি গতিশীল অবস্থা, স্থিতাবস্থা নয়। বর্তমানে বহু বিক্রিয়ায় শনাক্তকারী (Tracer) হিসেবে তেজস্বিয় আইসোটোপ ব্যবহার করে সাম্যাবস্থার চলমান প্রকৃতির প্রমাণ পাওয়া গেছে।

আবন্দপাত্রে  $H_2$  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 পশ্চাত্মক পশ্চাত্মক বিক্রিয়ার হার অর্থাৎ  $HI$  এর বিযোজন হার বাড়তে থাকে। একসময় মনে হয় বিক্রিয়াটি বন্ধ হয়ে গেছে। প্রকৃতপক্ষে তখন সাম্যাবস্থার সৃষ্টি হয়েছে এবং উভয়দিকে সমান হারে উভয় বিক্রিয়া সংঘটিত হচ্ছে।



সাম্যাবস্থা অর্জনের পরে ট্রেসার হিসেবে অল্প পরিমাণ তেজক্ষিয় আয়োডিন  $I_2$ , পাত্রে প্রবেশ করানো হয়, তখন সাম্যাবস্থার বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না; অর্থাৎ  $H_2$ ,  $I_2$  ও  $HI$  এর পরিমাণ অপরিবর্তিত থাকে। কিন্তু দেখা যায় যে, সাম্যাবস্থায় প্রথমদিকে সব  $HI$ -এর মধ্যে আয়োডিন পরিমাণ অতেজক্ষিয় থাকলেও পরে কিছু  $HI$ -এর আয়োডিন তেজক্ষিয় হয় এবং এ ধরনের  $HI$ -এর পরিমাণ ক্রমশ বাঢ়তে একসময় একটি নির্দিষ্ট পরিমাণে পৌঁছায়। এ থেকে বোঝা যায় যে, সাম্যাবস্থা অর্জনের পর তেজক্ষিয় আয়োডিনের প্রবেশের ফলে নিম্নোক্ত বিক্রিয়া চলেছে-  $H_{2(g)} + I_{2(g)}^* \rightleftharpoons 2HI_{(g)}^*$  [  $I_{2(g)}^*$  দ্বারা তেজক্ষিয় আয়োডিন (ট্রেসার) বোঝানো হয়েছে]

যেহেতু  $HI$  এর সর্বমোট পরিমাণ (প্রায় 80%) অপরিবর্তিত থাকছে, সেহেতু তেজক্ষিয়  $HI^*$  উৎপন্ন হওয়ার সময় একই সাথে কিছু অতেজক্ষিয়  $HI$  বিয়োজিত হয়েছে।  $2HI_{(g)} \rightarrow H_{2(g)} + I_{2(g)}$

অর্থাৎ এ থেকে প্রমাণিত হয় যে, সাম্যাবস্থা অর্জনের পরেও সম্মুখ্যমুখী ও পশ্চাত্মক উভয় বিক্রিয়া সমান হারে চলতে থাকে, তবে দুটি বিক্রিয়ার গতিবেগ সমান হওয়ায় তা বাইরে থেকে দেখে বোঝা যায় না।

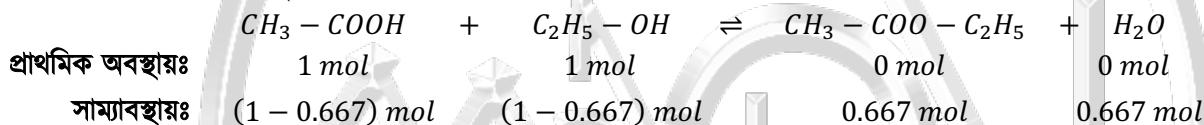
### রাসায়নিক সাম্যাবস্থার শর্ত বা বৈশিষ্ট্য (Characteristics or Conditions)

2.2

রাসায়নিক সাম্যাবস্থার চারটি

অত্যাবশ্যকীয় শর্ত বা বৈশিষ্ট্য আছে।

**ক/ সাম্যের স্থায়িত্ব(Stability of equilibrium):** কোন বিক্রিয়া একবার সাম্যাবস্থানে পৌঁছালে তা চিরকাল একই অবস্থায় থাকবে, যদি না সাম্যাবস্থার কোনো নিয়ন্ত্রক (নিয়ন্ত্রক)- চাপ, তাপমাত্রা ও ঘনমাত্রার পরিবর্তন ঘটানো হয়। উদাহরণস্বরূপ, 1 mol ইথানোয়িক অ্যাসিড ও 1 mol ইথানল নিয়ে 100°C তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটালে সাম্যাবস্থায় পৌঁছার পরে উভয় বিক্রিয়কের 0.667 অংশ বিক্রিয়া করে 0.667 mol ইথাইল ইথানলেট উৎপন্ন করে। অর্থাৎ 100°C তাপমাত্রায় সাম্যাবস্থায় 0.333 mol ইথানোয়িক অ্যাসিড, 0.333 mol ইথানল, 0.667 mol পানি ও 0.667 mol ইথাইল ইথানলেট মিশ্রণে উপস্থিত থাকে। এ সাম্যাবস্থা অর্জনের পর একই তাপমাত্রা ও চাপে বহুদিন রেখে দিলেও এ পরিমাণসমূহের কোনো পরিবর্তন দেখা যায় না। এটিই সাম্যের স্থায়িত্ব নির্দেশ করে।



**খ/ উভয়দিক থেকে সুগম্যতা(Approachable from both ends):** প্রকৃত সাম্যের বৈশিষ্ট্য এমন থাকে যে, সাম্যাবস্থা নির্ধারণকারী নিয়ন্ত্রকগুলো অপরিবর্তনীয় থাকলে বিক্রিয়ার উভয়দিক থেকেই সাম্যাবস্থায় পৌঁছানো সম্ভব। যেমন,  $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$  বিক্রিয়াটি বিবেচনা করা যাক।

এক আয়তন  $N_2$  ও তিনি আয়তন  $H_2$  গ্যাস নিয়ে সেখানে বৈদ্যুতিক স্ফুলিঙ্গ ঘটালে মাত্র 7% গ্যাস মিশ্রণ অ্যামোনিয়া গ্যাসে পরিণত হয়; এই মিশ্রণে বাকি 93% গ্যাসই নাইট্রোজেন  $N_2$  এবং  $H_2$  হিসেবে থেকে যায়। অন্যদিকে  $NH_3$  গ্যাসের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ ঘটালে শুধু 7%  $NH_3$  গ্যাস ছাড়া বাকি 93%  $NH_3$  গ্যাস বিয়োজিত হয়ে  $N_2$  এবং  $H_2$  গ্যাসে পরিণত হয়। সুতরাং এতে প্রমাণিত হয় যে, উপরোক্ত বিক্রিয়াটি যে কোন দিক থেকে শুরু করে একই সাম্যাবস্থায় পৌঁছানো যায়।

**গ) প্রভাবকের ভূমিকাহীনতা(Ineffectiveness of catalysts):** রাসায়নিক সাম্যাবস্থার উপর প্রভাবকের কোন ভূমিকা নেই। প্রভাবক উভয় দিকের বিক্রিয়ার গতিকে সমানুপাতিকভাবে প্রভাবিত করে (ক্রত/মন্ত্র); অর্থাৎ ধনাত্মক প্রভাবক অপেক্ষাকৃত কম সময়ে সাম্যাবস্থায় উপনীত হতে সহায়তা করে এবং ঋণাত্মক প্রভাবক অপেক্ষাকৃত বেশি সময়ে সাম্যাবস্থায় উপনীত হতে সহায়তা করে, তবে এর ফলে সাম্যাবস্থার কোন পরিবর্তন হয় না। প্রভাবকবিহীন অবস্থায় উৎপাদ ও বিক্রিয়কের পরিমাণের যে অবস্থা থাকে, প্রভাবকযুক্ত অবস্থায়ও একই পরিমাণ বিক্রিয়ক ও উৎপাদ বিদ্যমান থাকে।

**ঘ) বিক্রিয়ার অসম্পূর্ণতা(Incompleteness of reaction):** প্রকৃত সাম্যের অন্যতম বৈশিষ্ট্য হল বিক্রিয়ার অসম্পূর্ণতা। সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদ উভয়ই কিছু পরিমাণ উপস্থিত থাকে। সাম্যধ্রবক বা, সাম্যাক্ষের মান থেকেই তা উপলব্ধি করা যায়। কোন বিক্রিয়া সম্পূর্ণ বা একমুখী হলে সাম্যাক্ষের মান ( $K_{eq}$ ) শূন্য অথবা অসীম হতো। যেহেতু সাম্যাক্ষের মান ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র বা অতি বৃহৎ হতে পারে, কিন্তু শূন্য বা অসীম হয় না; সুতরাং বলা যায়, একটি উভমুখী বিক্রিয়া কখনও সমাপ্ত হয় না। সাম্যধ্রবক বা, সাম্যাক্ষ সম্পর্কে কিছু পরেই জানতে পারবে।



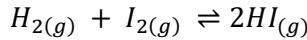
সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়া পাত্রে  $[A]$ ,  $[B]$ ,  $[C]$ ,  $[D]$  প্রত্যেকটির মান ই অখণ্টাত্মক এবং অশূন্য।

### রাসায়নিক সাম্যাবস্থার প্রকারভেদ

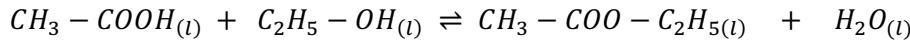
2.3

রাসায়নিক বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ভৌত অবস্থার ভিত্তিতে সাম্যাবস্থা দুই প্রকার। যথা- ১/ সমসত্ত্ব সাম্যাবস্থা ও ২/ অসমসত্ত্ব সাম্যাবস্থা।

১/ সমস্ত সাম্যবস্থাঃ যে উভয়ুর্থী বিক্রিয়ার সাম্যবস্থায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদসমূহ একই ভৌত অবস্থায় থাকে, তাকে সমস্ত সাম্যবস্থা বলা হয়। যেমন, আবন্দ পাত্রে  $450^{\circ}C$  তাপমাত্রায়  $H_2$  গ্যাস ও  $I_2$  গ্যাসের মধ্যে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন  $HI$  গ্যাস সমস্ত সাম্যবস্থায় থাকে। এটি একটি গ্যাসীয় সাম্যবস্থা।



আবার, ইথানোলিক অ্যাসিড ও ইথানলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ইথাইল ইথানয়েট ও পানি সমস্ত সাম্যবস্থায় থাকে। এটি একটি তরল সাম্যবস্থা।



১/ অসমস্ত সাম্যবস্থাঃ যে উভয়ুর্থী বিক্রিয়ার সাম্যবস্থায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদসমূহ ভিন্ন ভৌত অবস্থায় থাকে, তাকে সমস্ত সাম্যবস্থা বলা হয়। যেমন, আবন্দ পাত্রে  $550^{\circ}C$  তাপমাত্রায় কঠিন ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে উত্পন্ন করলে তা বিযোজিত হয়ে কঠিন  $CaO$  ও গ্যাসীয়  $CO_2$  উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন কঠিন  $CaO$ ,  $CO_2$  গ্যাস এবং কঠিন  $CaCO_3$  সাম্যবস্থায় বিরাজ করে।  $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_2(g)$  আবার, আবন্দ পাত্রে  $300^{\circ}C$  তাপমাত্রায় উত্পন্ন আয়রন গুঁড়া ও স্টিমের মধ্যে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ফেরোসোফেরিক অক্সাইড  $Fe_3O_4$  ও  $H_2$  গ্যাস অসমস্ত সাম্যবস্থায় থাকে।  $3Fe_{(S)} + 4H_2O_{(g)} \rightleftharpoons Fe_3O_4(s) + 4H_{2(g)}$

### সাম্যঙ্কবক (Equilibrium Constant)

3.0

কোনো উভয়ুর্থী বিক্রিয়ার সাম্যঙ্কবক হলো ঐ বিক্রিয়া সাম্যবস্থায় পৌঁছানৰ পৰ নিৰ্ণীত একটি বিশেষ ঙ্কবক যেখানে সাম্যবস্থায় উৎপাদ ও বিক্রিয়কের

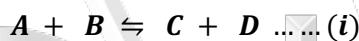
প্ৰাপ্ত সক্রিয়ত গুণফল নিয়ে হিসাব কৰা হয়। এক্ষেত্ৰে যদি সমগ্ৰ বিক্রিয়াটি জলীয় দ্রবণে সংঘটিত হয়, সেক্ষেত্ৰে বিক্রিয়ক ও উৎপাদগুলোৱ মোলার ঘনমাত্ৰা এবং গ্যাসীয় হলে তাৰে আংশিক চাপ নেয়া হয়। মোলার ঘনমাত্ৰাৰ সাহায্যে হিসাব কৰা হলে তাৰে মোলার ঘনমাত্ৰা বিষয়ক সাম্যঙ্কবক বা, মোলার সাম্যঙ্কবক এবং আংশিক চাপ এৰ মানেৰ সাহায্যে হিসাব কৰা হলে তাৰে চাপীয় সাম্যঙ্কবক বলা হয়। এই দুটি সাম্যঙ্কবক কীভাৱে সংজ্ঞায়িত হয়, তা নিচে বিস্তৰিত দেয়া হল-

#### মোলার সাম্যঙ্কবক, $K_C$

3.1

ধৰি, একটি  $T$  তাপমাত্রায়  $V$  আয়তনেৰ একটি পাত্রে নিম্নোক্ত উভয়ুর্থী রাসায়নিক বিক্রিয়া

সংঘটিত কৰা হল।



বিক্রিয়া পাত্রে  $A, B, C$  এবং  $D$  এৰ মোলার ঘনমাত্ৰাৰ মান যথাক্রমে  $[A], [B], [C]$  এবং  $[D]$

তাহলে ভৱক্রিয়া সূত্রানুযায়ী,

(i) নং এৰ সম্মুখ বিক্রিয়াৰ হাৰ,  $r_f = k_f [A] \times [B]$  এবং (i) নং এৰ পশ্চাৎ বিক্রিয়াৰ হাৰ,  $r_b = k_b [C] \times [D]$   
এখানে,  $k_f$  এবং  $k_b$  হলো যথাক্রমে সম্মুখ ও পশ্চাৎ বিক্রিয়াৰ হাৰ ঙ্কবক।

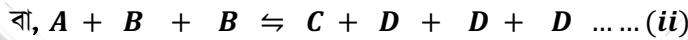
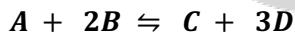
আমৱা জানি, উভয়ুর্থী রাসায়নিক বিক্রিয়াৰ সাম্যবস্থায় সম্মুখ ও পশ্চাৎ বিক্রিয়াৰ হাৰ সমান হয়।

অৰ্থাৎ,  $r_f = r_b \Rightarrow k_f [A] \times [B] = k_b [C] \times [D] \Rightarrow \frac{k_f}{k_b} = \frac{[C] \times [D]}{[A] \times [B]}$

$$\therefore K_C = \frac{[C] \times [D]}{[A] \times [B]}$$

$K_C$  কে বিক্রিয়াৰ মোলার সাম্যঙ্কবক বলা হয়।

এবাৰ, নিচেৰ বিক্রিয়াটি বিবেচনা কৰি-



তাহলে ভৱক্রিয়া সূত্রানুযায়ী,

(ii) নং এৰ সম্মুখ বিক্রিয়াৰ হাৰ,  $r_f = k_f [A] \times [B] \times [B]$

এবং (ii) নং এৰ পশ্চাৎ বিক্রিয়াৰ হাৰ,  $r_b = k_b [C] \times [D] \times [D] \times [D]$

আমৱা জানি, উভয়ুর্থী রাসায়নিক বিক্রিয়াৰ সাম্যবস্থায় সম্মুখ ও পশ্চাৎ বিক্রিয়াৰ হাৰ সমান হয়।

অৰ্থাৎ,  $r_f = r_b \Rightarrow k_f [A] \times [B] \times [B] = k_b [C] \times [D] \times [D] \times [D] \Rightarrow \frac{k_f}{k_b} = \frac{[C] \times [D] \times [D] \times [D]}{[A] \times [B] \times [B]}$

$$\therefore K_C = \frac{[C] \times [D]^3}{[A] \times [B]^2}$$

সুতৰাং, একটি উভয়ুর্থী সাধাৱণ বিক্রিয়া  $aA + bB \rightleftharpoons dD + eE$  হলে, বিক্রিয়াটিৰ মোলার সাম্যঙ্কবক  $K_C$  এৰ রাশিমালা হবে-

$$K_C = \frac{[D]^d \times [E]^e}{[A]^a \times [B]^b}$$

অৰ্থাৎ, মোলার সাম্যঙ্কবক  $K_C = \frac{[D]^d \times [E]^e}{[A]^a \times [B]^b}$  উৎপাদ সমূহেৰ ঘনমাত্ৰা গুণফল

এখানে,  $k_f$  এবং  $k_b$  হলো যথাক্রমে

সম্মুখ ও পশ্চাৎ বিক্রিয়াৰ হাৰ ঙ্কবক।

এখানে,  $[D]^d \times [E]^e =$  উৎপাদ সমূহেৰ ঘনমাত্ৰা গুণফল  
এবং,  $[A]^a \times [B]^b =$  বিক্রিয়ক সমূহেৰ ঘনমাত্ৰা গুণফল

জেনে নাও- আমাদের পাঠ্যপুস্তকে এসব ক্ষেত্রে  $[D]^d \times [E]^e =$  উৎপাদ সমূহের ঘনমাত্রার গুণফল এবং,  $[A]^a \times [B]^b =$  বিক্রিয়ক সমূহের ঘনমাত্রার গুণফল বলা হয়- এটা অনুচিত।

উৎপাদ সমূহের ঘনমাত্রার গুণফল (*Product of Concentration of Products*) বলা হলে, তা হতো  $[D] \times [E]$  এবং,

বিক্রিয়ক সমূহের ঘনমাত্রার গুণফল (*Product of Concentration of Reactants*) বলা হলে, তা হতো  $[A] \times [B]$  মূলত বিষয়টি হলো, এখানে “ঘনমাত্রা গুণফল (*Concentration Product*)” দ্বারা নতুন একটি রাশি-ই সংজ্ঞায়িত করা হয় যেখানে প্রতিটি রাসায়নিক পদার্থের ঘনমাত্রার ঘাতে তাদের মোলার সহগকে উন্নীত করা হয়।

অর্থাৎ, উৎপাদ সমূহের ঘনমাত্রা গুণফল (*Concentration Product of Products*) =  $[D]^d \times [E]^e$

এবং, বিক্রিয়ক সমূহের ঘনমাত্রা গুণফল (*Concentration Product of Reactants*) =  $[A]^a \times [B]^b$

চাপীয় সাম্যধ্রুবক,  $K_P$

3.2

ধরি,  $T$  তাপমাত্রা ও  $P$  চাপে  $V$  আয়তনের একটি পাত্রে নিম্নোক্ত উভয়ুৰী রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত করা হল।

$$A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)} + D_{(g)} \dots \dots (i)$$

বিক্রিয়া পাত্রে  $A, B, C$  এবং  $D$  এর আংশিক চাপের মান যথাক্রমে  $P_A, P_B, P_C$  এবং  $P_D$

তাহলে ভরক্রিয়া সূত্রানুযায়ী,

(i) নং এর সম্মুখ বিক্রিয়ার হার,  $r_f = k_f P_A \times P_B$  এবং (i) নং এর পশ্চাত বিক্রিয়ার হার,  $r_b = k_b P_C \times P_D$

এখানে,  $k_f$  এবং  $k_b$  হলো যথাক্রমে সম্মুখ ও পশ্চাত বিক্রিয়ার হার ধ্রুবক।

আমরা জানি, উভয়ুৰী রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যবস্থায় সম্মুখ ও পশ্চাত বিক্রিয়ার হার সমান হয়।

অর্থাৎ,  $r_f = r_b \Rightarrow k_f P_A \times P_B = k_b P_C \times P_D \Rightarrow \frac{k_f}{k_b} = \frac{P_C \times P_D}{P_A \times P_B}$

$$\therefore K_P = \frac{P_C \times P_D}{P_A \times P_B}$$

$K_P$  কে বিক্রিয়ার চাপীয় সাম্যধ্রুবক বলা হয়।

একই ভাবে, নিচের বিক্রিয়াটি বিবেচনা করি-



বিক্রিয়াটির জন্য অনুরূপভাবে প্রমাণ করা যায় যে,  $K_P = \frac{P_C \times P_D^3}{P_A \times P_B^2}$

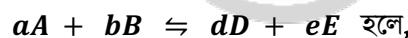
সুতরাং, একটি উভয়ুৰী গ্যাসীয় সাধারণ বিক্রিয়া  $aA_{(g)} + bB_{(g)} \rightleftharpoons dD_{(g)} + eE_{(g)}$  হলে, বিক্রিয়াটির চাপীয় সাম্যধ্রুবক  $K_P$  এর রাশিমালা হবে-  $K_P = \frac{P_D^d \times P_E^e}{P_A^a \times P_B^b}$

অর্থাৎ, চাপীয় সাম্যধ্রুবক  $K_C = \frac{\text{উৎপাদ সমূহের চাপ গুণফল}}{\text{বিক্রিয়ক সমূহের চাপ গুণফল}}$

এখানে,  $[D]^d \times [E]^e =$  উৎপাদ সমূহের চাপ গুণফল  
এবং,  $[A]^a \times [B]^b =$  বিক্রিয়ক সমূহের চাপ গুণফল

তাহলে একটি উভয়ুৰী বিক্রিয়ার মোলার সাম্যধ্রুবক এবং চাপীয় সাম্যধ্রুবক সম্পর্কে একটি সামগ্রিক ধারণা দেয়া যায় এভাবে-

একটি গ্যাসীয় সাধারণ উভয়ুৰী বিক্রিয়া-



বিক্রিয়াটির মোলার সাম্যধ্রুবকের রাশিমালা,  $K_C = \frac{[D]^d \times [E]^e}{[A]^a \times [B]^b}$

বিক্রিয়াটির চাপীয় সাম্যধ্রুবকের রাশিমালা,  $K_P = \frac{P_D^d \times P_E^e}{P_A^a \times P_B^b}$

$[A] =$  সাম্যবস্থায়  $A$  পদার্থের ঘনমাত্রার মান

বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক তথা  $K_C$  বা

$K_P$  এর মান শুধুমাত্র বিক্রিয়া

$[B] =$  সাম্যবস্থায়  $B$  পদার্থের ঘনমাত্রার মান

সাম্যবস্থায় উপনীত হলেই

$[D] =$  সাম্যবস্থায়  $D$  পদার্থের ঘনমাত্রার মান

স্বার্থকভাবে নির্ণয় করা যায়।

$[E] =$  সাম্যবস্থায়  $E$  পদার্থের ঘনমাত্রার মান

$P_A =$  সাম্যবস্থায়  $A$  গ্যাসের আংশিক চাপের মান

$P_B =$  সাম্যবস্থায়  $B$  গ্যাসের আংশিক চাপের মান

$P_D =$  সাম্যবস্থায়  $D$  গ্যাসের আংশিক চাপের মান

$P_E =$  সাম্যবস্থায়  $E$  গ্যাসের আংশিক চাপের মান

কোনো বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবকের মান

$K_C$  বা  $K_P > 1$  হলে, সাম্যবস্থায় উৎপাদ > বিক্রিয়ক

$K_C$  বা  $K_P < 1$  হলে, সাম্যবস্থায় উৎপাদ < বিক্রিয়ক

একারণে উভয়ুৰী বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক  $K_C$  বা  $K_P$  এর মান দ্বারা ঐ বিক্রিয়ার ব্যাপ্তি বুঝায়।

একে সহজ বাংলায় ভাবতে পারো- একটি উভয়ুৰী প্রক্রিয়ার সম্মুখুৰী অংশের কর্মদক্ষতা( $\eta$ )।

কর্মদক্ষতা,  $\eta = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$

এ পর্যায়ে রাসায়নিক সাম্যবস্থা তথা সাম্যধ্রুবক সম্পর্কিত বিভিন্ন প্রশ্নোত্তর ও গাণিতিক সমস্যা সমাধানের জন্য পরিমাণগত রসায়ন অধ্যায়ে শেখা মোলার ঘনমাত্রা এবং পরিবেশ রসায়ন অধ্যায়ের মৌল ভগ্নাংশ ও আংশিক চাপ বিষয় গুলি প্রয়োজন হবে। এসব বিষয়ে সবিস্তরে ঐ অধ্যায়গুলোতে আলোচনা হয়েছে। তদুপরি, কিছুটা স্বরণ করিয়ে দিচ্ছি আবার।

## মনভূলোদের মনে করিয়ে দিচ্ছি আরেকবার-

১/ কোনো দ্রবণের মৌলার ঘনমাত্রা,  $C = \frac{\text{দ্রবণের মৌল সংখ্যা}}{\text{দ্রবণের মোট আয়তন (litre এককে)}} \quad$  একেই আমরা সূত্রাকারে এভাবে লিখি- মৌলারিটি,  $C = \frac{n}{V_L}$

একটি বিশেষ লক্ষ্যণীয় বিষয় হলো, একটি উভয়ুক্তি বিক্রিয়া সাম্যাবস্থা অর্জন করে শুধুই বদ্ধ পাত্রে। সুতরাং, একটি নির্দিষ্ট আয়তনের বদ্ধ পাত্রে কোনো কঠিন বা গ্যাসীয় উপাদানেরও ঘনমাত্রা তাত্ত্বিকভাবে নির্ণয় করা সম্ভব। অর্থাৎ, ঘনমাত্রার ধারণাটি সচরাচর যেভাবে আমরা এতদিন শুধুমাত্র জলীয় দ্রবণের জন্য প্রয়োগ করে এসেছি- সেটার বাইরেও গ্যাস বা কঠিন পদার্থের ঘনমাত্রা আমরা নির্ণয় করতে পারবো।

২/ মৌল ভগ্নাংশ,  $X$  (*Mole Fraction*): কোনো মিশ্রণে কোনো একটি উপাদানের নিজস্ব মৌল সংখ্যাকে ঐ মিশ্রণের সকল উপাদানের মৌল সংখ্যা দিয়ে ভাগ করলে প্রথমোক্ত উপাদানের মৌল ভগ্নাংশ পাওয়া যায়।

$\therefore \text{কোনো মিশ্রণে কোনো উপাদানের মৌল ভগ্নাংশ}, X = \frac{\text{মিশ্রণে ঐ উপাদানের নিজস্ব মৌল সংখ্যা}}{\text{মিশ্রণের সবগুলো উপাদানের মোট মৌল সংখ্যা}}$

ধরি,  $A, B$  ও  $C$  তিনটি গ্যাসের মিশ্রণে এদের মৌল সংখ্যা যথাক্রমে  $n_A, n_B$  ও  $n_C$  হলে,

$$A \text{ এর মৌল ভগ্নাংশ}, X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B + n_C}$$

$$B \text{ এর মৌল ভগ্নাংশ}, X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B + n_C}$$

$$C \text{ এর মৌল ভগ্নাংশ}, X_C = \frac{n_C}{n_A + n_B + n_C}$$

এখানে, একটা বিষয় খেয়াল করো- মৌল ভগ্নাংশ শুধুমাত্র

যে গ্যাসীয় মিশ্রণের জন্য প্রযোজ্য... তা কিন্তু নয়!!!

বরং, তরল-কঠিন বা গ্যাস... যেকোনো মিশ্রণের জন্যই

সমানভাবে প্রযোজ্য।

এটা শুধুমাত্র শতকরা হিসাবের মত একটি হিসাব মাত্র।

শতকরা নির্ণয় করা হয় 100 এর মধ্যে।

মৌল ভগ্নাংশ নির্ণয় করা হয় 1 এর মধ্যে।

যোগকরে,  $X_A + X_B + X_C = \frac{n_A}{n_A + n_B + n_C} + \frac{n_B}{n_A + n_B + n_C} + \frac{n_C}{n_A + n_B + n_C}$

$$\therefore X_A + X_B + X_C = 1$$

সুতরাং, কোনো মিশ্রণের সবগুলো উপাদানের মৌল ভগ্নাংশের যোগফল 1।

৩/ আংশিক চাপ (*Partial Pressure*): পরস্পর বিক্রিয়াইন একাধিক গ্যাস মিশ্রণের কোন একটি উপাদান গ্যাস মিশ্রণের সমস্ত আয়তন একাকী দখল করে যে চাপ প্রয়োগ করে, তাকে ঐ মিশ্রণে ঐ উপাদানের আংশিক চাপ বলে।

কোনো গ্যাস মিশ্রণের কোনো উপাদানের আংশিক চাপ = ঐ উপাদানের মৌল ভগ্নাংশ  $\times$  সিস্টেমের মোট চাপ

$A, B$  ও  $C$  তিনটি গ্যাসের মিশ্রণে এদের আংশিক চাপ যথাক্রমে  $P_A, P_B$  ও  $P_C$  এবং, গ্যাস তিনটির সম্মিলিত চাপ  $P$  হলে,

$$P_A = X_A \cdot P \quad \text{আবার, } P_B = X_B \cdot P \quad \text{একইভাবে, } P_C = X_C \cdot P$$

৪/ ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্রঃ স্থির তাপমাত্রায় পরস্পর বিক্রিয়াইন একাধিক গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ, মিশ্রণের প্রতিটি গ্যাসের আংশিক চাপের সমষ্টির সমান।

ধরি, একটি পাত্রে  $A, B$ , ও  $C$  নামক তিনটি গ্যাস রাখা আছে। এই অবস্থায় তাদের আংশিক চাপ যথাক্রমে  $P_A, P_B$  ও  $P_C$  এবং গ্যাস তিনটির সম্মিলিত চাপ  $P$  হলে, ডাল্টনের সূত্রমতে,  $P_A + P_B + P_C = P$

এবার রাসায়নিক সাম্যাবস্থা সম্পর্কিত আলোচনায় আবার ফেরা যাক!

### সাম্যাবস্থাক (K<sub>C</sub> ও K<sub>P</sub>) এর বৈশিষ্ট্য

3.3

১/ একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একটি বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থাক বা সাম্যাক্ষ এর মান সুনির্দিষ্ট।

২/ একবার সাম্যাবস্থায় উপনীত হলে বিক্রিয়ক বা উৎপাদের ঘনমাত্রা কোন ভাবে পরিবর্তন করলে সাম্যাবস্থাক এর মানের কোন পরিবর্তন হয় না। বরং, সাম্যাবস্থা নিজেই এমনভাবে পরিবর্তিত হয় যেন সাম্যাবস্থাক স্থির থাকে।

৩/ তাপমাত্রা পরিবর্তন করলে সাম্যাবস্থাক পরিবর্তিত হয়।

৪/ K<sub>P</sub> ও K<sub>C</sub> এর মান চাপের উপর নির্ভরশীল নয়। উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকলে চাপের হ্রাস বা বৃদ্ধি ফলে K<sub>P</sub> ও K<sub>C</sub> এর মানের কোনো পরিবর্তন হয় না।

৫/ কোনো উভয়ুক্তি বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থাকের মান অনুষ্টুকের উপস্থিতিতে হ্রাস বা বৃদ্ধি পায় না। কারণ অনুষ্টুকের উপস্থিতিতে সম্মুখ ও বিপরীত বিক্রিয়ার বেগ সমানভাবে বৃদ্ধি পায়।

৬/ নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোনো বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থাকের মান বিক্রিয়কগুলির প্রাথমিক ঘনমাত্রার উপর নির্ভর করে না। যেমন-

$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$  বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে 450 K তাপমাত্রায় K<sub>P</sub> এর মান 0.19। PCl<sub>5</sub> এর প্রাথমিক ঘনমাত্রা যা-ই হোক না কেন, 450 K তাপমাত্রায় এই বিক্রিয়ার K<sub>P</sub> এর মান সবসময় 0.19 হয়।

৭/ কোনো বিক্রিয়ার সাম্যান্তরিক সমীকরণকে যেভাবে প্রকাশ করা হয়, তার উপর নির্ভর করে। এসম্পর্কে পরবর্তীতে আরো বিস্তারিত আলোচনা এবং উদাহরণ দেয়া হয়েছে।

৮/ উভয়খী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে, সম্মুখ বিক্রিয়ার সাম্যান্তরিক মান ও বিপরীত বিক্রিয়ার সাম্যান্তরিক মান পরস্পরের বিপরীত রাশি (*reciprocal*) হয়।

৯/ কোন উভয়খী বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় উপনীত হলে সাম্যান্তরিক  $K_C$  বা  $K_P$  এর মান কখনও শূন্য অথবা অসীম হয় না। যেমন একটি সাধারণ উভয়খী বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় নিম্নরূপে আছে-  $A + B \rightleftharpoons C + D$

বিক্রিয়া পাত্রে  $A, B, C$  এবং  $D$  এর মৌলার ঘনমাত্রার মান যথাক্রমে  $[A], [B], [C]$  এবং  $[D]$

$$\text{সাম্যান্তরিক, } K_C = \frac{[C] \times [D]}{[A] \times [B]} \dots \dots \dots (i)$$

$K_C$  এর মান শূন্য হতে হলে (i) নং সমীকরণে  $[C] \times [D] = 0$  হতে হবে; যা সম্ভব নয়। কারণ, এর অর্থ হলো- উৎপাদ এর পরিমাণ শূন্য। সুতরাং,  $K_C$  এর মান কখনও শূন্য হতে পারে না।

আবার,  $K_C$  এর মান অসীম হতে হলে (i) নং সমীকরণে  $[A] \times [B] = 0$  হতে হবে; যা সম্ভব নয়। কারণ, এর অর্থ হলো- বিক্রিয়কের পরিমাণ শূন্য। এটি কেবল একমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রেই সম্ভব। সুতরাং,  $K_C$  এর মান কখনও অসীম হতে পারে না।

১০/  $K_C$  এর মান নির্ণয়ের জন্য মৌলার ঘনমাত্রার মান  $mol L^{-1}$  এককে এবং  $K_P$  এর মান নির্ণয়ের জন্য আংশিক চাপের মান  $atm$  এককে নিতে হয়।

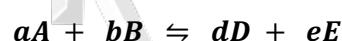
$K_C$  ও  $K_P$  এর মধ্যে গাণিতিক সম্পর্ক

3.4

গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে  $K_C$  ও  $K_P$  এর মধ্যে গাণিতিক সম্পর্ক প্রতিষ্ঠার জন্য

গ্যাসীয় উভয়খী বিক্রিয়া ধরা যাক। ধরি,  $T$  তাপমাত্রা ও  $P$  চাপে  $V$  আয়তনের একটি

পাত্রে নিম্নোক্ত উভয়খী রাসায়নিক বিক্রিয়া সংষ্টিত করা হল।



$$\text{বিক্রিয়াটির মৌলার সাম্যান্তরিক রাশিমালা, } K_C = \frac{[D]^d \times [E]^e}{[A]^a \times [B]^b} \dots \dots \dots (i)$$

$$\text{বিক্রিয়াটির চাপীয় সাম্যান্তরিক রাশিমালা, } K_P = \frac{P_D^d \times P_E^e}{P_A^a \times P_B^b} \dots \dots \dots (ii)$$

যেখানে, সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়া পাত্রে  $A, B, D$  এবং  $E$  এর মৌলার ঘনমাত্রার মান যথাক্রমে  $[A], [B], [D]$  এবং  $[E] mol/L$

এবং, সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়া পাত্রে  $A, B, D$  এবং  $E$  এর আংশিক চাপের মান যথাক্রমে  $P_A, P_B, P_D$  এবং  $P_E atm$

ধরি, সাম্যমিশ্রণে  $A, B, D$  এবং  $E$  এর বিদ্যমান মৌল সংখ্যা যথাক্রমে  $n_A, n_B, n_D, n_E mol$

সাম্যমিশ্রণে  $A$  গ্যাসের আংশিক চাপ ( $P_A$ ) নির্ণয়:

$$P_A \times V = n_A \times R \times T$$

$$\Rightarrow P_A = \frac{n_A}{V} \times R \times T$$

$$\Rightarrow P_A = [A] \times R \times T \quad [\text{কারণ, মৌলার ঘনমাত্রা} = \frac{\text{মৌল সংখ্যা}}{\text{আয়তন}}]$$

$$\text{একইভাবে, } P_B = [B] \times R \times T$$

$$P_D = [D] \times R \times T$$

$$P_E = [E] \times R \times T$$

নির্ণীত এই আংশিক চাপগুলোর মান (ii) নং সমীকরণে বসাই।

$$K_P = \frac{P_D^d \times P_E^e}{P_A^a \times P_B^b} = \frac{[(D)RT]^d \times [(E)RT]^e}{[(A)RT]^b \times [(B)RT]^b} = \frac{[D]^d \times [E]^e \times (RT)^d \times (RT)^e}{[A]^a \times [B]^b \times (RT)^a \times (RT)^b}$$

$$\Rightarrow K_P = \frac{[D]^d \times [E]^e}{[A]^a \times [B]^b} (RT)^{(d+e)-(a+b)}$$

এখানে,  $(d+e)-(a+b) =$  গ্যাসীয় উৎপাদের মোট মৌল সংখ্যা - গ্যাসীয় বিক্রিয়কের মোট মৌল সংখ্যা =  $\Delta n$  (ধরি)

$$\therefore K_P = \frac{[D]^d \times [E]^e}{[A]^a \times [B]^b} (RT)^{\Delta n} \Rightarrow K_P = K_C (RT)^{\Delta n}$$

ইহাই  $K_C$  ও  $K_P$  এর মধ্যেকার কাঞ্জিত গাণিতিক সম্পর্ক

যেসব বিক্রিয়ায় গ্যাসীয় মৌল সংখ্যার পরিবর্তন নেই অর্থাৎ,  $\Delta n = 0$  সেসব বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে  $K_P = K_C$

যেসব বিক্রিয়ায় গ্যাসীয় মৌল সংখ্যা 2 একক বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ,  $\Delta n = 2$  সেসব বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে  $K_P = K_C (RT)^2$

যেসব বিক্রিয়ায় গ্যাসীয় মৌল সংখ্যা 2 একক হ্রাস পায় অর্থাৎ,  $\Delta n = -2$  সেসব বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে  $K_P = K_C (RT)^{-2}$

## $K_C$ ও $K_P$ এর একক

3.5

আধুনিক ধারণা মতে  $K_C$  ও  $K_P$  এর কোনো একক নেই কারণ-

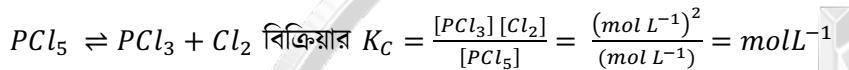
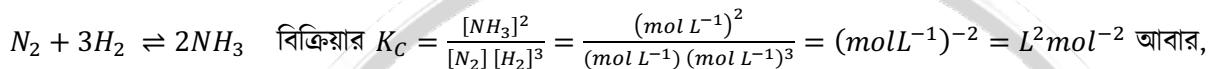
১/  $K_C$  ও  $K_P$  মূলত কোনো উভয়ী রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপাদ ও বিক্রিয়কগুলোর স্ক্রিয়ভর গুণফলের অনুপাত। এই অধ্যায়ের রাসায়নিক গতিবিদ্যা অংশের আলোচনায় দেখেছো তোমরা যে, জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত বিক্রিয়কের স্ক্রিয়ভর বলতে তার মোলার ঘনমাত্রার মান বুঝায়। কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে স্ক্রিয়ভর বলতে আংশিক চাপের মান বুঝায়। কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে স্ক্রিয়ভর বলতে ১ বুঝায়। সুতরাং,  $K_C$  ও  $K_P$  এর কোনো একক না থাকা-ই যৌক্তিক।

২/ কোনো বিক্রিয়ার  $K_C$  ও  $K_P$  এর রাশিমালা তথা একক নির্ভর করে ঐ বিক্রিয়ার স্টকিওমিতিক সহগসমূহের উপর। যেমন,



সুতরাং,  $K_C$  ও  $K_P$  এর একক থাকলে তা বিক্রিয়ার সাম্যক্রিয়ক সম্পর্কে পূর্ণাঙ্গ ধারণা দেয়ার চেয়ে বরং দ্বিধা সৃষ্টি করে।

৩/ বিভিন্ন বিক্রিয়ার  $K_C$  ও  $K_P$  এর রাশিমালা তথা একক বিভিন্ন রকম হয়। যেমন-



সুতরাং, দুটি ভিন্ন বিক্রিয়ার  $K_C$  এর রাশিমালা ভিন্ন হওয়ায় তাদের এককগুলিও ভিন্ন আসে। আবার অনেক বিক্রিয়ায় কোনো একক ই থাকবে না। এটি মূলত দ্বিধা সৃষ্টি করে।

উপরে বর্ণিত কারণসমূহের জন্য  $K_C$  ও  $K_P$  এর একক আন্তর্জাতিকভাবে IUPAC কর্তৃক বর্জন করা হয়েছে। মূলত কোনো উভয়ী বিক্রিয়া কতটা সম্মুখবর্তী তা বোঝার জন্য শুধুমাত্র ঐ বিক্রিয়ার  $K_C$  ও  $K_P$  এর মান ই যথেষ্ট।

তবে, পূর্বেকার ধারণা অনুযায়ী  $K_C$  ও  $K_P$  এর একক রয়েছে। সে সম্পর্কে নিচে আলোচনা করা হলো-



$$\text{বিক্রিয়াটির মোলার সাম্যক্ষ, } K_C = \frac{[D]^d \times [E]^e}{[A]^a \times [B]^b} = \frac{(\text{mol L}^{-1})^d (\text{mol L}^{-1})^e}{(\text{mol L}^{-1})^a (\text{mol L}^{-1})^b} = (\text{mol L}^{-1})^{(d+e)-(a+b)} = (\text{mol L}^{-1})^{\Delta n}$$

$$\text{বিক্রিয়াটির চাপীয় সাম্যক্ষ, } K_P = \frac{P_D^d \times P_E^e}{P_A^a \times P_B^b} = \frac{(\text{atm})^d (\text{atm})^e}{(\text{atm})^a (\text{atm})^b} = (\text{atm})^{(d+e)-(a+b)} = (\text{atm})^{\Delta n}$$

যেহেতু  $K_P$  নির্ণয়ের ক্ষেত্রে শুধুমাত্র গ্যাসীয় পদার্থগুলোর আংশিক চাপের মান নিয়ে হিসাব করা হয়, এজন্য তাই

$K_P$  এর একক হবে  $(\text{atm})^{\Delta n(g)}$  এবং  $K_C$  এর একক হবে  $(\text{mol L}^{-1})^{\Delta n}$

যেখানে  $\Delta n =$  উৎপাদের মোট মোল সংখ্যা – বিক্রিয়কের মোট মোল সংখ্যা

এবং,  $\Delta n(g) =$  গ্যাসীয় উৎপাদের মোট মোল সংখ্যা – গ্যাসীয় বিক্রিয়কের মোট মোল সংখ্যা

একই কারণে,  $K_C$  ও  $K_P$  এর মধ্যেকার গাণিতিক সম্পর্কের সমীকরণে  $K_P = K_C (RT)^{\Delta n(g)}$  হবে।

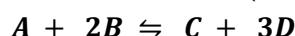
### সাম্য মোলার অবস্থা (Molar Equilibrium State)

4.0

এই অধ্যায়ের গাণিতিক সমস্যাবলী সমাধানের জন্য আরো কিছু

বিষয় জানা জরুরী যার মধ্যে অন্যতম হলো, “সাম্য মোলার অবস্থা”।

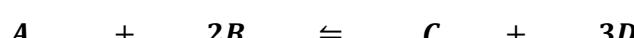
সাম্য মোলার অবস্থা বলতে বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় কোন উপাদানের কী পরিমাণ ( $mol$ ) বিদ্যমান আছে, তা বুঝায়। বিক্রিয়াটি বিবেচনা করি-



বিক্রিয়ার শুরুতে  $A$  এবং  $B$  এর যেকোনো পরিমাণ ( $mol$ ) বিক্রিয়া পাত্রে উপস্থিত থাকতে পারে। এদেরকে আমরা যথাক্রমে  $a mol$

এবং  $b mol$  ধরে নিতে পারি। বিক্রিয়াটি সংঘটনের ক্ষেত্রে প্রতি  $1 mol A$  এর সাথে  $2 mol B$  বিক্রিয়া করে। তাহলে, বিক্রিয়াটির

সাম্যাবস্থায় লিখতে পারি—

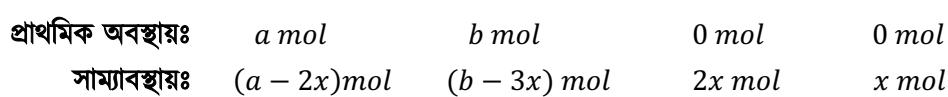


প্রাথমিক অবস্থায়:  $a mol$   $b mol$   $0 mol$   $0 mol$

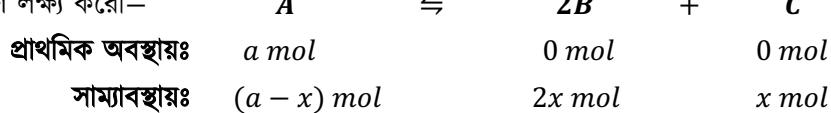
সাম্যাবস্থায়:  $(a-x) mol$   $(b-2x) mol$   $x mol$   $3x mol$

অর্থাৎ, সাম্যাবস্থায়  $A$  এর  $(a-x) mol$ ,  $B$  এর  $(b-2x) mol$ ,  $C$  এর  $x mol$  এবং  $D$  এর  $3x mol$  বিদ্যমান থাকে। সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ক ও উৎপাদ প্রতিটি উপাদানের যে যে মোল সংখ্যা উপস্থিত থাকে, তাকে আমরা ঐ বিক্রিয়ার সাম্য মোলার অবস্থা বলি।

আরেকটি বিক্রিয়া বিবেচনা করা যাক—



অর্থাৎ, এই বিক্রিয়ার সাম্যবস্থায় **A** এর  $(a - 2x)$  mol, **B** এর  $(b - 3x)$  mol, **C** এর  $2x$  mol এবং **D** এর  $x$  mol বিদ্যমান থাকে। আরো একটি উদাহরণ লক্ষ্য করো—



অর্থাৎ, এই বিক্রিয়ার সাম্যবস্থায় **A** এর  $(a - x)$  mol, **B** এর  $2x$  mol, **C** এর  $x$  mol বিদ্যমান থাকে।

উপরের বিক্রিয়াগুলোতে সাম্য মৌলার অবস্থা আমরা যেভাবে নির্ণয় করে দেখিয়েছি তোমাকেও যে ঠিক সেভাবেই নির্ণয় করতে হবে- ব্যাপারটা এরকম না। তুমি যৌক্তিক যেকোনো পদ্ধতি অবলম্বন করতে পারো। তবে, খুব মনোযোগ দিয়ে লক্ষ্য করো যে, বিক্রিয়কগুলোর প্রাথমিক পরিমাণ ধরে নেয়ার সময় আমাদের পাঠ্যবইগুলোতে যেভাবে স্টয়কিওমিতিক অনুপাত অনুসরণ করে অঙ্কের মত, এটা নিতান্তই বোকামি এবং গাণিতিকভাবে তোমার চিন্তাশক্তির অক্ষমতার বহিঃপ্রকাশ ব্যতীত আর কিছুই নয়! তোমার যুক্তির শান্তি কুঠারের আঘাতে সব কুসংস্কারের মূলোৎপাটন ঘটুক, এই কামনা ব্যক্ত করছি।

### সকল উভয়ী বিক্রিয়া-ই সাম্যবস্থার দিকে ধাবমান

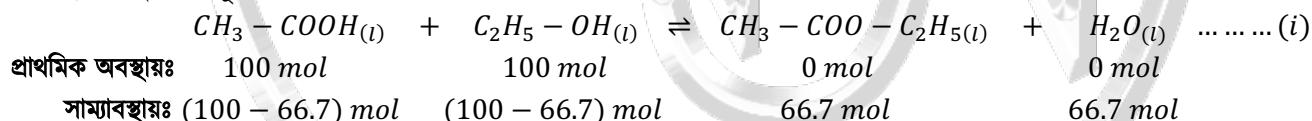
4.1

বিভিন্ন বিক্রিয়ার গতি থেকে স্পষ্ট হয় যে, সকল

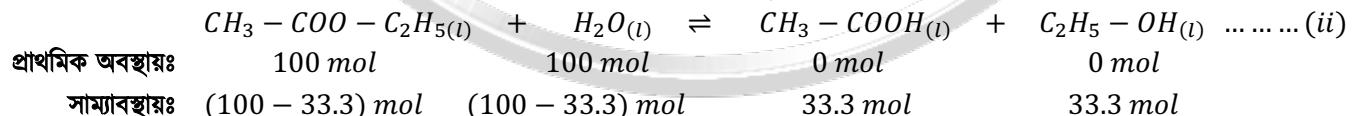
রাসায়নিক বিক্রিয়াই সাম্যবস্থার দিকে ধাবমান, যেহেতু

বিক্রিয়কসমূহ সম্পূর্ণরূপে উৎপাদে পরিণত হতে পারে না। সব বিক্রিয়া উভয়ী বিক্রিয়ায় পরিণত হয়ে সাম্যবস্থায় পৌছে। এ কারণে সাম্যাঙ্কের মান কখনো শূন্য বা অসীম হয় না। যেমন- ইথানল ও ইথানোয়িক অ্যাসিড থেকে ইথাইল ইথানয়েট প্রস্তুতির বিক্রিয়াটি বিবেচনা করা যায়।

যদি সমমৌলার বিশুদ্ধ ইথানল এবং বিশুদ্ধ ইথানোয়িক অ্যাসিড মিশ্রিত করে  $100^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় দীর্ঘক্ষণ রাখা যায়; তখন দেখা যাবে এরা বিক্রিয়া করে ইথাইল ইথানয়েট ও পানি উৎপন্ন করছে। বিক্রিয়া মিশ্রণে ক্রমশ ইথানোয়িক অ্যাসিড ও ইথানলের পরিমাণ হ্রাস পাবে এবং ইথাইল ইথানয়েট ও পানির পরিমাণ বাঢ়বে। কিন্তু  $66.7\%$  ইথানল ও ইথানোয়িক অ্যাসিড বিক্রিয়া করার পরে  $66.7\%$  ইথাইল ইথানয়েট ও  $66.7\%$  পানি উৎপন্ন হয় এবং আর কোন ইথানল ও ইথানোয়িক অ্যাসিড বিক্রিয়া করবে না এবং কোন নতুন ইথাইল ইথানয়েট ও পানি উৎপন্ন করবে না। অবশিষ্ট বিক্রিয়ক  $33.3\%$  ইথানোয়িক অ্যাসিড ও  $33.3\%$  ইথানল অবশিষ্ট থাকে। অর্থাৎ বিক্রিয়াটি সাম্যবস্থার দিকেই ধাবমান, একমুখে সম্পূর্ণ সমাপ্তির দিকে নয়।



একইভাবে সমমৌলার ইথাইল ইথানয়েট ও পানি নিয়ে  $100^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় রেখে দিলে দেখা যাবে যে এরা বিক্রিয়া করে ইথানল ও ইথানোয়িক অ্যাসিড উৎপন্ন করছে। কিন্তু যখন ইথাইল ইথানয়েটের পরিমাণ পূর্বের পরিমাণের  $66.7\%$  এ পৌঁছায়, তখন আর কোন ইথানল ও ইথানোয়িক এসিড উৎপন্ন হয় না। অর্থাৎ এক্ষেত্রেও বিপরীত বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ সমাপ্তির দিকে নয়, বরঞ্চ সাম্যবস্থার দিকে ধাবিত হয়েছে।



শুধু সমমৌলার নয়, বিভিন্ন অনুপাতে এ সকল বিক্রিয়া ও উৎপাদ নিয়ে পরীক্ষা করে দেখা যায় যে, সকল ক্ষেত্রেই রাসায়নিক বিক্রিয়া সাম্যবস্থার দিকে ধাবমান হয়। একটি গাণিতিক সম্পর্ক লক্ষ্য কর-

উপরের বিক্রিয়া (i) এ সাম্যবস্থায়  $\frac{[CH_3 - COO - C_2H_5] \times [H_2O]}{[CH_3 - COOH] \times [C_2H_5 - OH]} = \frac{66.7 \times 66.7}{33.3 \times 33.3} = 4.012$

আবার, বিক্রিয়া (ii) এ সাম্যবস্থায়  $\frac{[CH_3 - COO - C_2H_5] \times [H_2O]}{[CH_3 - COOH] \times [C_2H_5 - OH]} = \frac{66.7 \times 66.7}{33.3 \times 33.3} = 4.012$

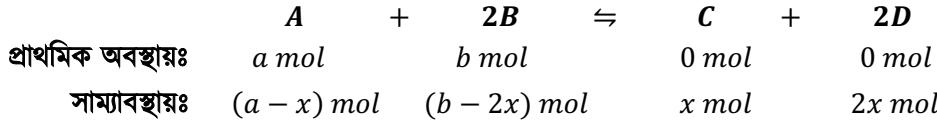
সুতরাং, নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হয় যে, বিক্রিয়া যেদিক থেকে-ই শুরু করা হোক না কেন, একটি নির্দিষ্ট অনুপাতে এসেই বিক্রিয়া সাম্যবস্থা প্রাপ্ত হয়। সুতরাং, সকল উভয়ী বিক্রিয়া-ই সেই বিশেষ অবস্থা (সাম্যবস্থা) এর দিকে ধাবমান!

## বিয়োজন মাত্রা (Degree of Dissociation)

5.0

সাধারণত একে এভাবে সংজ্ঞায়িত করা হয়— “প্রতি মোল বিক্রিয়ক থেকে যত মোল বিয়োজিত হয়, তাকে ঐ বিক্রিয়কের বিয়োজন মাত্রা বলা হয়। একে আলফা ( $\alpha$ ) দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

বিক্রিয়কের শতকরা যত অংশ বিয়োজিত হয়, তাকে ঐ বিক্রিয়কের বিয়োজন মাত্রা বলা হয়।



এখনে সাম্যাবস্থায়  $A$  বিক্রিয়কের বিয়োজনের পরিমাণ  $x \text{ mol}$  এবং,  $B$  বিক্রিয়কের বিয়োজনের পরিমাণ  $2x \text{ mol}$

$A$  বিক্রিয়কের ক্ষেত্রে,

$$a \text{ mol হতে বিয়োজিত হয়} = x \text{ mol}$$

$$\therefore 1 \text{ mol হতে বিয়োজিত হয়} = \frac{x}{a} \text{ mol}$$

$$\therefore A \text{ বিক্রিয়কের বিয়োজন মাত্রা, } \alpha_A = \frac{x}{a}$$

$B$  বিক্রিয়কের ক্ষেত্রে,

$$b \text{ mol হতে বিয়োজিত হয়} = 2x \text{ mol}$$

$$\therefore 1 \text{ mol হতে বিয়োজিত হয়} = \frac{2x}{b} \text{ mol}$$

$$\therefore B \text{ বিক্রিয়কের বিয়োজন মাত্রা, } \alpha_B = \frac{2x}{b}$$

$$\boxed{\text{সুতরাং, বিয়োজন মাত্রা, } \alpha = \frac{\text{বিয়োজনের পরিমাণ}}{\text{বিক্রিয়কের আদি পরিমাণ}}}$$

বিয়োজন মাত্রার রাশিমালা থেকে প্রতীয়মান হয় যে, বিয়োজন মাত্রার কোনো একক নেই এবং এর সর্বোচ্চ মান 1। বিয়োজন মাত্রাকে শতকরায় প্রকাশ করলে এর সর্বোচ্চ মান হবে 100%। যেমন, সবল অ্যাসিড ও সবল ক্ষারের বিয়োজন মাত্রা 100% বা এর মান 1।  
লক্ষ্য করো, আমাদের পাঠ্যপুস্তকগুলিতে প্রায়শই বিয়োজনের পরিমাণ এবং বিয়োজন মাত্রার মধ্যে তালগোল পাকিয়ে ফেলা হয় এবং এর মূল কারণ হলো, বিয়োজন মাত্রা প্রকাশক প্রতীক  $\alpha$  কে যত্রত্র ব্যবহার করা। এটা চরম অন্যায় এবং অনুচিত ও গহিত কাজ।

## সাম্যাবস্থাবকের সাধারণ রাশিমালা প্রতিপাদন

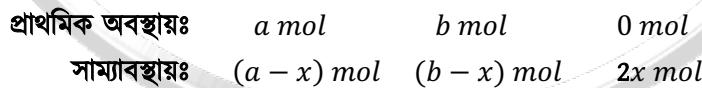
6.0

প্রতিপাদন নিম্নে দেখানো হলো। এক্ষেত্রে জেনে নাও, আমাদের পাঠ্যপুস্তকগুলিতে প্রায় সব ক্ষেত্রেই বিক্রিয়কসমূহের প্রাথমিক পরিমাণ কখনো  $1 \text{ mol}$  আবার কখনো বিক্রিয়ার স্টেয়কিওমিতিক অনুপাত অনুযায়ী ধরে নিতে দেখা যায়- এই উভয় পদ্ধতিই সম্পূর্ণ *misleading*। এভাবে গাণিতিক রাশিমালার প্রতিপাদন যেকোনো সূত্রের গাণিতিক সম্পর্ক প্রতিপাদনের মূলনীতির পরিপন্থী। যাইহোক, সামনে অগ্রসর হলে আশাকরি বুঝতে পারবে।



ধরি,  $V \text{ L}$  আয়তনের পাত্রে  $a \text{ mol } H_2$  এবং  $b \text{ mol } I_2$  মিশ্রিত করলে  $T \text{ K}$  তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় পৌঁছায় এবং সাম্যমুক্তির মোট চাপ হয়  $P \text{ atm}$ ।

ক)  $K_C$  নির্ণয়ঃ



সাম্যাবস্থায়  $H_2$  এর মোলার ঘনমাত্রা,  $[H_2] = \frac{(a-x)}{V}$

$I_2$  এর মোলার ঘনমাত্রা,  $[I_2] = \frac{(b-x)}{V}$

$HI$  এর মোলার ঘনমাত্রা,  $[HI] = \frac{2x}{V}$

$$K_C = \frac{[HI]^2}{[H_2] \times [I_2]} = \frac{\left(\frac{2x}{V}\right)^2}{\frac{(a-x)}{V} \times \frac{(b-x)}{V}} = \frac{4x^2}{(a-x)(b-x)}$$

$$\therefore K_C = \frac{4x^2}{(a-x)(b-x)} \dots \dots \dots (i)$$

(i) নং সমীকরণ ই উভ বিক্রিয়ার  $K_C$  এর সাধারণ সমীকরণ।

খ)  $K_P$  নির্ণয়ঃ বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় মোট মোল সংখ্যা  $= (a-x) + (b-x) + 2x = (a+b)$

যা বিক্রিয়া শুরুর সময়কার মোট মোল সংখ্যার সমান। অর্থাৎ, এই বিক্রিয়ায়  $\Delta n = 0$

সাম্যাবস্থায়  $H_2$  এর আংশিক চাপ,  $P_{H_2} = X_{H_2} \cdot P = \frac{a-x}{a+b} P$

$I_2$  এর আংশিক চাপ,  $P_{I_2} = X_{I_2} \cdot P = \frac{b-x}{a+b} P$

$HI$  এর আংশিক চাপ,  $P_{HI} = X_{HI} \cdot P = \frac{2x}{a+b} P$

$$K_P = \frac{P_{HI}^2}{P_{H_2} \times P_{I_2}} = \frac{\left\{ \frac{2x}{a+b} P \right\}^2}{\frac{a-x}{a+b} P \times \frac{b-x}{a+b} P} = \frac{4x^2}{(a-x)(b-x)}$$

$$\therefore K_P = \frac{4x^2}{(a-x)(b-x)} \dots \dots \dots (ii)$$

(ii) নং সমীকরণ ই উক্ত বিক্রিয়ার  $K_P$  এর সাধারণ সমীকরণ।

(i) ও (ii) নং সমীকরণ থেকে দেখা যায় এই বিক্রিয়ার  $K_C$  ও  $K_P$  এর মান একই হবে। বিষয়টি অন্যভাবেও প্রমাণ করা যায়—  
যেকোনো গ্যাসীয় সাধারণ বিক্রিয়ার  $K_C$  ও  $K_P$  সম্পর্ক থেকে আমরা জানি,  $K_P = K_C(RT)^{\Delta n}$

আলোচ্য বিক্রিয়াটির  $\Delta n = 0$  হওয়ায় আমরা পাই,  $K_P = K_C(RT)^{\Delta n} = K_C(RT)^0 = K_C$

অর্থাৎ, এই বিক্রিয়ার  $K_C$  ও  $K_P$  এর মান সমান। (প্রমাণিত)



6.2

ধরি,  $V L$  আয়তনের পাত্রে  $a mol PCl_5$  নিয়ে উত্পন্ন করলে  $T K$  তাপমাত্রায়  
বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় পৌঁছায় এবং সাম্যমিশ্রণের মোট চাপ হয়  $P atm$ ।

ক)  $K_C$  নির্ণয়ঃ

প্রাথমিক অবস্থায়ঃ	$PCl_5$	$\rightleftharpoons$	$PCl_3$	+	$Cl_2$
	$a mol$		$0 mol$		$0 mol$
সাম্যাবস্থায়ঃ	$(a-x) mol$		$x mol$		$x mol$

সাম্যাবস্থায়  $PCl_5$  এর মোলার ঘনমাত্রা,  $[PCl_5] = \frac{(a-x)}{V}$

$PCl_3$  এর মোলার ঘনমাত্রা,  $[PCl_3] = \frac{x}{V}$

$Cl_2$  এর মোলার ঘনমাত্রা,  $[Cl_2] = \frac{x}{V}$

$$K_C = \frac{[PCl_3] \times [Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{\left(\frac{x}{V}\right) \times \left(\frac{x}{V}\right)}{\frac{(a-x)}{V}} = \frac{x^2}{(a-x)V}$$

$$\therefore K_C = \frac{x^2}{(a-x)V} \dots \dots \dots (i)$$

(i) নং সমীকরণ ই উক্ত বিক্রিয়ার  $K_C$  এর সাধারণ সমীকরণ।

খ)  $K_P$  নির্ণয়ঃ বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় মোট মৌল সংখ্যা  $= (a-x) + x + x = (a+x)$

সাম্যাবস্থায়  $PCl_5$  এর আংশিক চাপ,  $P_{PCl_5} = X_{PCl_5} \cdot P = \frac{a-x}{a+x} P$

$PCl_3$  এর আংশিক চাপ,  $P_{PCl_3} = X_{PCl_3} \cdot P = \frac{x}{a+x} P$

$Cl_2$  এর আংশিক চাপ,  $P_{Cl_2} = X_{Cl_2} \cdot P = \frac{x}{a+x} P$

$$K_P = \frac{P_{PCl_3} \times P_{Cl_2}}{P_{PCl_5}} = \frac{\left(\frac{x}{a+x} P\right) \times \left(\frac{x}{a+x} P\right)}{\frac{a-x}{a+x} P} = \frac{x^2 P}{(a+x)(a-x)} = \frac{x^2 P}{(a^2 - x^2)}$$

$$\therefore K_P = \frac{x^2 P}{(a^2 - x^2)} \dots \dots \dots (ii) \quad (ii) \text{ নং সমীকরণ ই উক্ত বিক্রিয়ার } K_P \text{ এর সাধারণ সমীকরণ।}$$



6.3

ধরি,  $V L$  আয়তনের পাত্রে  $a mol N_2$  এবং  $b mol H_2$  নিয়ে উত্পন্ন করলে  $TK$   
তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় পৌঁছায় এবং সাম্যমিশ্রণের মোট চাপ হয়  $P atm$ ।

ক)  $K_C$  নির্ণয়ঃ

প্রাথমিক অবস্থায়ঃ	$N_2$	+	$3H_2$	$\rightleftharpoons$	$2NH_3$
	$a mol$		$b mol$		$0 mol$
সাম্যাবস্থায়ঃ	$(a-x) mol$		$(b-3x) mol$		$2x mol$

সাম্যাবস্থায়  $N_2$  এর মোলার ঘনমাত্রা,  $[N_2] = \frac{(a-x)}{V}$

$H_2$  এর মোলার ঘনমাত্রা,  $[H_2] = \frac{(b-3x)}{V}$

$NH_3$  এর মোলার ঘনমাত্রা,  $[NH_3] = \frac{2x}{V}$

$$K_C = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \times [H_2]^3} = \frac{\left(\frac{2x}{V}\right)^2}{\left\{\frac{(a-x)}{V}\right\} \times \left\{\frac{(b-3x)}{V}\right\}^3} = \frac{4x^2 V^2}{(a-x)(b-3x)^3} = \frac{4x^2 V^2}{(a-x)(b-3x)^3}$$

$$\therefore K_C = \frac{4x^2 V^2}{(a-x)(b-3x)^3} \dots \dots \dots (i)$$

(i) নং সমীকরণ ই উক্ত বিক্রিয়ার  $K_C$  এর সাধারণ সমীকরণ।

**খ)  $K_P$  নির্ণয়:** বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় মোট মৌল সংখ্যা =  $(a - x) + (b - 3x) + 2x = (a + b - 2x)$

সাম্যাবস্থায়  $N_2$  এর আংশিক চাপ,  $P_{N_2} = X_{N_2} \cdot P = \frac{(a-x)}{(a+b-2x)} P$

$H_2$  এর আংশিক চাপ,  $P_{H_2} = X_{H_2} \cdot P = \frac{(b-3x)}{(a+b-2x)} P$

$NH_3$  এর আংশিক চাপ,  $P_{NH_3} = X_{NH_3} \cdot P = \frac{2x}{(a+b-2x)} P$

$$K_P = \frac{P_{NH_3}^2}{P_{N_2} \times P_{H_2}^3} = \frac{\left\{ \frac{2x}{(a+b-2x)} P \right\}^2}{\left\{ \frac{(a-x)}{(a+b-2x)} P \right\} \times \left\{ \frac{(b-3x)}{(a+b-2x)} P \right\}^3} = \frac{4x^2 (a+b-2x)^2}{(a-x)(b-3x)^3 P^2}$$

$$\therefore K_P = \frac{4x^2 (a+b-2x)^2}{(a-x)(b-3x)^3 P^2} \dots \dots \dots (ii)$$

(ii) নং সমীকরণ ইউকে বিক্রিয়ার  $K_P$  এর সাধারণ সমীকরণ।

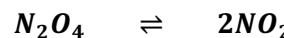


ধরি,  $V L$  আয়তনের পাত্রে  $a mol N_2O_4$  নিয়ে উত্পন্ন করলে  $T K$  তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় পৌঁছায় এবং সাম্যমিশ্রণের মোট চাপ হয়  $P atm$ ।

**ক)  $K_C$  নির্ণয়:**

প্রাথমিক অবস্থায়:

সাম্যাবস্থায়:  $(a - x) mol$



$a mol \quad 0 mol$

$2x mol$

সাম্যাবস্থায়  $N_2O_4$  এর মোলার ঘনমাত্রা,  $[N_2O_4] = \frac{(a-x)}{V}$

$NO_2$  এর মোলার ঘনমাত্রা,  $[NO_2] = \frac{2x}{V}$

$$K_C = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{\left\{ \frac{2x}{V} \right\}^2}{\frac{(a-x)}{V}} = \frac{4x^2}{(a-x)V}$$

$$\therefore K_C = \frac{4x^2}{(a-x)V} \dots \dots \dots (i)$$

(i) নং সমীকরণ ইউকে বিক্রিয়ার  $K_C$  এর সাধারণ সমীকরণ।

**খ)  $K_P$  নির্ণয়:** বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় মোট মৌল সংখ্যা =  $(a - x) + 2x = (a + x)$

সাম্যাবস্থায়  $N_2O_4$  এর আংশিক চাপ,  $P_{N_2O_4} = X_{N_2O_4} \cdot P = \frac{a-x}{a+x} P$

$NO_2$  এর আংশিক চাপ,  $P_{NO_2} = X_{NO_2} \cdot P = \frac{2x}{a+x} P$

$$K_P = \frac{P_{NO_2}^2}{P_{N_2O_4}} = \frac{\left\{ \frac{2x}{a+x} P \right\}^2}{\frac{a-x}{a+x} P} = \frac{4x^2 P}{(a+x)(a-x)} = \frac{4x^2 P}{(a^2 - x^2)}$$

$$\therefore K_P = \frac{4x^2 P}{(a^2 - x^2)} \dots \dots \dots (ii)$$

(ii) নং সমীকরণ ইউকে বিক্রিয়ার  $K_P$  এর সাধারণ সমীকরণ।

লক্ষ্য করো-

$$K_P = \frac{4x^2 P}{(a^2 - x^2)}$$

$$\text{বা, } K_P = \frac{4 \frac{x^2}{a^2} P}{\left( \frac{a^2}{a^2} - \frac{x^2}{a^2} \right)}$$

$$\text{বা, } K_P = \frac{4 \left( \frac{x}{a} \right)^2 P}{\left\{ 1 - \left( \frac{x}{a} \right)^2 \right\}}$$

$$\text{বা, } K_P = \frac{4 \alpha^2 P}{1 - \alpha^2} \quad \left[ \because \alpha = \frac{x}{a} \right]$$

$N_2O_4$  এর বিয়োজনের এই বিক্রিয়ায়

বিয়োজন মাত্রা,  $\alpha$  এর মান খুবই ক্ষুদ্র হওয়ায়,

$$1 - \alpha^2 \approx 1$$

$$\therefore K_P = 4 \alpha^2 P$$

$$\text{বা, } \alpha^2 = \frac{1}{4} \frac{K_P}{P}$$

$$\text{বা, } \alpha = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{K_P}{P}}$$

$$\text{বা, } \frac{x}{a} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{K_P}{P}}$$

$$\text{বা, } x = \frac{a}{2} \sqrt{\frac{K_P}{P}}$$

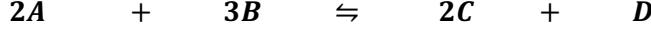
বাম পাশের কলামে বক্স চিহ্নিত সমীকরণ দুটি  $N_2O_4$  এর বিয়োজন সংক্রান্ত বিভিন্ন গাণিতিক সমস্যা সমাধানে খুব গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। তবে, সমীকরণ দুটি simplify করে এরকম আকৃতিতে উপনীত হয়েছে তার কারণ হলো এই বিশেষ বিক্রিয়ার সম্মুখ প্রবণতা খুবই কম। অর্থাৎ,  $N_2O_4$  এর বিয়োজনের বিয়োজন মাত্রা,  $\alpha$  এর মান খুবই ক্ষুদ্র। জেনে রাখো- যেকোনো “ডাইমার  $\rightleftharpoons$  মনোমার” বিক্রিয়ার বিয়োজন মাত্রা খুবই কম। কারণ, ডাইমার গঠন মনোমার গঠনের চেয়ে রাসায়নিকভাবে বেশি স্থিতিশীল।

## বিক্রিয়া অনুপাত (Reaction Quotient)

7.0

ইতোমধ্যে বুঝতে পেরেছো যে, সকল উভয়ী বিক্রিয়া-ই সাম্যাবস্থার দিকে ধাবমান! সুতরাং উভয়ী বিক্রিয়া একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সাম্যাবস্থায় পৌঁছালে তার উৎপাদ এবং বিক্রিয়কগুলোর সক্রিয়ভর গুণফলের অনুপাত একটি নির্দিষ্ট মান এ পৌঁছাবে। অর্থাৎ, উভয়ী বিক্রিয়া-সাম্যাবস্থায় পৌঁছানোর পর উৎপাদ এবং বিক্রিয়কগুলোর সক্রিয়ভর গুণফলের অনুপাত হলো ঐ বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থক। ( $k_C$  বা  $k_P$ ) যেকোনো অবস্থায় উৎপাদ এবং বিক্রিয়কগুলোর সক্রিয়ভর গুণফলের অনুপাত হলো ঐ বিক্রিয়ার বিক্রিয়া অনুপাত। ( $Q_C$  বা  $Q_P$ )

একটি বিক্রিয়া দিয়ে বিষয়টি ব্যাখ্যা করা যাক!



$$\text{বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় পৌঁছালে, } k_C = \frac{[D]_{eq} \times [C]_{eq}^2}{[A]_{eq}^2 \times [B]_{eq}^3}$$

$[A]_{eq}$  = সাম্যাবস্থায় A পদার্থের ঘনমাত্রার মান

$[B]_{eq}$  = সাম্যাবস্থায় B পদার্থের ঘনমাত্রার মান

$[C]_{eq}$  = সাম্যাবস্থায় C পদার্থের ঘনমাত্রার মান

$[D]_{eq}$  = সাম্যাবস্থায় D পদার্থের ঘনমাত্রার মান

$eq \rightarrow equilibrium$  বা সাম্যাবস্থায়

$i \rightarrow instantaneous$  বা তাৎক্ষনিক

$$\text{বিক্রিয়াটির যেকোন অবস্থায়, } Q_C = \frac{[D]_i \times [C]_i^2}{[A]_i^2 \times [B]_i^3}$$

$[A]_i$  = ঐ অবস্থায় A পদার্থের ঘনমাত্রার মান

$[B]_i$  = ঐ অবস্থায় B পদার্থের ঘনমাত্রার মান

$[C]_i$  = ঐ অবস্থায় C পদার্থের ঘনমাত্রার মান

$[D]_i$  = ঐ অবস্থায় D পদার্থের ঘনমাত্রার মান

একইভাবে, কোনো বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় পৌঁছালে  $k_p$  এবং যেকোনো অবস্থায় সংশ্লিষ্ট  $Q_p$  নির্ণয় করা যায়।

কোনো উভয়ী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থক ( $k_C$  বা  $k_P$ ) এর মান কখনোই শূন্য হয় না; তবে, বিক্রিয়া অনুপাত ( $Q_C$  বা  $Q_P$ ) এর মান শূন্য হতে পারে।  $Q_C$  কে মোলার বিক্রিয়া অনুপাত এবং  $Q_P$  কে চাপীয় বিক্রিয়া অনুপাত বলা হয়।

বিক্রিয়ার প্রকৃত শুরুতে বিক্রিয়া অনুপাতের মান শূন্য হয়। বিক্রিয়া যতই সামনে অগ্রসর হতে থাকে, বিক্রিয়া অনুপাতের মান ততই বৃদ্ধি পেতে থাকে এবং সাম্যাবস্থায় তা সাম্যাবস্থকের মানের সমান হয়। অর্থাৎ,

$Q_C < k_C$  বা,  $Q_P < k_P$  হলে, বিক্রিয়া সম্মুখবর্তী

$Q_C = k_C$  বা,  $Q_P = k_P$  হলে, বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় বিরাজমান

$Q_C > k_C$  বা,  $Q_P > k_P$  হলে, বিক্রিয়া পশ্চাত্ববর্তী

মূলত, কোনো বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় উপনীত হয়েছে, নাকি তা সম্মুখদিকে অগ্রসরমান নাকি পশ্চাতে ধাবমান- তা বোঝার জন্য  $Q_C$  বা  $Q_P$  এর মান নির্ণয় করে তা  $k_C$  বা  $k_P$ ) এর মানের সাথে মিলিয়ে দেখা হয়।

এবার তাহলে, আরো generalized একটা রাশির সাথে পরিচিত হওয়া যাক! আর তা হলো- সাধারণ বিক্রিয়া অনুপাত,  $Q$

একটি কানুনিক বিক্রিয়া বিবেচনা করি-



$$\text{উপরোক্ত বিক্রিয়ার সাধারণ বিক্রিয়া অনুপাত, } Q = \frac{[D]^2 \times P_E^2 \times 1}{P_A^2 \times [B]^2 \times 1^2}$$

অর্থাৎ, সাধারণ বিক্রিয়া অনুপাত,  $Q$  নির্ণয়ের জন্য সাম্যাবস্থক নির্ণয়ের মূলনীতি অনুসরণ করা হয় তবে, প্রতিটি উপাদানের ভৌত অবস্থার উপর নির্ভর করে প্রত্যেকের সক্রিয়ভর এর মান বসানো হয়। মনে আছে নিচ্যই- কঠিন এবং বিশুদ্ধ তরলের সক্রিয়ভরের মান হলো 1, দ্রবণে দ্রবীভূত পদার্থের ক্ষেত্রে এ দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রার মান এবং গ্যাসীয় পদার্থের ক্ষেত্রে তার আংশিক চাপের মান (*atm* এককে) সক্রিয়ভর নির্দেশ করে। সাধারণ বিক্রিয়া অনুপাতের এই ধারণা কাজে আসবে তড়িৎ রসায়ন অধ্যায়ের নান্দনিক সমীকরণে।

## সাম্যাবস্থকের তাৎপর্য (Significance of Equilibrium Constant)

7.1

প্রতিটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থকের মান একটি নির্দিষ্ট উৎসতায় নির্দিষ্ট।

১/ **বিক্রিয়ার ব্যাপ্তি(Extent):** সাম্যাবস্থকের মান থেকে কোনো বিক্রিয়া প্রদত্ত শর্তে কতটুকু সম্পন্ন হবে বা, কতটুকু সম্মুখবর্তী হবে— তা বোঝা যায়। সাম্য মিশ্রণে  $K_C$  বা  $K_P$  এর মান তুলনামূলকভাবে বেশি হলে সেক্ষেত্রে সাম্যাবস্থা অধিকতর ডানদিকে রয়েছে অর্থাৎ অধিকতর উৎপাদ উৎপন্ন হবে।  $K_C$  বা  $K_P$  এর ক্ষুদ্রতর মান অপেক্ষাকৃত নিম্ন উৎপাদন বোঝায়। একেই বিক্রিয়ার ব্যাপ্তি বলা হয়।

২/ **বিক্রিয়ার তাৎক্ষনিক দিক(Instantaneous direction of reaction):** একটি উভয়ী বিক্রিয়া যেকোনো সময় সম্মুখ বা পশ্চাত্বদিকে অগ্রসরমান হতে পারে। কোনো নির্দিষ্ট সময়ে বিক্রিয়া কোনদিকে অগ্রসরমান, তা নির্ণীত হয় এ মুহূর্তে বিক্রিয়া অনুপত্তের সাথে সাম্যাবস্থকের মধ্যে তুলনা করে।

৩/ **বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় পৌঁছার সময়(Time to reach equilibrium,  $t_{eq}$ ):** সাম্যাবস্থকের মান থেকে কোনো বিক্রিয়া প্রদত্ত শর্তে কত দ্রুত সাম্যাবস্থায় পৌঁছাবে, তা সম্পর্কে ধারণা লাভ করা যায় না।

## স্টয়কিওমিতির উপর সাম্যান্ধুবকের নির্ভরশীলতা

8.0

নির্ভর করে। নিচের উদাহরণগুলি লক্ষ্য কর-

১/ ধরি, একটি উভয়ীয় বিক্রিয়া  $A \rightleftharpoons 2B$  এর মোলার সাম্যান্ধুবক  $K_C = \frac{[B]^2}{[A]}$

এবং, এর বিপরীতক্রমে লিখিত বিক্রিয়া  $2B \rightleftharpoons A$  এর মোলার সাম্যান্ধুবক  $K_C^* = \frac{[A]}{[B]^2}$

স্পষ্টতই,  $K_C$  এবং  $K_C^*$  পরস্পর বিপরীত রাশি। অর্থাৎ, উভয়ীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে, সম্মুখ বিক্রিয়ার সাম্যান্ধুবকের মান ও বিপরীত বিক্রিয়ার সাম্যান্ধুবকের মান পরস্পরের বিপরীত রাশি (*reciprocal*) হয়।  $\therefore K_C^* = \frac{1}{K_C}$  একইভাবে,  $K_P^* = \frac{1}{K_P}$

২/ ধরি, একটি উভয়ীয় বিক্রিয়া  $2A \rightleftharpoons 3B$  এর মোলার সাম্যান্ধুবক  $K_{C_1} = \frac{[B]^3}{[A]^2}$

বিক্রিয়া সমীকরণের উভয়পক্ষে 2 দ্বারা ভাগ করে প্রাপ্ত বিক্রিয়া  $A \rightleftharpoons \frac{3}{2}B$  এর মোলার সাম্যান্ধুবক  $K_{C_2} = \frac{[B]^{3/2}}{[A]}$

$$\Rightarrow K_{C_2}^2 = \frac{[B]^3}{[A]^2} = K_{C_1}$$

$$\therefore K_{C_2} = (K_{C_1})^{1/2}$$

$\therefore 2A \rightleftharpoons 3B$  বিক্রিয়া সমীকরণের উভয়পক্ষে 3 দ্বারা ভাগ করে প্রাপ্ত বিক্রিয়া  $\frac{2}{3}A \rightleftharpoons B$  এর মোলার সাম্যান্ধুবক  $K_{C_3} = (K_{C_1})^{1/3}$

সুতরাং, কোনো বিক্রিয়ার সাম্যান্ধুবকের মান বিক্রিয়ার সমীকরণে স্টয়কিওমিতির উপর নির্ভর করে।

অর্থাৎ, কোনো বিক্রিয়া পূর্ণ সংখ্যার স্টয়কিওমিতিতে থাকা অবস্থায় তার সাম্যান্ধুবক  $K_{C_1}$  এবং তাকে  $n$  দিয়ে ভাগ করার পর প্রাপ্ত বিক্রিয়ার সাম্যান্ধুবক  $K_{C_n}$  হলে, তাদের মধ্যেকার সম্পর্ক হবে-  $K_{C_n} = (K_{C_1})^{1/n}$

আবার, কোনো বিক্রিয়া পূর্ণ সংখ্যার স্টয়কিওমিতিতে থাকা অবস্থায় তার সাম্যান্ধুবক  $K_{C_1}$  এবং তাকে  $n$  দিয়ে গুণ করার পর প্রাপ্ত বিক্রিয়ার সাম্যান্ধুবক  $K_{C_n}$  হলে, তাদের মধ্যেকার সম্পর্ক হবে-  $K_{C_n} = (K_{C_1})^n$

## লা-শাতেলিয়ারের নীতি (Le-Chatelier's Principle)

9.0

তিনটি বিশেষ নিয়ামক বা factor দ্বারা। সাম্যাবস্থা নিয়ন্ত্রণকারী এসব নিয়ামকগুলো হলো- ১/ তাপমাত্রা, ২/ চাপ ও ৩/ ঘনমাত্রা

কোনো বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় পৌঁছানোর পর যদি বাহ্যিক অবস্থার পরিবর্তন করা না হয়, তবে সে সাম্যাবস্থা চিরকাল অপরিবর্তিত থাকবে। সাম্যাবস্থার নিয়ামকসমূহের মেকোনো একটি পরিবর্তন করলে বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার পরিবর্তন হয়, নতুন সাম্যাবস্থা গড়ে উঠে অর্থাৎ বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ঘনমাত্রায় পরিবর্তন আসে। বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার উপর এ সব নিয়ামক পরিবর্তনের ফলাফল লা-শাতেলিয়ারের নীতির সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। লা-শাতেলিয়ারের নীতিটি নিম্নরূপ-

কোনো উভয়ীয় বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় থাকাকালীন যদি ঐ অবস্থার একটি নিয়ামক (তাপমাত্রা, চাপ অথবা ঘনমাত্রা) পরিবর্তন করা হয়, তবে সাম্যের অবস্থান এমনভাবে পরিবর্তিত হবে যেন নিয়ামক পরিবর্তনের ফলাফল প্রশংসিত হয়।

সহজ ভাষায়-

বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় থাকাকালীন যদি তাপমাত্রা বাড়ানো হয় তাহলে বিক্রিয়া সেইদিকে অগ্রসর হবে- যেদিকে তাপমাত্রা হ্রাস পায়।

আবার, বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় থাকাকালীন যদি চাপ বাড়ানো হয় তাহলে বিক্রিয়া সেইদিকে অগ্রসর হবে- যেদিকে চাপ হ্রাস পায়।

এবং, বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় থাকাকালীন যদি কোনো উপাদানের ঘনমাত্রা বাড়ানো হয় তাহলে বিক্রিয়া সেইদিকে অগ্রসর হবে- যেদিকে ঐ উপাদানের ঘনমাত্রা হ্রাস পায়।

অর্থাৎ, সাম্যাবস্থায় উপনীত হবার পর পরিবেশ সিস্টেমের উপর কোনো পরিবর্তন আরোপ করলে, সিস্টেম এমনভাবে বদলায় যেন সেসব পরিবর্তন প্রশংসিত হয়ে তা আবার পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসে।

সুতরাং লক্ষ্যনীয় যে, সাম্যান্ধুবক নিয়ন্ত্রিত হয় শুধুমাত্র তাপমাত্রা দ্বারা। তবে, সাম্যাবস্থা নিয়ন্ত্রিত হয় তাপমাত্রা, চাপ ও ঘনমাত্রা দ্বারা।

## সাম্যাবস্থার উপর তাপমাত্রার প্রভাব

9.1

কোনো বিক্রিয়া একটি নির্দিষ্ট দিকে সংঘটিত হলে যে পরিমাণ এনথালপির পরিবর্তন ঘটে, বিক্রিয়াটি বিপরীত দিকে সংঘটিত হলে সেই একই পরিমাণ এনথালপির পরিবর্তন ঘটে তবে চিহ্ন বিপরীতমুখী হয়। অর্থাৎ, সম্মুখবিক্রিয়া তাপেও পাদী হলে, পশ্চাতবিক্রিয়া হবে তাপহরী।

আবার, একটি উভয়মুখী বিক্রিয়ার ডান পাশে যে  $\Delta H$  এর মান লেখা হয়, তা মূলত নির্দেশ করে ঐ বিক্রিয়ার সম্মুখবর্তী অংশের জন্য এনথালপির যে পরিবর্তন হয়, তা। অর্থাৎ,  $A + B \rightleftharpoons C ; \Delta H = -x \text{ kJ}$  এর অর্থ হলো,  
 $A + B \rightarrow C$  বিক্রিয়া সংঘটিত হলে  $x \text{ kJ}$  তাপশক্তি উৎপন্ন বা, নির্গত হয়। ফলে,  $C \rightarrow A + B$  বিক্রিয়া সংঘটিত হলে  $x \text{ kJ}$  তাপশক্তি শোষিত হবে।

**উদাহরণ ১/**  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 ; \Delta H = -92.2 \text{ kJ}$  অর্থাৎ, বিক্রিয়াটি সম্মুখবর্তী হলে তাপ উৎপন্ন করে।

তাই, এ বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় উপনীত হবার পর তাপমাত্রা বাড়ালে, বিক্রিয়া পেছনে অগ্রসর হবে। (কারণ, পশ্চাত বিক্রিয়া তাপহারী)

আবার, এ বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় উপনীত হবার পর তাপমাত্রা কমালে, বিক্রিয়া সামনে অগ্রসর হবে। (কারণ, সম্মুখ বিক্রিয়া তাপোৎপাদী)

**উদাহরণ ২/**  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2 ; \Delta H = +55.3 \text{ kJ}$  অর্থাৎ, বিক্রিয়াটি সম্মুখবর্তী হলে তাপ শোষণ করে।

তাই, এ বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় উপনীত হবার পর তাপমাত্রা বাড়ালে, বিক্রিয়া সামনে অগ্রসর হবে। (কারণ, সম্মুখ বিক্রিয়া তাপহারী)

আবার, এ বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় উপনীত হবার পর তাপমাত্রা কমালে, বিক্রিয়া পেছনে অগ্রসর হবে। (কারণ, পশ্চাত বিক্রিয়া তাপোৎপাদী)

সাম্যাবস্থাকের রাশিমালা থেকেও সাম্যাবস্থার উপর তাপমাত্রার প্রভাব সম্পর্কিত লা-শাতেলিয়ারের নীতির সমর্থন পাওয়া যায়।

একটি সাধারণ তাপোৎপাদী বিক্রিয়া বিবেচনা করিঃ  $A + B \rightleftharpoons C + D ; \Delta H = -x \text{ kJ}$

বা,  $A + B \rightleftharpoons C + D + x \text{ kJ}$  অর্থাৎ, এই বিক্রিয়ায় তাপশক্তি একটি উৎপাদ।

উপরোক্ত বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থক,  $K_C = \frac{[C] \times [D] \times x}{[A] \times [B]}$

সাম্যাবস্থায় সিস্টেমের তাপশক্তি ( $x$ ) এর মান বৃদ্ধি করা হলে  $K_C$  এর রাশিমালার লবের মান বৃদ্ধি পায়। এমতাবস্থায়,  $K_C$  এর মান ধ্রুব রাখতে হলে  $K_C$  এর রাশিমালার হরের মান বৃদ্ধি পাওয়া অপরিহার্য। অর্থাৎ, এই বিক্রিয়া পশ্চাত্মুখী হয়ে কিছুটা বিক্রিয়ক তৈরি করবে। সুতরাং, তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে, বিক্রিয়া পশ্চাত্মুখী হয়।

একটি সাধারণ তাপহারী বিক্রিয়া বিবেচনা করিঃ  $A + B \rightleftharpoons C + D ; \Delta H = +x \text{ kJ}$

বা,  $A + B + x \rightleftharpoons C + D$  অর্থাৎ, এই বিক্রিয়ায় তাপশক্তি একটি বিক্রিয়ক।

উপরোক্ত বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থক,  $K_C = \frac{[C] \times [D]}{[A] \times [B] \times x}$

সাম্যাবস্থায় সিস্টেমের তাপশক্তি ( $x$ ) এর মান বৃদ্ধি করা হলে  $K_C$  এর রাশিমালার হরের মান বৃদ্ধি পায়। এমতাবস্থায়,  $K_C$  এর মান ধ্রুব রাখতে হলে  $K_C$  এর রাশিমালার লবের মান বৃদ্ধি পাওয়া অপরিহার্য। অর্থাৎ, এই বিক্রিয়া সম্মুখমুখী হয়ে কিছুটা উৎপাদ তৈরি করবে। সুতরাং, তাপহারী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে, বিক্রিয়া সম্মুখমুখী হয়।

গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে তাপমাত্রা পরিবর্তনের সাপেক্ষে সাম্যাবস্থার অপসারণের (*equilibrium shift*) এই বিষয়টিকে ভ্যান্ট হফ সমীকরণ এবং  $K_P$  এর গাণিতিক সমীকরণ থেকেও ব্যাখ্যা করা যায় যা পরবর্তীতে দেখানো হয়েছে।

### সাম্যাবস্থার উপর চাপের প্রভাব

9.2

সাম্যাবস্থার উপর চাপের প্রভাব আলোচনার জন্য আমদের অ্যাভোগেড্রোর সূত্রের

যেকোনো গ্যাসের সমায়তনে সমান সংখ্যক অণু থাকে। অর্থাৎ, দুটি ভিন্ন গ্যাস (ধরি  $CO_2$  এবং  $H_2$ ) এর  $3 \text{ mol}$  করে গ্যাস একটি পাত্রে রাখা আছে। অর্থাৎ, তাদের তাপমাত্রা, মৌল সংখ্যা এবং আয়তন একই। তাহলে এক্ষেত্রে গ্যাস দুটি দ্বারা সৃষ্টি আংশিক চাপও সমান হবে। সুতরাং, একটি গ্যাস মিশ্রণের পাত্রে চাপ প্রয়োগ করলে সেই মিশ্রণ চাপ হ্রাসের জন্য যেকোনো গ্যাসীয় উপাদানের অণু সংখ্যা হ্রাস করতে সচেষ্ট হবে। কারণ, গে-লুস্যাকের সূত্রানুসারে- কোনো গ্যাসের চাপ তার মৌল সংখ্যার সাথে সমানুপাতিক। ব্যাস! এতটুকু জ্ঞান ই যথেষ্ট!

**উদাহরণ ১/**  $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$  অর্থাৎ, এই বিক্রিয়াটি সম্মুখবর্তী হলে গ্যাসীয় অণুর সংখ্যা হ্রাসের মাধ্যমে চাপ কমায়।

তাই, এ বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় উপনীত হবার পর চাপ বাড়ালে, বিক্রিয়া সামনে অগ্রসর হবে। (কারণ, উৎপাদে গ্যাসীয় অণুর সংখ্যা কম)

আবার, এ বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় উপনীত হবার পর চাপ কমালে, বিক্রিয়া পেছনে অগ্রসর হবে। (কারণ, বিক্রিয়কে গ্যাসীয় অণুর সংখ্যা বেশি)

**উদাহরণ ২/**  $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_2$  অর্থাৎ, এই বিক্রিয়াটি সম্মুখবর্তী হলে গ্যাসীয় অণুর সংখ্যা বৃদ্ধির মাধ্যমে চাপ বাড়ায়।

তাই, এ বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় উপনীত হবার পর চাপ বাড়ালে, বিক্রিয়া পেছনে অগ্রসর হবে। (কারণ, উৎপাদে গ্যাসীয় অণুর সংখ্যা বেশি)

আবার, এ বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় উপনীত হবার পর চাপ কমালে, বিক্রিয়া সামনে অগ্রসর হবে। (কারণ, বিক্রিয়কে গ্যাসীয় অণুর সংখ্যা কম)

**উদাহরণ ৩/**  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$  অর্থাৎ, এই বিক্রিয়াটি সম্মুখবর্তী হলে গ্যাসীয় অণুর সংখ্যা একই থাকে ফলে, চাপ অপরিবর্তিত থাকে। তাই, এ বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় উপনীত হবার পর চাপ বাড়ালে বা কমালে- উভয়ক্ষেত্রেই সাম্যাবস্থা অপরিবর্তিত থাকবে। (কারণ, উভয় পাশে গ্যাসীয় অণুর সংখ্যা সমান)।

সুতরাং, যেসব বিক্রিয়ায়  $\Delta n_{(g)} = 0$ , সেসব বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় চাপের কোনো প্রভাব নেই।

### সাম্যাবস্থার উপর ঘনমাত্রার প্রভাব

9.3

সাম্যাবস্থার উপর ঘনমাত্রার প্রভাব আলোচনার জন্য আমদের ভরক্রিয়া

সূত্রের সহযোগিতা প্রয়োজন হবে। ভরক্রিয়া সূত্রানুসারে, নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন

বিক্রিয়ার হার, ঐ মুহূর্তে বিক্রিয়কের অবশিষ্ট সক্রিয় ভরের সমানুপাতিক। সুতরাং, সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করলে, বিক্রিয়া তাৎক্ষনিকভাবে পশ্চাত্দিকে অগ্রসর হবে।

### উদাহরণ ১/

 $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ 

এ বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় উপনীত হবার পর বিক্রিয়ক ( $N_2$  বা  $H_2$ ) এর ঘনমাত্রা বাড়ালে, বিক্রিয়া সামনে অগ্রসর হবে। (কারণ,  $N_2$  এবং  $H_2$  হলো সম্মুখ বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক)

আবার, এ বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় উপনীত হবার পর উৎপাদ ( $NH_3$ ) এর ঘনমাত্রা বাড়ালে, বিক্রিয়া পেছনে অগ্রসর হবে। (কারণ,  $NH_3$  হলো পশ্চাত্ব বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক)

### উদাহরণ ২/

 $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2 ; \Delta H = +55.3 \text{ kJ}$ 

এ বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় উপনীত হবার পর বিক্রিয়ক ( $N_2O_4$ ) এর ঘনমাত্রা বাড়ালে, বিক্রিয়া সামনে অগ্রসর হবে। (কারণ,  $N_2O_4$  হলো সম্মুখ বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক)

আবার, এ বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় উপনীত হবার পর উৎপাদ ( $NO_2$ ) এর ঘনমাত্রা বাড়ালে, বিক্রিয়া পেছনে অগ্রসর হবে। (কারণ,  $NO_2$  হলো পশ্চাত্ব বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক)

উপরের উদাহরণ দুটি থেকে সহজেই বোধগম্য হয় যে, যেকোনো বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বাড়ালে বিক্রিয়া সম্মুখে ধাবিত হবে এবং, সাম্যাবস্থায় উৎপাদের ঘনমাত্রা বাড়ালে বিক্রিয়া পশ্চাতে ধাবিত হবে। এখন তোমার কাছে ভাবনার জন্য কিছু প্রশ্ন রইলো-

১/  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায়  $N_2$  বা  $H_2$  এর ঘনমাত্রা একই পরিমাণ বৃদ্ধিতে বিক্রিয়া কী একই পরিমাণে সম্মুখবর্তী হবে? নাকি কম বা বেশি হবে? যদি ভিন্ন পরিমাণে হয়, তবে তা  $N_2$  বা  $H_2$  কোনটির পরিমাণ বৃদ্ধিতে বেশি বা কম হবে?

২/  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$  বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায়  $N_2O_4$  এর ঘনমাত্রার একক পরিমাণ বৃদ্ধিতে বিক্রিয়াটি যে পরিমাণ সম্মুখবর্তী হবে,  $NO_2$  এর ঘনমাত্রার একক পরিমাণ বৃদ্ধিতেও বিক্রিয়াটি একই পরিমাণ পশ্চাত্ববর্তী হবে কী না? কারণ বিশ্লেষণের চেষ্টা কর।

## উভমুখী বিক্রিয়ায় অবমুক্ত শক্তি (Gibbs Free Energy in Reversible Reaction)

10.0

সিস্টেমের অভ্যন্তরীণ শক্তির যে অংশ নীট কাজ সম্পাদনের জন্য সিস্টেম বা, পদার্থ থেকে মুক্ত হয়ে থাকে তাকে মুক্ত শক্তি (Free energy) বা, অবমুক্ত শক্তি বলে। প্রাকৃতিক কারণেই কোনো পদার্থের সম্পূর্ণ অভ্যন্তরীণ শক্তিকে কাজ এ রূপান্তর করা সম্ভব হয় না। এখানে, প্রাকৃতিক কারণ বলতে মূলত এন্ট্রপি বা, বিশৃঙ্খলা জনিত শক্তি-কাজ রূপান্তরের অক্ষমতাকে বুঝানো হচ্ছে।

তাপগতিবিদ্যা অনুযায়ী, কোনো বিক্রিয়া বা যেকোনো ঘটনাত কেবল স্বতঃস্ফূর্তভাবে সংঘটিত হয় যখন তা শক্তি অবমুক্ত করে; কারণ, সিস্টেম থেকে অবমুক্ত হওয়া এই শক্তি-ই পরিবেশের এন্ট্রপি বাড়ায়। আর, এন্ট্রপি বা বিশৃঙ্খলা বৃদ্ধি করা ই যেকোনো প্রক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্ত হবার প্রথম ও প্রধান শর্ত। গিবসের অবমুক্ত শক্তির সমীকরণ,  $\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln Q$  ... ... ... (i)

যেখানে,  $\Delta G$  = তাৎক্ষনিক অবমুক্ত শক্তি;  $\Delta G^0$  = প্রমাণ অবমুক্ত শক্তি;  $Q$  = বিক্রিয়া অনুপাত।

সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ার মূল চালিকা শক্তি (driving force)  $\Delta G$  এর মান শূন্য হয় এবং, বিক্রিয়া অনুপাত,  $Q =$  সাম্যাবস্থক,  $K$

সাম্যাবস্থায়, (i) নং সমীকরণ দাঁড়ায়-  $0 = \Delta G^0 + RT \ln K$  বা,  $\Delta G^0 = -RT \ln K$  ... ... ... (ii)

(ii) নং সমীকরণ থেকে পাই, যখন  $\Delta G^0 < 0$ , তখন,  $K > 1$ ; অর্থাৎ, বিক্রিয়া সম্মুখবর্তী হয়।

যখন  $\Delta G^0 > 0$ , তখন,  $K < 1$ ; অর্থাৎ, বিক্রিয়া পশ্চাত্ববর্তী হয়।

যখন  $\Delta G^0 = 0$ , তখন,  $K = 1$ ; অর্থাৎ, বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় বিরাজমান।

মোলার গ্যাস ধ্রুবক,

$R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

## ভ্যান্ট হফ সমীকরণ (Van't Hoff Equation)

11.0

উপর তাপমাত্রার প্রভাব ব্যাখ্যায় জন্য বিজ্ঞানী ভ্যান্ট হফ এর সমীকরণ থেকে বিষয়টি সম্পর্কে আরও সুস্পষ্ট ধারণা পাওয়া যায়। ভ্যান্ট হফ

সমীকরণটি-

$$\ln K_P = -\frac{\Delta H}{RT} + \text{ধ্রবক (ধরি, } V_C') \dots \dots \dots (i)$$

উপরের এই সমীকরণে লগারিদম অপসারণ করলে তুমি পাবে-  $K_P = V_C' \times e^{-\frac{\Delta H}{RT}} \dots \dots \dots (ii)$

(ii) নং সমীকরণ দেখে কী তোমার আরহেনিয়াস সমীকরণের কথা মনে পড়ছে? আবারো মিলিয়ে দেখো তো-

আরহেনিয়াস সমীকরণ  $K = A \times e^{-E_a/RT}$

ভ্যান্ট হফ সমীকরণ  $K_P = V_C \times e^{-\Delta H/RT}$

এখানে,  $A$  একটি ধ্রবক যা মূলত ঐ বিক্রিয়ার বিক্রিয়কসমূহের স্টেরিক বাধা গুণাঙ্ক ও সংঘর্ষের হারের গুণফল প্রকাশ করে।

অর্থাৎ,  $A = \rho \times Z$

এখানে,  $V_C$  একটি ধ্রবক যা মূলত ঐ বিক্রিয়ার আদর্শ এনট্রপির পরিবর্তন ও মোলার গ্যাস ধ্রবকের অনুপাত প্রকাশ করে।

অর্থাৎ,  $V_C = \frac{\Delta S}{R}$

তাপহারী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে উষ্ণতা বৃদ্ধিতে সাম্যান্তরিক মান বৃদ্ধি পায় এবং তাপ উৎপাদী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে উষ্ণতা বৃদ্ধিতে সাম্যান্তরিক মান হ্রাস পায়। ভ্যান্ট হফ সমীকরণ এর (i) নং রূপ থেকে তাপোৎপাদী ও তাপহারী বিক্রিয়ার জন্য দুটি ভিন্ন লেখচিত্র পাওয়া যায়।

উভয় লেখচিত্রেই প্রাপ্ত সরলরেখার ঢাল হয়  $-\frac{\Delta H}{R}$ ; তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার  $\Delta H$  এর মান ঝণাঝক হওয়ায় ঢালের সামগ্রিক মান ধনাঝক হয়। এবং তাপহারী বিক্রিয়ার  $\Delta H$  এর মান ধনাঝক হওয়ায় ঢালের সামগ্রিক মান ঝণাঝক হয়।



লা-শাতেলিয়ারের নীতি থেকে আমরা জানি, তাপহারী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় তাপমাত্রা হ্রাস করলে, বিক্রিয়া পশ্চাত্বর্তী হয় অর্থাৎ,  $K_P$  এর মান হ্রাস পায়। চলো- ভ্যান্ট হফ সমীকরণ থেকে বিষয়টি মিলিয়ে নেই!

লেখচিত্রের  $X$  – অক্ষে যতই ডান দিকে অগ্রসর হওয়া যায়, তাপমাত্রা ততই হ্রাস পায়।

লেখচিত্রের ঢাল নিম্নমুখী হওয়ায়,  $\ln K_P$  এর মান হ্রাস পায়।

অর্থাৎ,  $K_P$  এর মান ও বৃদ্ধি পায়।

যা হবহু লা-শাতেলিয়ারের নীতিকে সমর্থন করে।

লা-শাতেলিয়ারের নীতি থেকে আমরা জানি, তাপোৎপাদী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় তাপমাত্রা হ্রাস করলে, বিক্রিয়া সম্মুখবর্তী হয় অর্থাৎ,  $K_P$  এর মান বৃদ্ধি পায়। চলো- ভ্যান্ট হফ সমীকরণ থেকে বিষয়টি মিলিয়ে নেই।

লেখচিত্রের  $X$  – অক্ষে যতই ডান দিকে অগ্রসর হওয়া যায়, তাপমাত্রা ততই হ্রাস পায়।

লেখচিত্রের ঢাল উর্ধমুখী হওয়ায়,  $\ln K_P$  এর মান বৃদ্ধি পায়।

অর্থাৎ,  $K_P$  এর মান ও বৃদ্ধি পায়।

যা হবহু লা-শাতেলিয়ারের নীতিকে সমর্থন করে।

এ পর্যায়ে তোমার উন্মুক্ত ভাবনার জন্য কিছু প্রশ্ন তুলে দেই।

আচ্ছা, ভ্যান্ট হফ সমীকরণ কী শুধুই গ্যাসীয় বিক্রিয়ার জন্য প্রযোজ্য? নইলে সমীকরণে কেন শুধু  $K_P$  বিদ্যমান?

যদি ভ্যান্ট হফ সমীকরণ শুধুই গ্যাসীয় বিক্রিয়ার জন্য প্রযোজ্য হয়ে থাকে, তাহলে অন্যান্য বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে অনুরূপ সমীকরণ কোনটি?

## শিল্পোৎপাদনে লা-শাতেলিয়ারের নীতির প্রয়োগ

12.0

প্রথমেই কিছু বিশেষ বিষয় সম্পর্কে জেনে নিতে হবে। সেগুলো হলো-

ক) পরীক্ষাগার প্রস্তুতি এবং শিল্পোৎপাদনের মধ্যে পার্থক্য কী?

খ) Optimum বা অত্যানুকূল বলতে কী বোঝায়?

গ) যেকোনো উৎপাদনে সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ধাপ আসলে কী দ্বারা নির্ধারিত হয়?

ঘ) রাসায়নিক সাম্যাবস্থার উপর প্রভাবকের প্রভাব না থাকলেও কেন বিভিন্ন শিল্পোৎপাদনে প্রভাবক ব্যবহার করা হয়?

### পরীক্ষাগার প্রস্তুতি বনাম শিল্পোৎপাদন

12.1

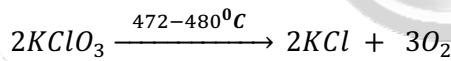
লা-শাতেলিয়েরের নীতির সবচেয়ে বড় প্রয়োগ হলো বিভিন্ন শিল্পোৎপাদনের ক্ষেত্রে। পরীক্ষাগার প্রস্তুতি এবং শিল্পোৎপাদন উভয় ক্ষেত্রেই যদিও একটি নির্দিষ্ট

রাসায়নিক পদার্থকে তৈরি করা হয়, তবুও এদের মধ্যে নীতিগত বিভিন্ন ব্যবধান রয়েছে।

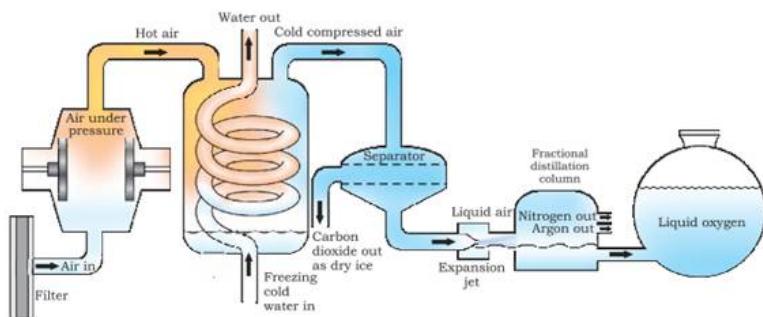
পরীক্ষাগার প্রস্তুতি ( <i>Laboratory Preparation</i> )	শিল্পোৎপাদন ( <i>Industrial Production</i> )
পরীক্ষাগারে স্বল্প পরিমাণ প্রয়োজনের চাহিদা মেটাতে এই পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়।	শিল্পক্ষেত্রে বৃহদাকারে বাণিজ চাহিদা পূরণের জন্য এই পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়।
এক্ষেত্রে সবুজ রসায়নের মূলনীতি যেমন (সর্বোচ্চ AE বা, সর্বনিম্ন E ফ্যাট্র) অর্জন লক্ষ্য করা জরুরী নয়।	এক্ষেত্রে সবুজ রসায়নের মূলনীতি যেমন (সর্বোচ্চ AE বা, সর্বনিম্ন E ফ্যাট্র) অর্জন লক্ষ্য করা অত্যন্ত জরুরী বিষয়।
পরীক্ষাগারে সচরাচর প্রাপ্য বিকারক ( <i>reagent</i> ) দ্বারা কাঞ্চিত উৎপাদ তৈরি করা হয়।	শিল্পাঞ্চলের যথাযোগ্য নিকটবর্তী স্থানে প্রাপ্য কাঁচামাল দ্বারা কাঞ্চিত উৎপাদ তৈরি করা হয়।
পরীক্ষাগার প্রস্তুতির ক্ষেত্রে সাধারণত $500^{\circ}\text{C}$ তাপমাত্রার বেশি প্রয়োগের প্রয়োজন হলে তা বর্জন করা হয়। কারণ, পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত তাপের উৎস যেমন বুনসেন বার্নারে এর চেয়ে বেশি তাপমাত্রা উৎপন্ন করা যায়না।	শিল্পোৎপাদনের ক্ষেত্রে উচ্চ তাপমাত্রা কোনো বাধার সৃষ্টি করে না।
কোনো বিশেষ বিক্রিয়ায় যদি চাপ প্রয়োগের প্রয়োজন পড়ে, তা পরীক্ষাগার প্রস্তুতির ক্ষেত্রে বর্জন করা হয়।	শিল্পোৎপাদনের ক্ষেত্রে উচ্চ চাপ প্রয়োগ কোনো বাধার সৃষ্টি করে না।
পরীক্ষাগার প্রস্তুতির ক্ষেত্রে দ্রুততর সময়ে স্বল্প পরিমাণ বিশুদ্ধ উৎপাদ তৈরি মূল লক্ষ্য থাকে। এক্ষেত্রে উৎপাদন প্রক্রিয়ার ব্যয় তেমন গুরুত্ব বহন করে না।	শিল্পোৎপাদনের ক্ষেত্রে স্বল্প খরচে অধিক পরিমাণ উৎপাদ তৈরি মূল লক্ষ্য থাকে। ব্যয় সংকোচন এক্ষেত্রে সর্বাধিক গুরুত্ব বহন করে।

একটি উদাহরণ দেয়া হলে আশাকরি পরীক্ষাগার প্রস্তুতি এবং শিল্পোৎপাদনের পার্থক্য আরো ভালো করে বুঝতে পারবে।

পরীক্ষাগারে অক্সিজেন প্রস্তুতির জন্য সামান্য পরিমাণ পটাশিয়াম ক্লোরেট( $\text{KClO}_3$ ) কে টেস্ট টিউবের মধ্যে নিয়ে উত্পন্ন করা হয়। এক্ষেত্রে মাত্র  $472 - 480^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রার প্রয়োজন হয়। এই তাপমাত্রা খুব সহজেই ল্যাবরেটরিতে প্রাপ্ত বুনসেন বার্নারের সাহায্যে অর্জন করা যায় এবং এর জন্য বিশেষ কোনো পাত্রে  $\text{KClO}_3$  কে রাখার প্রয়োজন পড়ে না। এক্ষেত্রে সংযুক্তি বিক্রিয়াটি হলো-



অপরপক্ষে, শিল্পক্ষেত্রে অক্সিজেন উৎপাদনের জন্য বায়ুর উপাদানসমূহকে বিভিন্ন ভৌত পদ্ধতি প্রয়োগ করে পৃথক করা হয়। একারণে এটি মূলত অক্সিজেন উৎপাদন নয়; বরং পৃথকীকরণ পদ্ধতি। বিভিন্ন কাজে প্রয়োজনীয় অক্সিজেন গ্যাসের বিশুদ্ধতার মান বিভিন্ন রকম হয়। যেমন, চিকিৎসাক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় অক্সিজেন যথেষ্ট বিশুদ্ধ হওয়া জরুরী। বিশুদ্ধতার মানের উপর নির্ভর করে শিল্প ক্ষেত্রে বিভিন্ন পদ্ধতিতে অক্সিজেন উৎপাদন করা হয়। তবে সব ক্ষেত্রেই মূলত উচ্চচাপ, উচ্চতাপ, আংশিক পাতন ইত্যাদি প্রক্রিয়া ক্রমান্বয়ে প্রয়োগ করা হয়। এই প্রক্রিয়াগুলি এতই জটিল যে, তা শিল্পকারখানা ব্যতীত পরীক্ষাগারের স্বল্প পরিসরে বাস্তবায়ন সম্পূর্ণরূপে কল্পনাতাত্ত্বিক। নিচে দেয়া ডায়াগ্রাম থেকে কিছুটা ধারণা পাবে যে, এই প্রক্রিয়া কতটা জটিল!



এছাড়াও বিভিন্ন প্রতিষ্ঠানে অক্সিজেনের শিল্পোৎপাদনের জন্য অন্যন্য পদ্ধতি প্রয়োগ করে থাকে। সেগুলোর মধ্যে একটি বহুল প্রচলিত পদ্ধতির নাম হলো- *Pressure Swing Adsorption Technique (PSA)*

শিল্পেও পাদনের ক্ষেত্রে মূল লক্ষ্য হলো নিরাপদ উপায়ে সর্বোচ্চ মুনাফা লাভ অর্জন। এই প্রসঙ্গে তোমাকে এবার জানতে হবে সর্বোচ্চ (*maximum*) ও সর্বনিম্ন (*minimum*) এর মধ্যবর্তী একটি *sweet spot* আছে যাকে বলা হয় *optimum* বা অত্যানুকূল- সে সম্পর্কে।

বাস্তব একটি উদাহরণ লক্ষ্য করো-

ধরো, তোমার একটি বিস্কুট ফ্যাট্টির আছে। সেখানে দৈনিক ন্যূনতম 400 প্যাকেট বিস্কুট বিক্রয় না করা হলে শ্রমিকদের বেতনাদি সহ অন্যন্য খরচ বহন করা সম্ভব না। অর্থাৎ, 400 প্যাকেট বিস্কুট উৎপাদন হলো তোমার কারখানার সর্বনিম্ন উৎপাদনের পরিমাণ।

আবার, তোমার *distribution network* এর তথ্যমতে, বাজারে দৈনিক চাহিদা হলো 480-530 প্যাকেট। অর্থাৎ, তোমার সর্বোচ্চ উৎপাদনের পরিমাণ হলো 530 প্যাকেট।

এখন প্রশ্ন হলো, সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন এই দুই পরিমাণের মধ্যে এমন একটি অত্যানুকূল পরিমাণ খুঁজে বের করা; যেনো কোনো অতিরিক্ত ব্যয় না করেই সর্বোচ্চ মুনাফা অর্জন সম্ভব হয়। তুমি হয়ত ভাবছো- দৈনিক 530 প্যাকেট বিস্কুট উৎপাদন করলেই তো ভালো!

হাহাহা! না, তা ভালো হবে না। কারণ, এতে করে প্রতিদিন ই বেশ কিছু প্যাকেট বিস্কুট তোমার অবিক্রীত পড়ে থাকবে এবং হয়ত কখনো পচে যেতে পারে। অথবা, না পচাতে চাইলে হয়ত তোমার আলাদা বিশেষ ধরনের স্টোরেজ সিস্টেম ইঙ্গিটলেশনের দিকে যেতে হবে- এতে খরচ আরো বাড়বে। নয় কী?

হিসাবের এ পর্যায়ে তুমি জানতে পারলে যে, তোমার কারখানার যে কয়টি ইউনিট বর্তমানে চালু আছে, তা দিয়ে দৈনিক সর্বোচ্চ 450 প্যাকেট বিস্কুট উৎপাদন করা সম্ভব। এর চেয়ে বেশি উৎপাদনের জন্য তোমার আরো একটি ইউনিট নতুন করে চালু করা অপরিহার্য- এবং সেক্ষেত্রে এককালীন একটা বড় খরচ হবে।

তাহলে, নিঃসন্দেহে দৈনিক 450 প্যাকেট বিস্কুটের লক্ষ্যমাত্রা ই হলো তোমার এই কারখানার জন্য অত্যানুকূল উৎপাদনের পরিমাণ।

অন্য একটি উদাহরণ লক্ষ্য করো-

ধরো, তুমি নিজের গাড়িতে করে তোমার দাদু বাড়িতে যাচ্ছো। পথের দূরত্ব 100 km এবং তোমার গাড়ি প্রতি লিটার তেলে 20 km পথ পাড়ি দিতে পারে। অর্থাৎ, দাদু বাড়ি পৌঁছাতে হলে ন্যূনতম তোমাকে 5 L তেল নিয়ে যাত্রা শুরু করা উচিত।

পথে যেকোনো অনাকস্তিত কারণে তোমাকে ভিন্ন রাস্তা দিয়ে যাওয়া লাগতে পারে। সেক্ষেত্রে বেশি পথ পাড়ি দিতে হলে তো 5 L তেল দিয়ে গন্তব্যে পৌঁছা সম্ভব নয়।

তোমার গাড়ির তেলের ট্যাংক এর সর্বোচ্চ ধারণক্ষমতা হলো 25 L। তাহলে কী সম্পূর্ণ ট্যাংক ভর্তি করে তোমার রওয়ানা করা উচিত ছিল? হাহাহা! না! বাস্তবতা ভাবো-

যেকোনো কারণে তোমার যেখানে পথে 5 L তেল প্রয়োজন হবার কথা ছিল, সেখানে হয়ত 5.5 – 6 L তেল প্রয়োজন হবে! কিন্তু, তুমি যে সম্পূর্ণ ট্যাংক ভর্তি করে তেল নিয়ে রওয়ানা করেছো... এই অপ্রয়োজনীয় অতিরিক্ত  $(25 - 6) = 19 L$  তেল আসলে তোমার গাড়িতে অব্যথা ভর বৃদ্ধি করে তার *performance* খারাপ করেছে এবং তেলও বেশি খরচ হয়েছে এর জন্য!

তাহলে নিশ্চয়ই সর্বনিম্ন (5 L) বা, সর্বোচ্চ (25 L) এর কোনোটি নিয়েই তোমার জন্য রওয়ানা করা বিজ্ঞানসম্মত নয়। বরং, এই দুই পরিমাণের মাঝামাঝি একটা অত্যানুকূল পরিমাণ খুঁজে বের করা উচিত।

উপরের বিস্কুট ফ্যাট্টির উদাহরণের ক্ষেত্রে যেমন সহজেই অত্যানুকূল উৎপাদনের পরিমাণ নির্ণয় করা সম্ভব হয়েছে, এক্ষেত্রে হিসাব টি আরেকটু জটিল। এখানে অত্যানুকূল তেলের পরিমাণ আসলে নির্ভর করে অনেকগুলো নিয়ামক বা ফ্যাট্টির উপর। তাদের মধ্যে কয়েকটি হলো- ক) দাদু বাড়ি থেকে নিকটবর্তী *refueling pump* কত দূরে?

খ) দাদু বাড়িতে পৌঁছেই তুমি কি তোমার দাদা-দাদুকে নিয়ে কোথাও ঘুরতে যেতে চাও কীনা?

ইত্যাদি। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে সিদ্ধান্ত গ্রহণ আরো জটিল হবার মূল কারণ হলো- এখানে আবেগ বা, *emotion* জড়িত আছে। এখানে বিস্কুট কারখানার মত শুধুই আর্থিক লাভ-লোকসানের বিষয় নয়!

যাইহোক, দ্বিতীয় এই ক্ষেত্রে অত্যানুকূল তেলের পরিমাণ কত হবে সেটা তোমাকে নির্ণয় করতে দিয়ে এবার “অত্যানুকূল” প্রসঙ্গে আরো একটি বিষয় লক্ষ্য করো। অত্যানুকূল বা *optimum* মানে যেন ভেবো না- এটা সর্বোচ্চ এবং সর্বনিম্ন এর ঠিক মধ্যম একটি সংখ্যা! বরং, কখনো এটি হতে পারে সর্বোচ্চ এর কাছাকাছি একটি সংখ্যা আবার কখনো সর্বনিম্ন এর কাছাকাছি একটি সংখ্যা! যেমন, বিস্কুট কারখানার উদাহরণের ক্ষেত্রে অত্যানুকূল উৎপাদনের পরিমাণ ছিল সর্বনিম্ন এর কাছাকাছি একটি সংখ্যা।

সবশেষে আশাকরি বুবতে পারছো যে, অত্যানুকূল উৎপাদনের ধারণা মূলত পরীক্ষাগার প্রস্তুতির ক্ষেত্রে তেমন কার্যকর নয়; তবে, শিল্পেও পাদনের ক্ষেত্রে এর ভূমিকা অপরিসীম।

## শিল্পোৎপাদনে সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ধাপ

12.3

বিষয় হলো, যদি কোনো উৎপাদন একাধিক ধাপে ক্রমান্বয়ে সংঘটিত হয়, সেক্ষেত্রে যে ধাপ উভয়ী- সেই ধাপকে সবচেয়ে গুরুত্ব সহকারে বিবেচনা করা হয়। কারণ, এক্ষেত্রে উৎপাদন যেহেতু শতভাগ সম্ভব নয়, সুতরাং অত্যানুকূল উৎপাদনের মাধ্যমে সর্বোচ্চ মুনাফা লাভ এক্ষেত্রে খুবই সঙ্গিন বা *critical* বিষয়। যেমন, স্পৰ্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড এর শিল্পোৎপাদনের ক্ষেত্রে মূলত নির্মান তিনি ধাপে সম্পূর্ণ প্রক্রিয়া সম্পাদিত হয়-

১ম ধাপঃ	$S + O_2 \rightarrow SO_2$	এই তিনি ধাপের মধ্যে ২য় ধাপটি সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ। কারণ, ১ম এবং ৩য় ধাপ একমুখী হওয়ায়, সেখানে বীরগতিতে হলেও, সম্পূর্ণ বিক্রিয়ক উৎপাদে পরিণত হবে। কিন্তু, ২য় ধাপে অসীম সময় ব্রান্ড দেয়া হলেও, শতভাগ বিক্রিয়ক উৎপাদে পরিণত হবে না- কারণ এটি উভয়ী বিক্রিয়া।
২য় ধাপঃ	$2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$	সেখানে বীরগতিতে হলেও, সম্পূর্ণ বিক্রিয়ক উৎপাদে পরিণত হবে। কিন্তু, ২য় ধাপে অসীম সময় ব্রান্ড দেয়া হলেও, শতভাগ বিক্রিয়ক উৎপাদে পরিণত হবে না- কারণ এটি উভয়ী বিক্রিয়া।
৩য় ধাপঃ	$SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow H_2S_2O_7$	বরাদ্দ দেয়া হলেও, শতভাগ বিক্রিয়ক উৎপাদে পরিণত হবে না- কারণ এটি উভয়ী বিক্রিয়া।

## শিল্পোৎপাদনে উভয়ী বিক্রিয়ায় প্রভাবকের প্রভাব

12.4

আমরা আগেই জেনেছি যে, সাম্যাবস্থার উপর প্রভাবকের প্রভাব নেই; তবে, সাম্যাবস্থায় দ্রুততর সময়ে পৌঁছাতে প্রভাবক সহায়তা করে। অর্থাৎ, প্রভাবক ব্যবহার করে তুমি সাম্যাবস্থাকের মানের পরিবর্তন তথা, সাম্যাবস্থায় উৎপাদের শতকরা পরিমাণ হ্রাস-বৃদ্ধি করতে পারবে না। তবে, অপেক্ষাকৃত কম সময়ের মধ্যে সাম্যাবস্থায় পৌঁছাতে সমর্থ হবে। যেহেতু, বাণিজ্যক্ষেত্রে একটি নির্দিষ্ট উৎপাদন লক্ষ্যমাত্রায় যথেষ্ট কম সময়ের মধ্যে পৌঁছানো খুবই গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে, তাই এক্ষেত্রে প্রভাবক এর গুরুত্ব অপরিসীম।

## হেবার-বস (Haber-Bosch) পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন

13.0

পদ্ধতি। বাণিজ্যিকভাবে অ্যামোনিয়া উৎপাদনের জন্য এই পদ্ধতিতে নিচের বিক্রিয়াটি নির্মানপঃ



বিক্রিয়াটির উপর লা-শাতেলিয়ারের নীতির প্রয়োগ নিচে আলোচনা করা হলো-

**১/ তাপমাত্রার প্রভাবঃ** বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদী হওয়ায় লা-শাতেলিয়ারের নীতি অনুসারে তাপমাত্রা যতো কম হবে, বিক্রিয়াটি তত সম্মুখবর্তী হবে; অর্থাৎ, অ্যামোনিয়ার উৎপাদন ততো বৃদ্ধি পাবে। সুতরাং, নিম্ন তাপমাত্রাতেই অ্যামোনিয়া বেশি উৎপাদিত হবার কথা। কিন্তু নিম্ন তাপমাত্রায়  $N_2$  ও  $H_2$  অণুর গতিশক্তি যথেষ্ট কমে যায় এবং পরম্পরের মধ্যে সংঘর্ষের সংখ্যাও কমে যায়। একক সময়ে সংঘর্ষের সংখ্যার (*collision frequency*) উপর বিক্রিয়ার সামগ্রিক গতি (*overall speed*) নির্ভরশীল।

মোটকথা, নিম্ন তাপমাত্রায়  $NH_3$  এর শতকরা উৎপাদন বেশি হয়। তবে, উচ্চ তাপমাত্রায়  $NH_3$  এর মোট উৎপাদন বাঢ়ে।

এই দুটি বিপরীত শর্তের জন্য বাণিজ্যক্ষেত্রে সর্বাধিক মুনাফা নিশ্চিতকরণের লক্ষ্যে এদের মধ্যবর্তী একটি অত্যানুকূল তাপমাত্রা (*Optimum Temperature*) নির্ধারণ করা হয়  $450 \pm 50^\circ\text{C}$ ।

**২/ চাপের প্রভাবঃ** বিক্রিয়াটিতে  $\Delta n_{(g)} = 2 - (1 + 3) = -2$ ; অর্থাৎ, গ্যাসীয় অণুর সংখ্যা দুই একক হ্রাস পায়। সুতরাং, উচ্চচাপে বিক্রিয়াটি সম্মুখবর্তী হয়ে  $NH_3$  এর শতকরা উৎপাদন বাঢ়ায়। তবে, অতিরিক্ত উচ্চচাপ প্রয়োগ বেশ ব্যয়সাপেক্ষ বিধায় এক্ষেত্রে অত্যানুকূল চাপ  $200 \text{ atm}$  নির্ণীত হয়েছে।

**৩/ ঘনমাত্রার প্রভাবঃ** বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় পৌঁছানোর পর যদি বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠ (*Reaction chamber*) থেকে উৎপন্ন  $NH_3$  গ্যাস অপসারণ করা হয় এবং বাইরে থেকে আরো  $N_2$  ও  $H_2$  গ্যাসকে বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করানো হয় তবে লা-শাতেলিয়ারের নীতি অনুযায়ী  $NH_3$  এর উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে। এ কারণে হেবার-বস প্রণালিতে সাম্যমিশ্রণের গ্যাসকে উচ্চচাপ এবং নিম্নতাপমাত্রায় শীতলীকরণের মাধ্যমে উৎপন্ন  $NH_3$  গ্যাসকে অপসারিত করে তরল  $NH_3$  তে পরিণত করা হয় অথবা পানিতে দ্রবীভূত করে লিকার অ্যামোনিয়া উৎপাদন করা হয়। অর্থাৎ, পানিতে দ্রবীভূত করার ক্ষেত্রে সাম্যমিশ্রণে যেহেতু  $N_2$ ,  $H_2$  এবং  $NH_3$  গ্যাস উপস্থিত থাকে, সেখানে নিম্নলিখিত বিক্রিয়াটি সংঘটিত হয়-



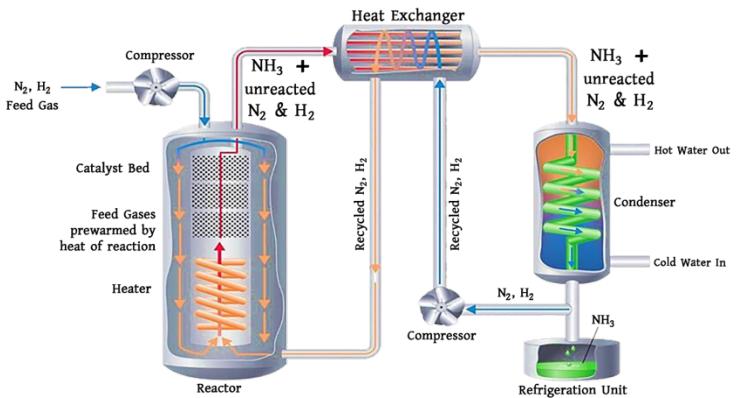
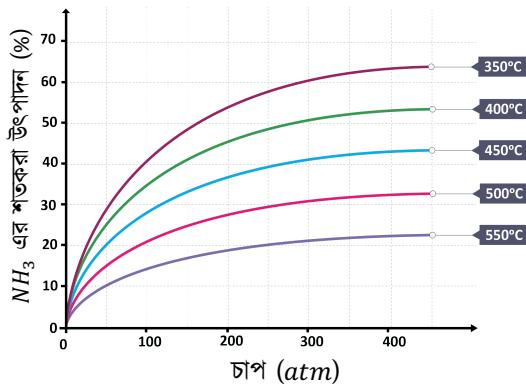
এভাবে সাম্যমিশ্রণ থেকে  $NH_3$  গ্যাস অপসারণ করার পর অবশিষ্ট  $N_2$  ও  $H_2$  গ্যাসকে আবারো অধিক পরিমাণ  $N_2$  ও  $H_2$  গ্যাস সহকারে বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠে যুক্ত করা হয়। এভাবে ক্রমাগত প্রক্রিয়াটি চলমান থাকে।

**৪/ প্রভাবকের প্রভাবঃ** হেবার-বস প্রণালিতে বাণিজ্যিকভাবে  $NH_3$  গ্যাস উৎপাদনকালে  $N_2$  ও  $H_2$  গ্যাসের মিশ্রণকে  $200 \text{ atm}$  চাপ ও  $450 \pm 50^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় রেখে বিক্রিয়ার গতিকে আরও দ্রুত করার জন্য প্রভাবক হিসেবে  $Fe$  চূর্ণকে এবং  $Al_2O_3$  ও  $K_2O$  চূর্ণের মিশ্রণ অথবা মলিবডেনাম ( $Mo$ ) চূর্ণকে প্রভাবক উদ্বীপক হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

নিচের লেখচিত্র থেকে এসম্পর্কে আরো ধারণা লাভ করা যায়-

শিল্পক্ষেত্রে অ্যামোনিয়া উৎপাদনের জন্য

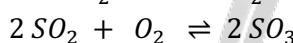
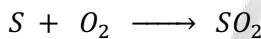
ব্যবহৃত প্রধান পদ্ধতি হলো হেবার-বস



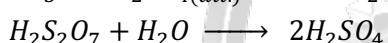
## স্পর্শ পদ্ধতিতে (Contact Process) সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন

14.0

ক্ষেত্রে সালফারকে বাতাসের সাথে মিশিয়ে উত্পন্ন করে সালফার ডাই অক্সাইডে পরিণত করা হয়। প্রাণ্ট  $SO_2$  কে আবারো বাতাসের অক্সিজেনের সাথে মিশিয়ে প্রভাবক  $V_2O_5$  এর উপস্থিতিতে  $450^{\circ}C$  তাপমাত্রায় উত্পন্ন করে সালফার ট্রাই অক্সাইডে রূপান্তর করা হয়। এভাবে প্রাণ্ট  $SO_3$  গ্যাস কে শোষক স্তম্ভ (*Absorption Tower*) নিচে থেকে এবং উপর থেকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরি হয়। পরবর্তীতে এতে পর্যাপ্ত পরিমাণ পানি মিশিয়ে প্রয়োজনীয় ঘনমাত্রার সালফিউরিক অ্যাসিড বাজারে বিক্রয় করা হয়।



সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ধাপ



একারণে পানিতে  $SO_3$  গ্যাসকে দ্রব্যভূত না করে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষিত করা হয়।

সমগ্র শিল্পোৎপাদন প্রক্রিয়ায় দ্বিতীয় ধাপ অর্থাৎ,  $SO_2$  কে জারিত করে  $SO_3$  গ্যাসে

রূপান্তর সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ধাপ বলে বিবেচিত হয়; কারণ এটি উভয়েই প্রক্রিয়া।



বিক্রিয়াটির উপর লা-শাতেলিয়ারের নীতির প্রয়োগ নিচে আলোচনা করা হলো-

### ১/ তাপমাত্রার প্রভাবঃ বিক্রিয়াটি তাপোৎপাদনী হওয়ায় লা-শাতেলিয়ারের নীতি অনুসারে তাপমাত্রা

যতো কম হবে, বিক্রিয়াটি তত সম্মুখবর্তী হবে; অর্থাৎ,  $SO_3$  এর উৎপাদন ততো বৃদ্ধি পাবে। সুতরাং, নিম্ন তাপমাত্রাতেই  $SO_3$  বেশি উৎপাদিত হবার কথা। কিন্তু নিম্ন তাপমাত্রায় বিক্রিয়ক অণুসমূহের গতিশক্তি যথেষ্ট কমে যায় এবং পরস্পরের মধ্যে সংঘর্ষের সংখ্যাও কমে যায়। একক সময়ে সংঘর্ষের সংখ্যার উপর বিক্রিয়ার সামগ্রিক গতি (*overall speed*) নির্ভরশীল।

মোটকথা, নিম্ন তাপমাত্রায়  $SO_3$  এর শতকরা উৎপাদন বেশি হয়। তবে, উচ্চ তাপমাত্রায়  $SO_3$  এর মোট উৎপাদন বাঢ়ে।

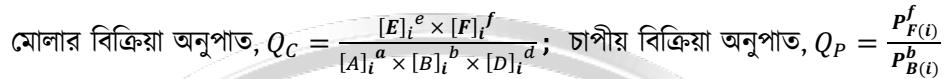
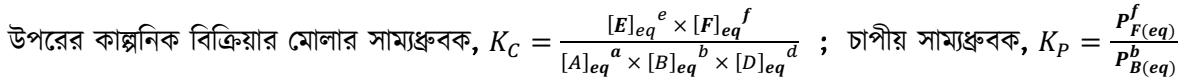
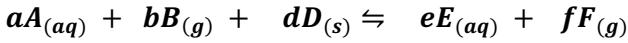
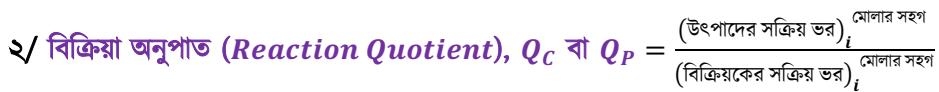
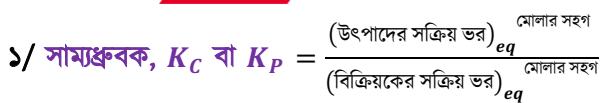
এই দুটি বিপরীত শর্তের জন্য বাণিজ্যিক্ষেত্রে সর্বাধিক মুনাফা নিশ্চিতকরণের লক্ষ্যে এদের মধ্যবর্তী একটি অত্যানুকূল তাপমাত্রা নির্ধারণ করা হয় যা  $400 - 450^{\circ}C$ ।

**২/ চাপের প্রভাবঃ** বিক্রিয়াটিতে  $\Delta n_{(g)} = 2 - (2 + 1) = -1$ ; অর্থাৎ, গ্যাসীয় অণুর সংখ্যা এক একক হ্রাস পায়। সুতরাং, উচ্চচাপে বিক্রিয়াটি সম্মুখবর্তী হয়ে  $SO_3$  এর শতকরা উৎপাদন বাঢ়ায়। তবে, অতিরিক্ত উচ্চচাপ প্রয়োগের প্রয়োজন পড়ে না; কারণ, মাত্র  $1.7 \text{ atm}$  চাপেই  $99.5\%$   $SO_2$  জারিত হয়ে উৎপাদ  $SO_3$  গঠন করে। ফলে এক্ষেত্রে অত্যানুকূল চাপ  $1.7 \text{ atm}$ ।

**৩/ ঘনমাত্রার প্রভাবঃ** বিক্রিয়াটি সাম্যবস্থায় পৌঁছানোর পর যদি বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠ থেকে উৎপন্ন  $SO_3$  গ্যাস অপসারণ করা হয় এবং বাইরে থেকে আরো  $SO_2$  ও  $O_2$  গ্যাসকে বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করানো হয় তবে লা-শাতেলিয়ারের নীতি অনুযায়ী  $SO_3$  এর উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে। এজন্য প্রভাবক প্রকোষ্ঠ (*catalytic chamber*) থেকে ক্রমাগত  $SO_3$  গ্যাস শোষক স্তম্ভে নিয়ে যাওয়া হয়।

**৪/ প্রভাবকের প্রভাবঃ** স্পর্শ পদ্ধতিতে বাণিজ্যিকভাবে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনের ক্ষেত্রে ভ্যানাডিয়াম পেন্টা অক্সাইড ( $V_2O_5$ ) ছূর্ণ বা, প্লাটিনাম ছূর্ণ ব্যবহার করা হয়।

বাণিজ্যিকভাবে স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনের



যেকোনো মুহূর্তে  $Q_C < K_C$  বা,  $Q_P < K_P$  হলে, ঐ মুহূর্তে বিক্রিয়াটি সম্মুখবর্তী।

$Q_C > K_C$  বা,  $Q_P > K_P$  হলে, ঐ মুহূর্তে বিক্রিয়াটি পশ্চাত্বর্তী।

$Q_C = K_C$  বা,  $Q_P = K_P$  হলে, ঐ মুহূর্তে বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় বিরাজমান।

### ৩/ সক্রিয় ভর বলতে,

তরলে দ্রবীভূত অবস্থায় বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার মান বোঝায়;

গ্যাসীয় অবস্থায় বিক্রিয়কের আংশিক চাপের মানকে বোঝায়;

এবং, বিশুদ্ধ তরল ও কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে ১ ধরা হয়।

### ৪/ যেকোনো বিক্রিয়ার $K_C$ এবং $K_p$ এর মধ্যে সম্পর্কঃ $K_P = K_C (RT)^{\Delta n(g)}$

এখানে,  $\Delta n(g)$  = গ্যাসীয় উৎপাদের মোলসংখ্যা – গ্যাসীয় বিক্রিয়কের মোলসংখ্যা

### ৫/ ভ্যাট্ট হফ সমীকরণঃ $K_P = V_C \cdot e^{-\frac{\Delta H}{RT}}$ বা, $\ln K_P = -\frac{\Delta H}{RT} + V'_C$

এখানে,  $V_C$  একটি ধ্রুবক; যা মূলত ঐ বিক্রিয়ার আদর্শ এন্ট্রপির পরিবর্তন ও মোলার গ্যাস ধ্রুবকের অনুপাত প্রকাশ করে।

অর্থাৎ,  $V_C = \frac{\Delta S^0}{R}$  এবং,  $\Delta H$  = ঐ বিক্রিয়ার এনথালপির পরিবর্তন।

### ৬/ উত্তমুর্থী বিক্রিয়ার জন্য মুক্ত শক্তির পরিবর্তন, $\Delta G = -RT \ln K$ [এখানে, $K$ = বিক্রিয়ার সাম্যধৰ্মক]

$\Delta G = -ve$  হলে, বিক্রিয়াটি সম্মুখবর্তী।

$\Delta G = +ve$  হলে, বিক্রিয়াটি পশ্চাত্বর্তী।

$\Delta G = 0$  হলে, বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় বিরাজমান।

### ৭/ বিভিন্ন শিল্পোৎপাদনের ক্ষেত্রে বহুল ব্যবহৃত কিছু তাপ উৎপাদনকারী জ্বালানী—

ক) কোল গ্যাস  $\rightarrow CH_4, H_2, CO, N_2$ , ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন ও বেনজিন-বাস্প এর মিশ্রণ যা বিটুমিন কয়লার বিধ্বংসী পাতনের মাধ্যমে তৈরি করা হয়।

খ) ওয়াটার গ্যাস  $\rightarrow CO + H_2$

গ) সংশ্লেষ গ্যাস  $\rightarrow CO + 3H_2$

ঘ) প্রোডিউসার গ্যাস  $\rightarrow 2CO + N_2$

### বিয়োজন বনাম বিয়োজন

#### Dissociation Vs Decomposition

##### বিয়োজন(Dissociation)/আয়নায়ন/আয়নিতকরণ(Ionization)



বিয়োজন বলতে জলীয় দ্রবণে বিয়োজন বোঝায়; যেখানে আয়ন তৈরি হয়। বিয়োজন এবং আর্দ্ধবিশ্লেষণ একই নয়।

##### বিয়োজন(Decomposition)



বিয়োজন বলতে মূলত তাপবিয়োজন(thermal decomposition) বোঝায়; যেখানে আয়ন তৈরি না হয়ে মৌগ তৈরি হয়।

## ক। সাম্যাবস্থা সম্পর্কিত সমস্যাবলী

**প্রশ্ন- ১/** উভয়ী বিক্রিয়ার বৈশিষ্ট্য হলো -

- (ক) বিক্রিয়াটি শেষ হয়
- (খ) উভয়দিকের বিক্রিয়ার হার সমান হয় না
- (গ) সাম্যাবস্থায় আসার প্রবণতা
- (ঘ) প্রভাবকের ভূমিকা আছে

[চা বো ২৩]

**প্রশ্ন- ৯/** কোনটি রাসায়নিক সাম্যাবস্থার নিয়ামক নয়? [BUET 12-13]

- (a) প্রভাবক
- (b) তাপমাত্রা
- (c) ঘনমাত্রা
- (d) চাপ

**সমাধানঃ** (a)

**প্রশ্ন- ১০/** একটি উদ্বায়ী তরলকে আবদ্ধ পাত্রে রাখা হলে যে তাপমাত্রায় বাস্প এবং তরলের মধ্যে সাম্যাবস্থা অর্জিত হয় তা হল- [RUET 12-13]

- (a) কক্ষ তাপমাত্রা
- (b) স্ফুটনাক্ষ তাপমাত্রা
- (c) হিমাংক তাপমাত্রা
- (d) যে কোন তাপমাত্রা

**সমাধানঃ** (d)

**প্রশ্ন- ১১/** নিচের কোনটি আয়নিক এবং সমস্ত সাম্যাবস্থার উদাহরণ?

- (a)  $NH_4Cl(s) \rightleftharpoons NH_3(g) + HCl(g)$
- (b)  $NH_4Cl(aq) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$
- (c)  $C_{12}H_{22}O_{11}(s) \rightleftharpoons C_{12}H_{22}O_{11}(aq)$
- (d)  $CaCO_3(s) \rightleftharpoons Ca^{2+}(g) + CO_3^{2-}(g)$

**সমাধানঃ** (b)

[BUET 11-12]

**প্রশ্ন- ১২/** রাসায়নিক সাম্যাবস্থার ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয় কোনটি? [JU 21-22]

- (i) বিক্রিয়ার উভয় দিক থেকেই সাম্যাবস্থায় পৌঁছানো যায়
  - (ii) বিক্রিয়ায় অসম্পূর্ণতা থাকে না
  - (iii) সম্মুখ ও পশ্চাত্মুখী বিক্রিয়ার গতিবেগ ভিন্ন হয়
  - (iv) বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থসমূহ সব সময় একই ভৌত অবস্থায় থাকে
- নিচের কোনটি সঠিক?
- (a) ii, iii, iv
  - (b) i, ii, iii
  - (c) i, ii, iv
  - (d) i, iii

**সমাধানঃ** (a)

**প্রশ্ন- ১৩/** কোন উক্তিগুলো সঠিক?

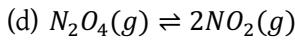
[JU 21-22]

- (i) কোনো বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় পৌঁছায় যখন বিক্রিয়াটি আবদ্ধ পাত্রে সম্পন্ন হয়
  - (ii) সাম্যাবস্থায় সম্মুখ বিক্রিয়া স্থির হয়ে যায়
  - (iii) সাম্যাবস্থায় পশ্চাত্মুখী বিক্রিয়া স্থির হয়ে যায়
  - (iv) সাম্যাবস্থা আসলে গতিশীল সাম্য
- নিচের কোনটি সঠিক?
- (a) i, ii, iv
  - (b) i, iii
  - (c) i, iv
  - (d) ii, iii, iv

**সমাধানঃ** (c)

**প্রশ্ন- ১৪/** বিক্রিয়গুলোর কোনটিতে সাম্যুৎপক্ষ একটি মাত্র পদার্থের ঘনমাত্রার উপর নির্ভর করে? [RU 22-23]

- (a)  $C(s) + O_2(g) \rightleftharpoons 2CO(g)$
- (b)  $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$
- (c)  $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$



সমাধানঃ (c) |  $K_c = [CO_2]$

**প্রশ্ন- ১৫/** কোন উক্তিটি সঠিক?

[JU 21-22]

(a) নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সাম্যধৰণকের মান বিক্রিয়কসমূহের প্রাথমিক ঘনমাত্রার উপর নির্ভর করে

(b) প্রভাবকের উপস্থিতিতে সম্মুখ ও পশ্চাত্মক বিক্রিয়ার গতিবেগ সমভাবে বৃদ্ধি না পেলেও সাম্যধৰণকের মানের পরিবর্তন ঘটে না

(c) প্রভাবকের উপস্থিতিতে সম্মুখ ও পশ্চাত্মক বিক্রিয়ার গতিবেগ সমভাবে বৃদ্ধি পায় বলে সাম্যধৰণকের মানের পরিবর্তন ঘটে না

(d) নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সাম্যধৰণকের মান বিক্রিয়কসমূহের সর্বশেষ ঘনমাত্রার উপর নির্ভর করে

সমাধানঃ (b)

**প্রশ্ন- ১৬/** কোনো বিক্রিয়ার সাম্যধৰণক এবং হার ধৰণক উভয়ই যে নিয়ামক দ্বারা প্রভাবিত হয় তা হলো-

[DU 15-16]

(a) শুধু প্রভাবক

(b) শুধু তাপমাত্রা

(c) শুধু চাপ

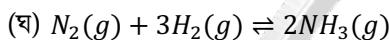
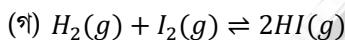
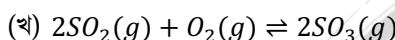
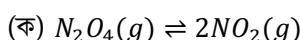
(d) তাপমাত্রা, চাপ এবং ঘনমাত্রা

সমাধানঃ (b)

### খ। লা-শাতেলিয়ের নীতি, সাম্যধৰণক, নিয়ামক ও $\Delta n$ সম্পর্কিত সমস্যাবলী

**প্রশ্ন- ১/** নিচের কোন বিক্রিয়ায়  $\Delta n > 0$ ?

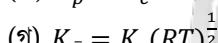
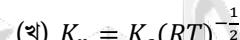
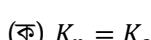
[দি বো ২৩]



সমাধানঃ (ক)

**প্রশ্ন- ২/**  $AB_2(g) + \frac{1}{2}B_2(g) \rightleftharpoons AB_3(g)$  বিক্রিয়াটিতে  $K_p$  এবং  $K_C$  এর মধ্যে সম্পর্কের সমীকরণ কোনটি?

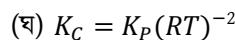
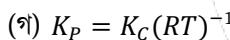
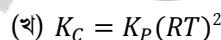
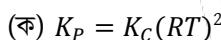
[চ বো ২৩]



সমাধানঃ (খ)

**প্রশ্ন- ৩/**  $A_2(g) + 3B_2(g) \rightleftharpoons 2AB_3(g)$ ; বিক্রিয়ার জন্য  $K_p$  এবং  $K_C$  এর মধ্যে সম্পর্ক কোনটি?

[সি বো ২৩]



সমাধানঃ (খ)

**প্রশ্ন- ৪/** সাম্যধৰণকের মান নিম্নের কোনটির উপর নির্ভর করে?

- (ক) চাপ (খ) তাপমাত্রা (গ) ঘনমাত্রা (ঘ) প্রভাবক

সমাধানঃ (খ)

[ব বো ২৩]

**প্রশ্ন- ৫/** সাম্য ধৰণকের মান -

[ম বো ২৩]

i. তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল

ii. প্রভাবক দ্বারা প্রভাবিত হয় না

iii. ক্ষুদ্র হলে মিশ্রণে বিক্রিয়ক বেশি থাকে

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

সমাধানঃ (ঘ)

**প্রশ্ন- ৬/**  $M_2(g) + D_2(g) \rightleftharpoons 2MD(g); \Delta H = +ve$  এই বিক্রিয়ায় -

[রা বো ২৩]

i. তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে উৎপাদন বৃদ্ধি পায়

ii. সাম্য ধৰণক  $K_p$  ও  $K_c$  এর মান সমান নয়

iii. সাম্যবস্থার উপর চাপের প্রভাব নেই

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

সমাধানঃ (গ)

**প্রশ্ন- ৭/**  $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g); \Delta H = +124 KJ mol^{-1}$

বিক্রিয়াটিতে চাপ হ্রাস করলে-

[দি বো ২৩]

i.  $Cl_2$  এর পরিমাণ বৃদ্ধি পায়

ii. বিক্রিয়া সম্মুখমুখী হয়

iii.  $K_p$  এর মান বৃদ্ধি পায়

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

সমাধানঃ (ক)

**প্রশ্ন- ৮/**  $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g); \Delta H = +41 kJ/mol$

i. তাপমাত্রা বাড়লে সাম্যবস্থায় ডান দিকে সরে যাবে

ii. চাপ বাড়লে সাম্যবস্থার কোনো পরিবর্তন হয় না

iii. বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বাড়লে পশ্চাত্মক বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি পায়

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

সমাধানঃ (ক)

**প্রশ্ন- ৯/**  $2AB_2(g) + C_2(g) \rightleftharpoons 2AC(g) + 2B_2(g); \Delta H = -X kJ mol^{-1}$

বিক্রিয়াটির -

[ব বো ২৩]

i. চাপ বৃদ্ধি করলে উৎপাদ হ্রাস পাবে

ii. তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে উৎপাদ হ্রাস পাবে

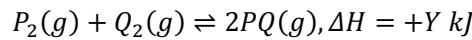
iii. বিক্রিয়াটির উভর দিকের সুগম্যতা আছে

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

সমাধানঃ (ঘ)

**নিচের বিক্রিয়া হতে ১০ ও ১১ নং প্রশ্নের উভর দাও:** [ঢ বো ২৩]



**প্রশ্ন- ১০/** উদ্ধীপকের বিক্রিয়াটিতে চাপের প্রভাব কীরূপ হবে?

(ক) চাপ বাড়লে উৎপাদ কম

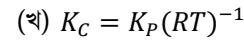
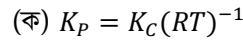
(খ) চাপ কমালে উৎপাদ বাড়ে

(গ) চাপের প্রভাব নেই

(ঘ)  $K_p$  এর উপর প্রভাব নেই

সমাধানঃ (গ) ও (ঘ) উভয়ই সঠিক উভর

**প্রশ্ন- ১১/** উদ্ধীপকের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে  $K_p$  ও  $K_c$  এর মধ্যে সম্পর্ক কোনটি?

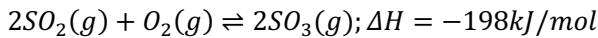


(গ)  $K_p = K_c$

(ঘ)  $K_p = K_c(RT)^2$

সমাধানঃ (গ)

নিচের উদ্দীপকটি থেকে পরবর্তী প্রশ্ন দুটির উত্তর দাও: [য বো ২৩]



প্রশ্ন- ১২/  $K_p$  ও  $K_c$  এর সম্পর্ক কোনটি?

(ক)  $K_p = K_c(RT)^{-1}$

(খ)  $K_p = K_c(RT)$

(গ)  $K_p = K_c(RT)^{-2}$

(ঘ)  $K_c = K_p(RT)^{-1}$

সমাধানঃ (ক)

প্রশ্ন- ১৩/ বিক্রিয়াটির বৈশিষ্ট্য হলো—

i. সম্মুখ বিক্রিয়ার আয়তনের সংকোচন ঘটে

ii. অধিক পরিমাণ  $O_2$  যোগে বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা বামে সরে যাবে

iii. পশ্চাত্মক বিক্রিয়াটি তাপহারী হবে

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii

(খ) ii ও iii

(গ) i ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

সমাধানঃ (গ)

প্রশ্ন- ১৪/  $2AB \rightleftharpoons A_2 + B_2; \Delta H = +ve$  এই বিক্রিয়ার জন্য

কোনটি সঠিক?

[ঢ বো ২২]

(ক)  $K_p = K_c(RT)^2$

(খ)  $K_p = K_c(RT)$

(গ)  $K_p = K_c$

(ঘ)  $K_p = K_c(RT)^3$

সমাধানঃ (গ)

প্রশ্ন- ১৫/  $K_c$  এর মানের ক্ষেত্রে কোনটি সঠিক?

[ঢ বো ২২]

(ক) এর মান 1 হতে পারে

(খ) এর মান প্রভাবকের উপর নির্ভর করে

(গ) এর মান চাপের উপর নির্ভর করে

(ঘ) এর মান অসীম হতে পারে

সমাধানঃ (ক)

প্রশ্ন- ১৬/ নিচের কোন বিক্রিয়ায়  $K_p = K_c$ ?

[ম বো ২২]

(ক)  $A_2 + B_2 \rightleftharpoons 2AB$

(খ)  $A_2 + 3B_2 \rightleftharpoons 2AB_3$

(গ)  $C + 2D \rightleftharpoons A$

(ঘ)  $C + D \rightleftharpoons 3A$

সমাধানঃ (ক)

প্রশ্ন- ১৭/  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ ; বিক্রিয়ায়  $K_p$  এর

একক কোনটি?

[চ বো ২১, য বো ২২, রা বো ২২]

(ক)  $atm$

(খ)  $atm^2$

(গ)  $atm^{-1}$

(ঘ)  $atm^{-2}$

সমাধানঃ (ঘ)

প্রশ্ন- ১৮/  $AB(g) \rightleftharpoons A(g) + B(g)$ ; বিক্রিয়াটিতে  $K_p$  একক কোনটি?

[ক্রু বো ২২]

(ক)  $atm$

(খ)  $atm^2$

(গ)  $atm^{-1}$

(ঘ)  $atm^{-2}$

সমাধানঃ (ক)

প্রশ্ন- ১৯/  $A_2 + B_2 \rightleftharpoons 2AB$ ; বিক্রিয়াটির  $25^\circ C$  তাপমাত্রায় ও  $1.5$  atm চাপে  $K_p$  এর মান  $5.6$  হলে  $K_c$  এর মান কত? [চ বো ২২]

(ক) 7.5

(খ) 5.6

(গ) 3.6

(ঘ) 2.8

সমাধানঃ (খ)

প্রশ্ন- ২০/ কোন বিক্রিয়াটির  $K_c$  এর একক  $mol^{-1}L$ ? [চ বো ২২]

(ক)  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$

(খ)  $2NH_3 \rightleftharpoons N_2 + 3H_2$

(গ)  $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$

(ঘ)  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

সমাধানঃ (গ)

প্রশ্ন- ২১/  $X_2 + Y_2 \rightleftharpoons 2XY$ ; বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে কোনটি প্রযোজ্য?

(ক)  $K_p > K_c$       (খ)  $K_p = K_c$       (গ)  $K_p < K_c$       (ঘ)  $K_p \neq K_c$

সমাধানঃ (খ)

[চ বো ২২]

প্রশ্ন- ২২/ মোলার ঘনমাত্রায় প্রকাশিত সাম্যান্তরিক কোনটি? [সি বো ২২]

(ক)  $K_p$

(খ)  $K_c$

(গ)  $K_W$

(ঘ)  $K_a$

সমাধানঃ (খ)

প্রশ্ন- ২৩/  $2A_2(g) + B_2(g) \rightleftharpoons 2A_2B(g); \Delta H = (+)ve$  এই

বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে প্রযোজ্য-

[ঢ বো ২২]

i.  $K_p$  এর একক  $atm^{-2}$

ii. তাপমাত্রা বাড়লে উৎপাদন বাড়ে

iii. হার ধ্রুবক নির্দিষ্ট

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii

(খ) ii ও iii

(গ) i ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

সমাধানঃ (খ)

প্রশ্ন- ২৪/  $A_2(g) + B_2(g) \rightleftharpoons 2AB(g); \Delta H = +ve$  উদ্দীপক

অনুসারে-

[ম বো ২২]

i. বিক্রিয়াটি তাপহারী

ii. সাম্যান্তরিক  $K_p$  ও  $K_c$  এর মান সমান

iii. সাম্যাবস্থার উপর চাপের প্রভাব নেই

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii

(খ) i ও iii

(গ) ii ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

সমাধানঃ (ঘ)

প্রশ্ন- ২৫/  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g) + 44.8 \text{ kCal}$

বিক্রিয়াটিতে তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে -

[রা বো ২২]

i.  $SO_2$  এর পরিমাণ হ্রাস পায়

ii.  $K_c$  এর মান হ্রাস পায়

iii. বিক্রিয়া পশ্চাত্মক হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii

(খ) ii ও iii

(গ) i ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

সমাধানঃ (খ)

নিচের উদ্দীপকের আলোকে ২৬ ও ২৭ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:

$$2AB(g) + B_2(g) \rightleftharpoons 2AB_3(g); \Delta H = -Ve$$

[ম বো ২২]

প্রশ্ন- ২৬/ সাম্য বিক্রিয়াটিতে -

i.  $K_p$  একক  $atm^{-1}$

ii.  $K_c = K_p RT$

iii. তাপমাত্রা পরিবর্তনে  $K_p$  এর মান পরিবর্তিত হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii

(খ) ii ও iii

(গ) i ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

সমাধানঃ (ঘ)

প্রশ্ন- ২৭/ সাম্য বিক্রিয়াটিতে  $AB_3(g)$  এর উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে -

i. তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে

ii. চাপ বৃদ্ধি করলে

iii. বিক্রিয়ার পাত্র থেকে  $AB_3$  গ্যাস অপসারণ করলে

(ক) i ও ii

(খ) ii ও iii

(গ) i ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

সমাধানঃ (ঘ)

**প্রশ্ন- ২৮/** নিম্নের কোন বিক্রিয়ায়-  $K_p > K_c$ ?

- (ক)  $\frac{1}{2}H_2(g) + \frac{1}{2}I_2(g) \rightleftharpoons HI(g)$   
 (খ)  $\frac{1}{2}N_2(g) + \frac{3}{2}H_2(g) \rightleftharpoons NH_3(g)$   
 (গ)  $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$   
 (ঘ)  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$

**সমাধানঃ** (গ)

**প্রশ্ন- ২৯/** কীসের পরিবর্তনের ফলে সাম্য প্রক্রিয়ার মান পরিবর্তিত হয়?

- (ক) তাপমাত্রা      (খ) ঘনমাত্রা      (গ) আয়তন      (ঘ) প্রভাবক

**সমাধানঃ** (ক)

[রা বো ২১]

**প্রশ্ন- ৩০/**  $W + X \rightleftharpoons Y + Z$  সাম্যাবস্থার বিক্রিয়ার সম্মুখ্যমুখ্য বিক্রিয়ার হারাঙ্গবক  $K_1$  ও পশ্চাত্মক বিক্রিয়ার হারাঙ্গবক  $K_2$  হলে সাম্যাঙ্গবক,  $K_c =$  কত? [সি বো ২১]

- (ক)  $K_1 \cdot K_2$       (খ)  $K_1^{-1} \cdot K_2$       (গ)  $K_1 \cdot K_2^{-1}$       (ঘ)  $K_1^{-1} \cdot K_2^{-1}$

**সমাধানঃ** (গ)

**প্রশ্ন- ৩১/** নিম্নের কোন বিক্রিয়ার ফলে  $K_p = K_c$  হবে? [সি বো ২১]

- (ক)  $A + B \rightleftharpoons 2L + M$       (খ)  $2A + B \rightleftharpoons L + 2M$   
 (গ)  $2A + B \rightleftharpoons L + M$       (ঘ)  $A + B \rightleftharpoons 2L + 2M$

**সমাধানঃ** (খ)

**প্রশ্ন- ৩২/**  $25^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায়  $RQ_5(g) \rightleftharpoons RQ_3(g) + Q_2(g)$

বিক্রিয়ার  $K_p = 0.14 \text{ atm}$  হলে  $K_c$  কত? [ফ বো ২১]

- (ক)  $5.72 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$       (খ)  $2.338 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$   
 (গ)  $5.62 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$       (ঘ)  $7.265 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$

**সমাধানঃ** (ক)

### গ) সাম্যাঙ্গবকের মান নির্ণয় সংক্রান্ত সমস্যাবলী

নিচের উদ্দীপকটি থেকে ১ এবং ২ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:  $X_2(g) + 3Y_2(g) \rightleftharpoons 2XY_3(g); \Delta H = -Ve$

বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থায়  $X_2$ ,  $Y_2$  এবং  $XY_3$  এর ঘনমাত্রা যথাক্রমে 0.18, 0.56 এবং  $0.12 \text{ mol L}^{-1}$

**প্রশ্ন- ১/** বিক্রিয়াটি  $K_c$  এর মান হলো—

- (ক) 0.45      (খ) 1.19      (গ) 2.2      (ঘ) 2.9

$$\text{সমাধানঃ (ক)} | K_c = \frac{[XY_3]^2}{[X_2] \times [Y_2]^3} = \frac{(0.12)^2}{(0.18) \times (0.56)^3} = 0.45$$

**প্রশ্ন- ২/** উদ্দীপকে উল্লিখিত বিক্রিয়ার  $XY_3$  এর উৎপাদন বৃদ্ধিতে গৃহীত পদক্ষেপ -

- i. তাপমাত্রা বাড়াতে হবে      ii. চাপ বাড়াতে হবে      iii.  $XY_3$  বিক্রিয়া পাত্র থেকে সরিয়ে দিতে হবে

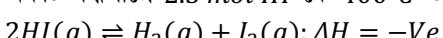
নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii      (খ) ii ও iii      (গ) i ও iii      (ঘ) i, ii ও iii

**সমাধানঃ** (খ)

প্রদত্ত উদ্দীপক হতে ৩ ও ৪ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

একটি বন্ধপাত্রে  $2.5 \text{ mol } HI$  কে  $400^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় উত্পন্ন করা হল। সাম্যাবস্থায়  $25\% HI$  বিয়োজিত হয়।

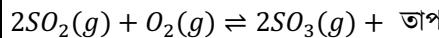


**প্রশ্ন- ৩/** উদ্দীপকের বিক্রিয়াটির  $K_p$  এর মান কত?

- (ক) 0.16      (খ) 0.0277      (গ) 0.0177      (ঘ) 0.0123

$$\text{সমাধানঃ (খ)} | \begin{array}{cccc} 2HI(g) & \rightleftharpoons & H_2(g) & + \\ 2.5 & & 0 & 0 \\ 2x & & x & x \end{array} | \begin{array}{l} \text{প্রশ্নমতে, } 2x = 2.5 \text{ এর } 25\% \\ \text{বা, } x = 0.3125 \text{ mol} \end{array}$$

উদ্দীপকটি পড়ো এবং পরবর্তী দুটি প্রশ্নের উত্তর দাও: [কু বো ১৯]



**প্রশ্ন- ৩৩/** উদ্দীপকের বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা কমালে কী ঘটে না?

- (ক)  $K_c$  এর মান বৃদ্ধি পায়      (খ)  $K_p$  এর মান বৃদ্ধি পায়  
 (গ) বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায়      (ঘ) সাম্যাবস্থা বাম দিকে যায়

**সমাধানঃ** (গ)

**প্রশ্ন- ৩৪/** উদ্দীপকের বিক্রিয়ার জন্য  $K_p$  এর একক কোণটি?

- (ক) atm      (খ)  $atm^{-1}$       (গ)  $atm^2$       (ঘ)  $atm^{-2}$

**সমাধানঃ** (খ)

**প্রশ্ন- ৩৫/**  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$  সমীকরণটির সাম্যাঙ্গবক  $K_1$

হারাঙ্গবক  $K_2$  হলে,  $\frac{1}{2}N_2(g) + \frac{3}{2}H_2(g) \rightleftharpoons NH_3(g)$  সমীকরণটির সাম্যাঙ্গবক  $K_2$

কত? [রা বো ১৭]

$$(ক) K_2 = \frac{1}{\sqrt{K_1}}$$

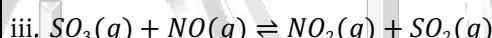
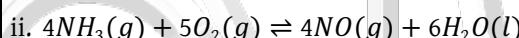
$$(খ) K_2 = K_1$$

$$(গ) K_2 = \sqrt{K_1}$$

$$(ঘ) K_2 = \frac{1}{2}K_1$$

**সমাধানঃ** (গ)

**প্রশ্ন- ৩৬/** স্থির তাপমাত্রায় আয়তন পরিবর্তন কোন বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় প্রভাব বিস্তার করবে? [ফ বো ১৭]



নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii      (খ) i ও iii      (গ) ii ও iii      (ঘ) i, ii ও iii

**সমাধানঃ** (ক)

[চ বো ২৩, রা বো ২৩]

নিচের উদ্দীপকটি থেকে ১ এবং ২ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:  $X_2(g) + 3Y_2(g) \rightleftharpoons 2XY_3(g); \Delta H = -Ve$

বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থায়  $X_2$ ,  $Y_2$  এবং  $XY_3$  এর ঘনমাত্রা যথাক্রমে 0.18, 0.56 এবং  $0.12 \text{ mol L}^{-1}$

**প্রশ্ন- ১/** বিক্রিয়াটি  $K_c$  এর মান হলো—

- (ক) 0.45      (খ) 1.19      (গ) 2.2      (ঘ) 2.9

$$\text{সমাধানঃ (ক)} | K_c = \frac{[XY_3]^2}{[X_2] \times [Y_2]^3} = \frac{(0.12)^2}{(0.18) \times (0.56)^3} = 0.45$$

**প্রশ্ন- ২/** উদ্দীপকে উল্লিখিত বিক্রিয়ার  $XY_3$  এর উৎপাদন বৃদ্ধিতে গৃহীত পদক্ষেপ -

- i. তাপমাত্রা বাড়াতে হবে      ii. চাপ বাড়াতে হবে      iii.  $XY_3$  বিক্রিয়া পাত্র থেকে সরিয়ে দিতে হবে

নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii      (খ) ii ও iii      (গ) i ও iii      (ঘ) i, ii ও iii

**সমাধানঃ** (খ)

প্রদত্ত উদ্দীপক হতে ৩ ও ৪ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

একটি বন্ধপাত্রে  $2.5 \text{ mol } HI$  কে  $400^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় উত্পন্ন করা হল। সাম্যাবস্থায়  $25\% HI$  বিয়োজিত হয়।



**প্রশ্ন- ৩/** উদ্দীপকের বিক্রিয়াটির  $K_p$  এর মান কত?

- (ক) 0.16      (খ) 0.0277      (গ) 0.0177      (ঘ) 0.0123

$$\text{সমাধানঃ (খ)} | \begin{array}{cccc} 2HI(g) & \rightleftharpoons & H_2(g) & + \\ 2.5 & & 0 & 0 \\ 2x & & x & x \end{array} | \begin{array}{l} \text{প্রশ্নমতে, } 2x = 2.5 \text{ এর } 25\% \\ \text{বা, } x = 0.3125 \text{ mol} \end{array}$$

$$K_c = \frac{[H_2] \times [I_2]}{[HI]^2} = \frac{(0.3125)^2}{(2.5 - 2 \times 0.3125)^2}$$

$$\therefore K_c = 0.0277$$

বিক্রিয়াটির  $\Delta n = 0$  হওয়ায়,  $K_p = K_c = 0.0277$

**প্রশ্ন- ৪/** উদ্বৃত্তিকে বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে -

i. তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে সাম্যের অবস্থান বামদিকে সরে যায়  
নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii

(খ) ii ও iii

(গ) i ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

**সমাধান:** (গ) | বিক্রিয়াটির  $\Delta n = 0$  হওয়ায়,  $K_p$  এর মানের উপর চাপের কোনো প্রভাব নেই।

উদ্বৃত্তিক্ষেত্র লক্ষ কর এবং ৫ ও ৬ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:

iii.  $K_p$  ও  $K_c$  এর মান সমান

[সি বো ২৩]

$PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$  বিক্রিয়ার  $25^{\circ}C$  তাপমাত্রায় এবং  $3\text{ atm}$  চাপে  $PCl_5$  80% বিয়োজিত হয়।

**প্রশ্ন- ৫/** উদ্বৃত্তিকের বিক্রিয়ার  $K_p$  এর মান কত?

(ক)  $2.33\text{ atm}$

(খ)  $3.33\text{ atm}$

(গ)  $4.33\text{ atm}$

(ঘ)  $5.33\text{ atm}$

$$\begin{array}{c|ccccc} \text{সমাধান:} & (g) & PCl_5(g) & \rightleftharpoons & PCl_3(g) + Cl_2(g) \\ & 100 & 0 & & 0 \\ & (100-x) & x & & x \\ \hline & & & & \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \text{প্রশ্নমতে, } x = 100 \times 80\% \\ \text{বা, } x = 80\text{ mol} \end{array} \right| \quad \left. \begin{array}{l} K_p = \frac{P_{PCl_3} \times P_{Cl_2}}{P_{PCl_5}} = \frac{\left(\frac{x}{100+x}\right) \times 3}{\left(\frac{100-x}{100+x}\right) \times 3} \\ \therefore K_p = 5.33 \end{array} \right|$$

সাম্যাবস্থায় মোট মৌল সংখ্যা  $= (100-x) + x + x = (100+x)$

**প্রশ্ন- ৬/** উদ্বৃত্তিকের ক্ষেত্রে -

i.  $Cl_2$  এর আংশিক চাপ  $1.332\text{ atm}$

ii.  $PCl_5$  এর মৌল ভগ্নাংশ  $0.111$

iii. চাপ বৃদ্ধি করলে  $PCl_3$  এর উৎপাদন কমে

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii

(খ) ii ও iii

(গ) i ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

**সমাধান:** (ঘ) |  $PCl_5$  এর মৌল ভগ্নাংশ,  $X_{PCl_5} = \frac{100-x}{100+x} = 0.111$ ;  $Cl_2$  এর আংশিক চাপ,  $P_{Cl_2} = \left(\frac{x}{100+x}\right) \times 3 = 1.332\text{ atm}$

**প্রশ্ন- ৯/**  $450^{\circ}C$  তাপমাত্রায়  $H_2$  35% বিয়োজিত হলে  $K_p$  এর মান কত?

(ক)  $0.8250\text{ atm}$

(খ)  $0.7250\text{ atm}$

(গ)  $0.0825\text{ atm}$

(ঘ)  $0.0725\text{ atm}$

$$\begin{array}{c|ccccc} \text{সমাধান:} & (g) & 2HI(g) & \rightleftharpoons & H_2(g) + I_2(g) \\ & 100 & 0 & & 0 \\ & (100-2x) & x & & x \\ \hline & & & & \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \text{প্রশ্নমতে, } 2x = 100 \times 35\% \\ \text{বা, } x = 17.5\text{ mol} \end{array} \right| \quad \left. \begin{array}{l} K_p = \frac{[H_2] \times [I_2]}{[HI]^2} = \frac{(17.5)^2}{(100-2 \times 17.5)^2} \\ \therefore K_p = 0.07248 \end{array} \right|$$

$\Delta n = 0$  হওয়ায়,  $K_p = K_c = 0.07248$

**প্রশ্ন- ১০/**  $25^{\circ}C$  তাপমাত্রায়  $N_2O_4$  এবং  $NO_2$  এর সাম্য মিশ্রণে তাদের আংশিক চাপ যথাক্রমে  $0.69\text{ atm}$  এবং  $0.31\text{ atm}$ ,  $N_2O_4$  এর বিয়োজন বিক্রিয়ার  $K_p$  এর মান কত?

(ক)  $0.349\text{ atm}$

(খ)  $0.249\text{ atm}$

(গ)  $0.449\text{ atm}$

(ঘ)  $0.139\text{ atm}$

**সমাধান:** (ঘ) |  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$   $\therefore K_p = \frac{P_{NO_2}^2}{P_{N_2O_4}} = \frac{(0.31)^2}{(0.69)} = 0.139$

নিচের তথ্যের আলোকে ১১ ও ১২ নং প্রশ্নের উত্তর দাও।

$T^{\circ}C$  তাপমাত্রা ও  $2.0\text{ atm}$  চাপে নিম্নের বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় আছে—  $A_2B_4(g) \rightleftharpoons 2AB_2(g); \Delta H = 55.3\text{ kJ}$

**প্রশ্ন- ১১/** বিক্রিয়াটির বিয়োজন মাত্রা 15% হলে  $K_p$  এর মান কত  $atm$ ?

(ক)  $0.351$

(খ)  $0.184$

(গ)  $0.176$

(ঘ)  $0.053$

$$\begin{array}{c|ccccc} \text{সমাধান:} & (g) & A_2B_4(g) & \rightleftharpoons & 2AB_2(g) \\ & 100 & 0 & & 2x \\ & (100-x) & 2x & & \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \text{প্রশ্নমতে, } x = 100 \times 15\% \\ \text{বা, } x = 15\text{ mol} \end{array} \right| \quad \left. \begin{array}{l} K_p = \frac{P_{AB_2}^2}{P_{A_2B_4}} = \frac{\left(\frac{2 \times 15}{100+15} \times 2\right)^2}{\frac{100-15}{100+15} \times 2} \\ \therefore K_p = 0.184 \end{array} \right|$$

সাম্যাবস্থায় মোট মৌল সংখ্যা  $= (100-x) + 2x = (100+x)$

**প্রশ্ন- ১২/** বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থা-

i. তাপমাত্রা বাড়ালে আরো  $AB_2$  উৎপন্ন হবে

ii. চাপ বাড়ালে  $K_p$  এর মান বাড়বে

iii.  $K_c = K_p(RT)^{-1}$

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii

(খ) ii ও iii

(গ) i ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

**সমাধান:** (ঘ) | বিক্রিয়াটির  $\Delta n = 2 - 1 = 1 \therefore K_p = K_c(RT)^{+1} \Rightarrow K_c = K_p(RT)^{-1}$

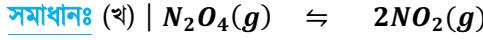
উদ্বৃত্তিকের আলোকে ১৩ ও ১৪ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:

[চি বো ১৯]

$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$  বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থায় বিয়োজন মাত্রা  $\alpha$  হলে এবং গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ  $P$ ।

প্রশ্ন- ১৩/ সাম্যাবস্থায়  $NO_2$  এর আংশিক চাপ হলো-

$$(ক) \frac{2\alpha \cdot P}{1-\alpha} \quad (খ) \frac{2\alpha \cdot P}{1+\alpha} \quad (গ) \frac{\alpha \cdot P}{1+\alpha} \quad (ঘ) \frac{\alpha \cdot P}{1-\alpha}$$



$$\begin{matrix} 1 & & 0 \\ 1-\alpha & & 2\alpha \end{matrix}$$

সাম্যাবস্থায় মোট মৌল সংখ্যা  $= (1-\alpha) + 2\alpha = 1 + \alpha$

সাম্যাবস্থায়  $NO_2$  এর আংশিক চাপ,  $P_{NO_2} = X_{NO_2} \times P$

$$\therefore P_{NO_2} = \frac{2\alpha}{1+\alpha} \times P$$

প্রশ্ন- ১৪/ উদ্দীপকের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে -

$$i. K_p = \frac{(1-\alpha) \cdot P}{\alpha} \quad ii. K_p = \frac{4\alpha^2 \cdot P}{1-\alpha^2} \quad iii. K_p = K_c(RT)$$

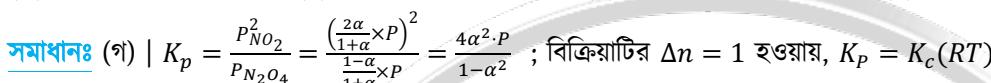
নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii

(খ) i ও iii

(গ) ii ও iii

(ঘ) i, ii ও iii



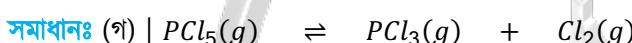
উদ্দীপকটি লক্ষ করো এবং ১৫ ও ১৬ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:

25°C তাপমাত্রায় 1.5 atm চাপে সাম্যাবস্থায় 15.6%  $PCl_5$  বিয়োজিত হয়।  $PCl_5$  এবং  $Cl_2$  গ্যাসের আংশিক চাপ যথাক্রমে 1.095 atm এবং 0.202 atm।

[ঢা বো ১৭]

প্রশ্ন- ১৫/  $K_p$  এর মান কত?

$$(ক) 2.74 \times 10^{-2} \text{ atm} \quad (খ) 2.84 \times 10^{-2} \text{ atm}$$



$$(গ) 3.74 \times 10^{-2} \text{ atm}$$

$$\therefore K_p = \frac{P_{PCl_3} \times P_{Cl_2}}{P_{PCl_5}} = \frac{(1.5 - 1.095 - 0.202) \times 0.202}{1.095} = 3.74 \times 10^{-2}$$

$$(ঘ) 5.74 \times 10^{-2} \text{ atm}$$

প্রশ্ন- ১৬/ উদ্দীপকের বিক্রিয়ায় যদি  $PCl_5$  যোগ করা হয়, তবে

i. বিক্রিয়া সম্মুখ দিকে অগ্রসর হবে

ii. বিক্রিয়া পশ্চাত দিকে অগ্রসর হবে

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii

(খ) i ও iii

(গ) iii

(ঘ) i, ii ও iii

সমাধানঃ (খ)

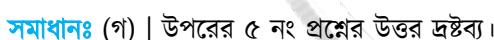
উদ্দীপকটি লক্ষ করো এবং ১৭ ও ১৮ নং প্রশ্নের উত্তর দাও:

25°C তাপমাত্রায় 1.0 atm চাপে 80%  $PCl_5$  বিয়োজিত হয়ে  $PCl_3$  এবং  $Cl_2$  উৎপন্ন হয়।

[ঢা বো ১৫]

প্রশ্ন- ১৭/  $K_p$  এর মান কত?

$$(ক) 1.67 \text{ atm} \quad (খ) 1.70 \text{ atm} \quad (গ) 1.78 \text{ atm} \quad (ঘ) 1.90 \text{ atm}$$



প্রশ্ন- ১৮/ যদি বিক্রিয়ায়  $Cl_2$  যোগ করা হয়, তবে—

i. বিক্রিয়া সম্মুখ দিকে অগ্রসর হবে

ii. বিক্রিয়া পশ্চাত দিকে অগ্রসর হবে

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i

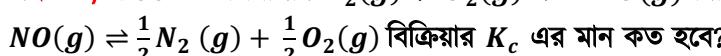
(খ) ii

(গ) i ও iii

(ঘ) i, ii ও iii

সমাধানঃ (ঘ)

প্রশ্ন- ১৯/ 700 K তাপমাত্রায়  $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$  বিক্রিয়ার সাম্যাক্ষ  $K_c$  এর মান 0.0625। 700 K তাপমাত্রায়



[KUET 18-19]

বিক্রিয়ার  $K_c$  এর মান কত হবে?

$$(a) 0.03125 \quad (b) 0.25 \quad (c) 3.9 \times 10^{-3} \quad (d) 0.375 \quad (e) 4$$

সমাধানঃ (e) | মূল বিক্রিয়াকে বিপরীত করে 2 দ্বারা ভাগ করলে দ্বিতীয় বিক্রিয়াটি পাওয়া যাবে। সুতরাং, নির্ণেয় বিক্রিয়ার  $K_c = \left(\frac{1}{0.0625}\right)^{1/2}$

প্রশ্ন- ২০/  $SO_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightleftharpoons SO_3(g); K_1$  এবং  $2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g); K_2$  তবে সাম্যাক্ষরক  $K_1$  এবং  $K_2$  এর

মধ্যে সম্পর্ক কোনটি?

[BUTEX 16-17]

$$(a) 2K_1 = K_2 \quad (b) K_1^2 = \frac{1}{K_2} \quad (c) K_2^2 = \frac{1}{K_1} \quad (d) K_2 = \frac{2}{K_1}$$

সমাধানঃ (b) |

প্রশ্ন- ২১/ 700 K তাপমাত্রায় ও 20 atm চাপে  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$  বিক্রিয়াটির সাম্যবস্থায় 21%  $N_2$  ও 16%  $NH_3$  থাকে। বিক্রিয়াটির  $K_p$  এর মান কত? [CUET 11-12]

- (a)  $1.097 \times 10^{-2} atm$       (b)  $4.6 \times 10^{-2} atm$       (c)  $1.2 \times 10^{-3} atm$       (d) None of these

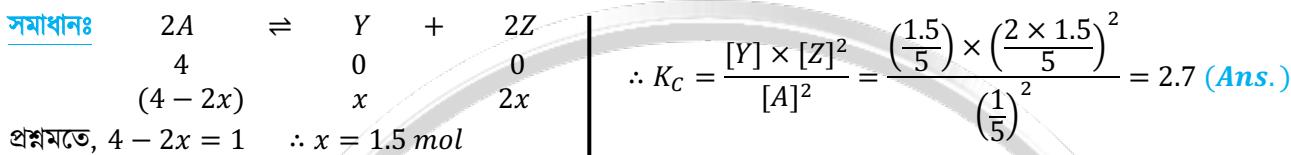
সমাধানঃ (c) | সাম্যবস্থায়,  $H_2 = 100 - (21 + 16) = 63\%$

$$\therefore P_{N_2} = 0.21 \times 20 = 4.2 \text{ atm}; P_{H_2} = 0.63 \times 20 = 12.6 \text{ atm}; P_{NH_3} = 0.16 \times 20 = 3.2 \text{ atm}$$

$$\therefore K_p = \frac{P_{NH_3}^2}{P_{N_2} \times P_{H_2}^3} \Rightarrow K_p = \frac{(3.2)^2}{4.2 \times (12.6)^3} = 1.2 \times 10^{-3}$$

প্রশ্ন- ২২/  $2A \rightleftharpoons Y + 2Z$  সমীকরণ অনুযায়ী একটি বিক্রিয়া সংগঠিত হয়। 5 dm<sup>3</sup> আয়তনের একটি পাত্রে 4 mol বিশেষ A নিয়ে

বিক্রিয়া শুরু করলে সাম্যবস্থায় 1 mol A অবশিষ্ট থাকে। বিক্রিয়াটির সাম্যফ্রেক্ষণিক কত? [BUTEX 22-23]



প্রশ্ন- ২৩/  $PCl_3 + Cl_2 \rightleftharpoons PCl_5$  বিক্রিয়াটির জন্য 230°C তাপমাত্রায়  $K_c$  এর মান 49। যদি  $PCl_3$  ও  $Cl_2$  এর প্রত্যেকটির 0.5 mol করে নিয়ে 5 L আয়তনের একটি পাত্রে বিক্রিয়া ঘটানো হয়, তবে ঐ তাপমাত্রায় সাম্যমিশ্রণে উপস্থিত উপাদানগুলির মোল সংখ্যা নির্ণয় কর।



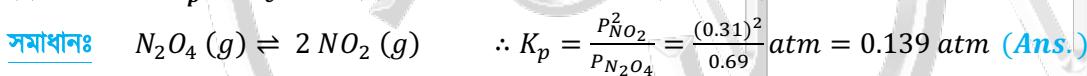
$$\text{প্রশ্নমতে, } K_c = \frac{x/5}{(0.5-x)(0.5-x)} \Rightarrow 49x^2 - 54x + \frac{49}{4} = 0 \Rightarrow x = 0.78 \text{ (গ্রহণযোগ্য নয়)}, 0.32$$

$$\therefore n_{PCl_3} = (0.5 - 0.32) = 0.18 \text{ mol}; n_{Cl_2} = (0.5 - 0.32) = 0.18 \text{ mol}; n_{PCl_5} = 0.32 \text{ mol}$$
 (Ans.)

প্রশ্ন- ২৪/ ডাইনাইট্রোজেন টেক্সাইডের বিয়োজনটি নিম্নরূপ:  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$  সাম্যবস্থায় 25°C তাপমাত্রায় গ্যাস দুটির আংশিক চাপ যথাক্রমে  $P_{N_2O_4} = 0.69 \text{ atm}$  এবং  $P_{NO_2} = 0.31 \text{ atm}$

(a) সাম্যফ্রেক্ষণিক  $K_p$  ও  $K_c$  এবং (b) এই তাপমাত্রায় ডাইনাইট্রোজেন টেক্সাইডের বিয়োজন মাত্রা নির্ণয় কর।

[BUET 08-09]

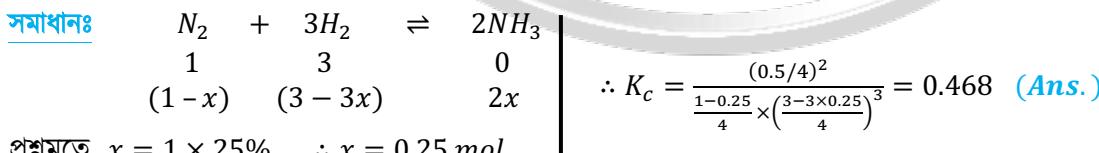


$$\text{আবার, } K_p = K_c(RT)^{4n} \Rightarrow K_c = \frac{0.139}{(0.0821 \times 298)^{2-1}} = 5.69 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$
 (Ans.)

$$K_p = \frac{4a^2 P}{1-a^2} \Rightarrow \frac{K_p}{P} = \frac{4a^2}{1-a^2} \cdot \frac{1-\alpha^2}{\alpha^2} = \frac{4P}{K_p} \Rightarrow \frac{1}{\alpha^2} = \frac{4P}{K_p} + 1 \Rightarrow \frac{1}{\alpha^2} = \frac{4 \times (0.69+0.31)}{0.139} + 1 \Rightarrow \alpha = 0.1834 \quad \therefore \alpha = 18.34\%$$
 (Ans.)

$$\text{আবার এই বিশেষ বিক্রিয়াটির জন্য, } \alpha = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{K_p}{P}} \Rightarrow \alpha = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{0.139}{(0.69+0.31)}} = 0.2047 \quad \therefore \alpha = 20.47\%$$
 (Ans.)

প্রশ্ন- ২৫/ একটি 4.0 L পাত্রে 1.0 mol নাইট্রোজেন গ্যাস এবং 3.0 mol হাইড্রোজেন গ্যাসের মিশ্রণ উৎপন্ন করা হয়। যদি নাইট্রোজেনের 25% অ্যামোনিয়াতে রূপান্তরিত হয় তবে  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  অনুসারে  $K_c$  এর মান নির্ণয় কর। [BUET 06-07, BUTEX 07-08]



প্রশ্ন- ২৬/ যদি  $NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$  বিক্রিয়াটির শুরুতে 25 mol  $NH_4OH$  থাকে এবং এখান থেকে কেবল 5 mol আয়নিত হয়, তাহলে  $NH_4OH$  এর বিয়োজন মাত্রা (%)?-

[RU 22-23]

- (a) 5      (b) 10      (c) 20      (d) 30

$$\text{সমাধানঃ} (c) \mid \alpha = \frac{\text{বিয়োজিত মোল সংখ্যা}}{\text{বিক্রিয়কের আদি মোল সংখ্যা}} = \frac{5}{25} = \left(\frac{1}{5} \times 100\right)\% = 20\%$$

প্রশ্ন- ২৭/ 30°C তাপমাত্রায়  $A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$  বিক্রিয়াটিতে  $A(g)$  এর 20% বিয়োজিত হয়ে সাম্যবস্থায় 1.5 atm চাপের সৃষ্টি করে।  $K_p$  এর মান কত atm?

[SUST 19-20]

(a) 160

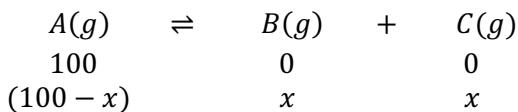
(b)  $6.25 \times 10^{-2}$ 

(c) 8.0

(d)  $2.78 \times 10^{-2}$ 

(e) 7.0

সমাধানঃ



$$\therefore K_p = \frac{P_B \times P_C}{P_A} = \frac{\left(\frac{20}{120} \times 1.5\right)^2}{\frac{80}{120} \times 1.5} = 0.0625 \quad (\text{Ans.})$$

প্রশ্নমতে,  $x = 100 \times 20\% \quad \therefore x = 20 \text{ mol}$ সাম্যবস্থায় মোট মৌল সংখ্যা =  $(100 - 20) + 20 + 20 = 120$ 

### অনুশীলনের জন্য গাণিতিক সমস্যাবলী

1/  $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$  বিক্রিয়ার সাম্যবস্থায়  $H_2, I_2$  এবং  $HI$  এর ঘনমাত্রা যথাক্রমে 8.0, 3.0 এবং  $28.0 \text{ mol}/\text{dm}^3$  বিক্রিয়াটির সাম্যক্ষেত্রে কত?  $[K_C = 32.67]$

2/ 15 mol  $H_2$  এবং 5.2 mol  $I_2$  এর মিশ্রণ উত্পন্ন করলে 10 mol  $HI$  উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটির সাম্যক্ষেত্রে গণনা কর।  $[K_C = 50]$

3/ 410 K তাপমাত্রায়  $HI$  35% বিয়োজিত হয়। বিক্রিয়াটির  $K_p$  ও  $K_C$  নির্ণয় কর।  $[0.0725]$

4/  $A$  ও  $B$  দুটি বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা তাদের বিক্রিয়ার শুরুতে 0.8  $\text{mol}/\text{dm}^3$ .  $A$  ও  $B$  নিচের সমীকরণ অনুযায়ী বিক্রিয়া করে  $C$  ও  $D$  উৎপন্ন করে। সাম্যবস্থায়  $D$  এর ঘনমাত্রা 0.6  $\text{mol}/\text{dm}^3$  হলে বিক্রিয়াটির সাম্যক্ষেত্রে গণনা কর।  $[K_C = 9]$

5/  $A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 2AB_{(g)}$  বিক্রিয়াটির সাম্যক্ষেত্রে 50। যদি 1.0 mol  $A_2$  গ্যাস ধারণকারী 1.0  $\text{dm}^3$  একটি ফ্লাক্স 2.0 mol  $B_2$  গ্যাস ধারণকারীর 2.0  $\text{dm}^3$  একটি ফ্লাক্সের সাথে সংযোগ করা হয় তাহলে সাম্যবস্থায় কত mol  $AB$  উৎপন্ন হবে গণনা কর।  $[1.868 \text{ mol}]$

6/ 8.07 mol হাইড্রোজেন ও 33.1 mol আয়োডিন বাস্পের মিশ্রণকে  $448^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় উত্পন্ন করে সাম্যবস্থায় আনা হল।  $HI$  প্রস্তুতির বিক্রিয়ার সাম্যক্ষেত্রে 54.29 হলে এ বিক্রিয়ায় কত mol হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন হবে?  $[12.8652 \text{ mol}]$

7/  $445^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় 41.14 g হাইড্রোজেন এর সাথে 1325.88 g আয়োডিন বাস্প যোগ করা হল। এতে 1308.16 g হাইড্রোজেন আয়োডাইড তৈরী হলে, বিক্রিয়াটির সাম্যক্ষেত্রে গণনা কর।  $[2.195 \times 10^{-3}]$

8/ একটি 4.0  $\text{dm}^3$  পাত্রে 1.5 mol  $N_2$  এবং 3.0 mol  $H_2$  মিশ্রিত করা হল। যদি নাইট্রোজেনের 25.0% অ্যামোনিয়াতে রূপান্তরিত হয় তাহলে,  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  বিক্রিয়া অনুসারে বিক্রিয়াটির  $K_C$  এর মান কত?  $[0.1183]$

9/ একটি 4.0  $\text{dm}^3$  পাত্রে 1.5 mol  $N_2$  এবং 3.0 mol  $H_2$  মিশ্রিত করা হল। যদি হাইড্রোজেনের 25.0% অ্যামোনিয়াতে রূপান্তরিত হয় তাহলে,  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  বিক্রিয়া অনুসারে বিক্রিয়াটির  $K_C$  এর মান কত?  $[1.213]$

10/  $427^\circ\text{C}$  উষ্ণতায় এবং 20.0 atm চাপে  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  বিক্রিয়াটিতে সাম্যবস্থায় 16.0% mol  $NH_3$  উপস্থিত থাকে। উক্ত অবস্থায় বিক্রিয়াটির  $K_p$  এর মান নির্ণয় কর।

11/  $30^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় ও 1.5 atm চাপে 15.6%  $PCl_5$  বিয়োজিত হয়। উক্ত বিয়োজনে  $K_p$  এর মান নির্ণয় কর।  $[0.037]$

12/  $448^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় 10.0  $\text{dm}^3$  একটি খালি পাত্রে 0.5 mol হাইড্রোজেন ও 0.5 mol আয়োডিনের সাথে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন করে। বিক্রিয়ার সাম্যক্ষেত্রে  $K_C = 50$  হলে বিক্রিয়াটির  $K_p$  এর মান কত? এবং বিক্রিয়ার অব্যাবহৃত  $I_2$  এর মৌল সংখ্যা কত?  $[50, 0.111 \text{ mol}]$

13/ কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় গ্যাসীয় সাম্যবস্থায়  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  বিক্রিয়াটির সাম্যাংক নিরূপনের জন্য একটি 1.0 L পাত্রে 0.326 mol  $N_2$  এবং 0.439 mol  $H_2$  মিশ্রিত করা হল। সাম্যবস্থায় দেখা গেল সিস্টেমটিতে মোট মৌলসংখ্যা 0.657। বিক্রিয়াটির সাম্যক্ষেত্রে নির্ণয় কর।  $[2.0238]$

14/  $PCl_3 + Cl_2 \rightleftharpoons PCl_5$  বিক্রিয়াটির  $250^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায়  $K_p$  এর মান 1.78। একই তাপমাত্রায়  $K_C$  এর মান কত?  $[76.43]$

15/  $250^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় 2.0 L আয়তন বিশিষ্ট পাত্রে 0.3 mol  $PCl_5$  কে বিয়োজিত করা হলে বিয়োজনের সাম্যক্ষেত্রে  $K_C = 0.0414$ ।  $Cl_2$  এর সাম্য ঘনমাত্রা কত?  $[0.0608 \text{ mol}/\text{L}]$

16/  $450^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় ও  $1.01 \times 10^5 \text{ N m}^{-2}$  চাপে 1 L ফ্লাক্সে 1.0 mol  $H_2$  ও 1.0 mol  $I_2$  মিশ্রিত করা হল। সাম্য মিশ্রণে 1.56 mol  $HI$  থাকলে ঐ তাপমাত্রায় সাম্যাংক নির্ণয় কর।  $[50.28]$

17/  $400^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় ও 1.5 atm চাপে  $COCl_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + Cl_{2(g)}$  বিক্রিয়াটির সাম্যক্ষেত্রে  $K_p = 4.44 \times 10^{-2}$  হলে ঐ তাপমাত্রায়  $COCl_2$  এর বিয়োজন মাত্রা নির্ণয় কর।  $[0.169]$

18/ 873 K তাপমাত্রায় লোহিত তপ্ত লোহ এবং স্টৈমের মিশ্রণ বিক্রিয়া করে সাম্যবস্থায় পোঁচায়। সাম্যবস্থায় হাইড্রোজেন এবং স্টৈমের

আংশিক চাপ যথাক্রমে  $3.2 \text{ kPa}$  এবং  $2.4 \text{ kPa}$ । এ বিক্রিয়ায়  $K_p$  কত?

[3.16]

19/ ইথানল ও ইথানোয়িক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়ার সাম্যাত্মকতার মান 4.0। যখন  $3.0 \text{ g mole}$  ইথানল,  $1 \text{ mol}$  ইথানোয়িক অ্যাসিডের সাথে যুক্ত করে বিক্রিয়াকে সাম্যবস্থায় আনা হয় তখন মিশ্রণে কি পরিমাণ এস্টার থাকে তা নির্ণয় কর। [0.903 mol]

20/ ইথানল ও ইথানোয়িক অ্যাসিডের মধ্যে বিক্রিয়ার সাম্যাত্মকতার মান 4.0। যখন  $3.0 \text{ g mole}$  ইথানল,  $1 \text{ mol}$  ইথানোয়িক অ্যাসিড এবং  $36 \text{ g}$  পানির জ্বরণে যুক্ত করে বিক্রিয়াকে সাম্যবস্থায় আনা হয় তখন মিশ্রণে কি পরিমাণ এস্টার থাকে তা নির্ণয় কর। [1.1315 mol]

21/  $\text{PCl}_{5(g)} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$ ;  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় এ বিক্রিয়ার সাম্যাত্মকতার মান  $1.85 \times 10^6$ । এক্ষেত্রে প্রমাণ মুক্তশক্তির পরিবর্তন গণনা কর। এ অবস্থায় সাম্যের অবস্থান বিক্রিয়ক নাকি উৎপাদ, কোন দিকে সরে যাবে? [-35753.088 J, উৎপাদের দিকে]

22/  $2\text{SO}_{3(g)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$  এ সাম্য বিক্রিয়ায় ক্ষেত্রে প্রমাণ মুক্ত শক্তির পরিবর্তন,  $\Delta G^\circ = 140.0 \text{ kJ mol}^{-1}$ ;  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির সাম্যাত্মকতার মান গণনা কর। [2.879  $\times 10^{-25}$ ]

23/  $2.5 \text{ L}$  আয়তনের আবদ্ধ পাত্রে  $\text{PCl}_5$  কে নিয়ে  $280^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় উত্পন্ন করায় পাত্রের চাপ  $1.5 \text{ atm}$  এবং সাম্যাত্মক  $2.2095 \text{ atm}$  হলে,  $\text{PCl}_5$  এর শতকরা কতভাগ বিয়োজিত হয়েছিল নির্ণয় কর।

24/  $2\text{CH}_{4(g)} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_{6(g)} + \text{H}_{2(g)}$ ;  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় এ বিক্রিয়াটির প্রমাণ মুক্তশক্তির পরিবর্তন  $78.7 \text{ kJ}$ । বিক্রিয়াটির সাম্য ধৰ্মকের মান গণনা কর এবং ব্যাখ্যা কর সাম্যের অবস্থান বিক্রিয়ক না উৎপাদের দিকে সরে যাবে? [1.601]

25/  $2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$ ;  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় এ বিক্রিয়াটির প্রমাণ মুক্ত শক্তির পরিবর্তন  $-70.6 \text{ kJ}$  হলে বিক্রিয়াটির সাম্য ধৰ্মকের মান গণনা কর। সাম্যের অবস্থান ডানে না বামে সরে যাবে? [ $K = 2 \times 10^{12}$ ; ডান দিকে সরে যাবে]

26/  $60^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায়  $\text{N}_2\text{O}_4$  এর বিয়োজনে সাম্যাত্মক  $K_p = 0.664 \text{ atm}$ . মোট চাপ  $10 \text{ atm}$  হলে বিয়োজন মাত্রা কত? [12.7%]

27/  $45^\circ\text{C}$  তাপমাত্রা ও  $1 \text{ atm}$  চাপে  $\text{N}_2\text{O}_4$  এর  $18.5\%$  বিয়োজিত হয়। সাম্যাত্মক  $K_p$  এর মান নির্ণয় কর। একই তাপমাত্রায় ও  $0.5 \text{ atm}$  চাপে  $\text{N}_2\text{O}_4$  এর বিয়োজন মাত্রা কত? [0.141751]

28/  $35^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায়  $1.20 \text{ atm}$  চাপে  $\text{N}_2\text{O}_4$  এর  $20\%$  বিয়োজিত হয়।  $K_p$  এর মান গণনা কর। তাপমাত্রা স্থির রেখে চাপ অর্ধেকে কমিয়ে আনলে এর বিয়োজনের মাত্রার কি পরিবর্তন ঘটবে? [ $K_p = 0.2 \text{ atm}$ ,  $7.735\%$  বিয়োজন বৃদ্ধি পাবে]

29/  $35^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায়  $1.20 \text{ atm}$  চাপে  $\text{N}_2\text{O}_4$  এর  $20\%$  বিয়োজিত হয়।  $K_p$  এর মান গণনা কর। তাপমাত্রা স্থির রেখে চাপ  $1/3$  অংশ বৃদ্ধি করলে এর বিয়োজনের মাত্রার কি পরিবর্তন ঘটবে? [0.07735]

30/  $1.5 \text{ L}$  আয়তনের একটি পাত্রে  $5 \text{ mol}$   $\text{N}_2\text{O}_4$  নিয়ে উত্পন্ন করায় সাম্যবস্থায়  $30\%$   $\text{N}_2\text{O}_4$  বিয়োজিত হয়। এ বিক্রিয়ার  $K_C$  কত? [0.3529]

31/  $1 \text{ L}$  আয়তনের একটি পাত্রে  $2 \text{ mol}$   $\text{N}_2$  এবং  $4 \text{ mol}$   $\text{H}_2$  কে উত্পন্ন করলে  $\text{N}_2$  এর  $20\%$   $\text{NH}_3$  তে রূপান্তরিত হয়। বিক্রিয়াটির সাম্যাত্মক কত? বিক্রিয়ার সাম্যবস্থায় অবিয়োজিত হাইড্রোজেন এবং নাইট্রোজেনের মোল সংখ্যার অনুপাত কত? [0.018  $\text{L}^2 \text{mol}^{-2}$ ]

32/  $1.4 \text{ L}$  আয়তনের একটি পাত্রে  $2 \text{ mol}$   $\text{N}_2$  এবং  $4 \text{ mol}$   $\text{H}_2$  কে উত্পন্ন করলে  $\text{H}_2$  এর  $23\%$   $\text{NH}_3$  তে রূপান্তরিত হয়। বিক্রিয়াটির সাম্যাত্মক কত?

33/  $2 \text{ L}$  আয়তন বিশিষ্ট একটি পাত্রে  $\text{CO}_{2(g)} + \text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$  বিক্রিয়াটির  $K_C$  এর মান পাওয়া যায়  $0.137$ । প্রাথমিক অবস্থায় বিক্রিয়া পাত্রে  $5 \text{ mol}$   $\text{CO}_2$ ,  $6 \text{ mol}$   $\text{H}_2$ ,  $1 \text{ mol}$   $\text{CO}$  এবং  $1 \text{ mol}$   $\text{H}_2\text{O}$  উপস্থিত আছে। সাম্যবস্থায় প্রত্যেকটি উপাদানের ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। [2.1256, 2.6256, 0.8744, 0.8744  $\text{mol L}^{-1}$  যথাক্রমে]

34/ একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায়  $\text{SO}_{2(g)} + \text{NO}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{SO}_{3(g)} + \text{NO}_{(g)}$  বিক্রিয়ার সাম্যাত্মক 16। যদি বিক্রিয়ার শুরুতে  $1 \text{ dm}^3$  পাত্রে প্রতিটি গ্যাসের পরিমাণ  $1 \text{ mol}$  নেওয়া হয় তবে সাম্যবস্থায়  $\text{NO}_2$  এবং  $\text{NO}$  এর ঘনমাত্রা কত হবে? [ $0.4 \text{ mol L}^{-1}$ ,  $1.6 \text{ mol L}^{-1}$ ]

35/  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায়  $\text{N}_2\text{O}_4$  এর বিয়োজনে পাত্রে  $[\text{N}_2\text{O}_4] = 0.02 \text{ M}$ ,  $[\text{NO}_2] = 0.03 \text{ M}$ ;  $K_C = 4.64 \times 10^{-3}$  হলে সাম্যমিশ্রণে উভয়েরই ঘনমাত্রা নির্ণয় কর। [0.034, 0.002]

36/  $427^\circ\text{C}$  এ  $3.0 \text{ L}$  আয়তনের একটি বিক্রিয়া পাত্রে  $\text{HI}$  এর বিয়োজন বিক্রিয়ায়  $\text{H}_2$ ,  $I_2$  এবং  $\text{HI}$  এর আংশিক চাপ যথাক্রমে  $0.1 \text{ atm}$ ,  $0.2 \text{ atm}$  এবং  $1.2 \text{ atm}$ । ঐ তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির সাম্যাত্মক  $1 \times 10^{-12}$  হলে সাম্যমিশ্রণে  $\text{H}_2$ ,  $I_2$  এবং  $\text{HI}$  এর আংশিক চাপ কত?

37/ একটি বিক্রিয়ার  $\ln K_p$  বনাম  $\frac{1}{T}$  লেখচিত্রের ঢাল  $21645.02 \text{ K}$ । বিক্রিয়াটির  $\Delta H$  নির্ণয় কর। [-179.99  $\text{kJ mol}^{-1}$ ]

38/  $1.0 \text{ L}$  আয়তনের একটি পাত্রে  $0.1 \text{ mol}$   $\text{PCl}_5$  কে  $150^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় উত্পন্ন করলে সাম্য মিশ্রণের মোট চাপ  $4.38 \times 10^5 \text{ Nm}^{-2}$  হয়। ঐ তাপমাত্রায়  $\text{PCl}_5$  এর বিয়োজন মাত্রা এবং সাম্য ধৰ্মক  $K_p$  এর মান নির্ণয় কর। [2.797  $\times 10^4 \text{ Nm}^{-2}$ ]

39/ একটি বিক্রিয়ার  $\log K_p$  বনাম  $\frac{1}{T}$  লেখচিত্রের ঢাল  $-1642.2 \text{ K}$ । বিক্রিয়াটির  $\Delta H$  নির্ণয় কর। [-179.99  $\text{kJ mol}^{-1}$ ]

1/  $A(g) \rightleftharpoons B(g) + Z(g)$  + তাপ; এখনে  $K_p = 1 \text{ atm}$ .

[ম বো ২৩]

(গ) উদ্বীপক বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় 20% বিক্রিয়ক বিয়োজিত হলে প্রয়োজনীয় চাপের মান নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্বীপক বিক্রিয়াটিতে অধিক উৎপাদ প্রাপ্তির জন্য কী কী পদক্ষেপ গ্রহণ করতে হবে তা যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর।

2/  $P_2(g) + Q_2(g) \rightleftharpoons 2PQ(g); \Delta H = -ve$  [ $P_2$  ও  $Q_2$  এর প্রারম্ভিক মৌল সংখ্যা যথাক্রমে 1.0 mol ও 1.2 mol] [ম বো ২৩]

(গ) 2 atm চাপে  $Q_2$  এর 60% বিক্রিয়া করে সাম্যাবস্থায় উপনীত হলে,  $K_p$  হিসাব কর।

(ঘ) উদ্বীপক বিক্রিয়ার সর্বোচ্চ পরিমাণ উৎপাদ তৈরি করতে কী কী পদক্ষেপ নেওয়া প্রয়োজন? বিশ্লেষণ কর।

3/ (খ)  $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$  বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থার উপর চাপের প্রভাব আছে কী? ব্যাখ্যা কর।

[রা বো ২৩]

4/  $A_2(g) + 3B_2(g) \rightleftharpoons 2AB_3(g) + 92.4 \text{ kJ/mol}$

[রা বো ২৩]

(গ) উদ্বীপকের বিক্রিয়াটির  $K_p$  এর রাশিমালা প্রতিপাদন কর।

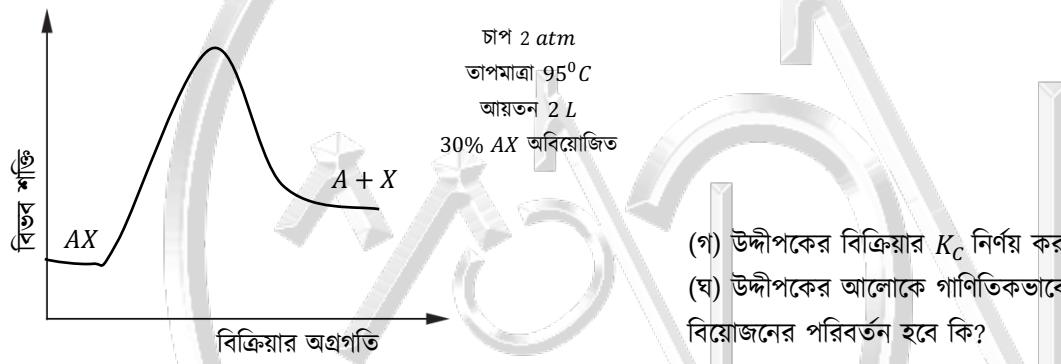
(ঘ) শিল্পক্ষেত্রে  $AB_3(g)$  এর সর্বোচ্চ উৎপাদন পেতে শর্তসমূহ ব্যাখ্যা কর।

5/  $X^\circ$  সে. তাপমাত্রায় এবং 1 atm চাপে 30 L আয়তনের একটি পাত্রে  $PCl_5$  এর বিয়োজন বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায়  $PCl_5$  20% বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। উক্ত তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটির  $K_p = 0.0417 \text{ atm}$ । [দি বো ২৩]

(গ) উদ্বীপকের  $X$  এর মান নির্ণয় কর।

(ঘ) তাপমাত্রা স্থির রেখে চাপ কমিয়ে 0.0417 atm এ নিয়ে এলে  $PCl_5$  এর বিয়োজন মাত্রা বৃদ্ধির সম্ভাব্যতা গাণিতিক যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর।

6/ [দি বো ২৩]



(গ) উদ্বীপকের বিক্রিয়ার  $K_C$  নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্বীপকের আলোকে গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর— চাপ দিগুণ করলে বিয়োজনের পরিবর্তন হবে কি?

7/  $A_2(g) + 3B_2(g) \rightleftharpoons 2AB_3(g); \Delta H = -ve$

[কু বো ২৩]

(গ) উদ্বীপকের বিক্রিয়াটির  $K_p$  এবং  $K_c$  এর মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন কর।

(ঘ) উদ্বীপকের বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার উপর চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাব কার্যকর হবে কিনা? বিশ্লেষণ কর।

8/  $X_2(g) + 3Y_2(g) \rightleftharpoons 2XY_3(g); \Delta H = -ve$

[চ বো ২৩]

(গ) উদ্বীপকের বিক্রিয়ার  $K_p$  এর রাশিমালা প্রতিপাদন কর।

(ঘ) উদ্বীপকের বিক্রিয়া হতে সর্বোচ্চ উৎপাদ পাওয়ার শর্তসমূহ বিশ্লেষণ কর।

9/  $A_2(g) + 3B_2(g) \rightleftharpoons 2AB_3(g); \Delta H = -92.38 \text{ kJ}$

[সি বো ২৩]

(গ) উদ্বীপকের বিক্রিয়াটির জন্য  $K_p$  এর রাশিমালা প্রতিষ্ঠা কর।

(ঘ) উদ্বীপকের বিক্রিয়ার উৎপাদের পরিমাণ লা-শাতেলিয়ার নীতি প্রয়োগ করে নিয়ন্ত্রণ করা যায়— বিশ্লেষণ কর।

10/ (খ) রাসায়নিক সাম্যাবস্থা গতিশীল— ব্যাখ্যা কর।

[সি বো ২৩]

11/ 25°C তাপমাত্রায় 1L একটি পাত্রে বিয়োজন বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ:

[ষ বো ২৩]

$X(g) \rightleftharpoons 2Y(g); X$  এর বিয়োজন মাত্রা 40%

(গ) বিক্রিয়াটির সামঞ্জস্যক  $K_p$  এর মান নির্ণয় কর।

(ঘ) বিক্রিয়া পাত্রের আয়তন দিগুণ বা অর্ধেক করলে বিয়োজনমাত্রা পরিবর্তিত হয় কী না? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

12/ (i)  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + তাপ$       (ii)  $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) - 43.0 \text{ k Cal}$  [ব বো ২৩]

(গ) 400°C তাপমাত্রায় ও 10 atm চাপে সাম্যাবস্থায় (i) নং বিক্রিয়ায় 3.85%  $NH_3$  থাকলে  $K_p$  নির্ণয় কর।

(ঘ) (i) নং ও (ii) নং বিক্রিয়ায় উৎপাদ বৃদ্ধির শর্তসমূহ বিশ্লেষণ কর।

**13/**  $0.5\text{ L}$  আয়তনের একটি ফ্লাকে  $0.105\text{ mol } PCl_5$ ,  $0.045\text{ mol } Cl_2$  এবং  $0.045\text{ mol } PCl_3$  মিশ্রিত করা হলো।  $25^\circ C$  তাপমাত্রায়  $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$  বিক্রিয়ার  $K_c = 4.2 \times 10^{-2}\text{ mol/L}$  [ব বো ২৩]

(গ) সাম্যবস্থায়  $PCl_5$  এর ঘনমাত্রা  $0.2065\text{ mol/L}$  হলে অন্য দুটি উপাদানের ঘনমাত্রা নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্বীপকের বিক্রিয়াটি কোন দিকে অগ্রসর হবে? বিশ্লেষণ কর।

**14/**  $AX_5(g) \rightleftharpoons AX_3(g) + X_2(g); K_p = 1\text{ atm}$  [ঢ বো ২২]

(গ) উদ্বীপকের বিক্রিয়া সিস্টেমের মোট চাপ কত হলে  $AX_5$ -এর 30% বিয়োজিত হবে?

(ঘ) তাপমাত্রা স্থির রেখে উদ্বীপকের বিক্রিয়ায়  $1.2\text{ atm}$  চাপ প্রয়োগ করলে  $AX_5$  এর বিয়োজনমাত্রা কতটুকু পরিবর্তিত হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

**15/**  $AB_5(g) \rightleftharpoons AB_3(g) + B_2(g); \Delta H = +ve, 225^\circ C$  তাপমাত্রায় এবং  $3\text{ atm}$  চাপে  $AB(g)$  40% বিয়োজিত হয়। [ম বো ২২]

(গ) উদ্বীপকের বিক্রিয়াটির আংশিক চাপে সাম্যাঙ্ক ( $K_p$ ) এর মান নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্বীপকের বিক্রিয়াটির সাম্যধ্রুবকের উপর তাপমাত্রার প্রভাব ব্যাখ্যা কর।

**16/** একটি বিক্রিয়া হলো:  $X_2Y_4(g) \rightleftharpoons 2XY_2(g); \Delta H = +ve$ ; উক্ত বিক্রিয়া নিম্নরূপ দুটি অবস্থায় বিয়োজিত হয়— [দি বো ২২]

(i)  $25^\circ C$  তাপমাত্রায় ও  $2.0\text{ atm}$  চাপে; (ii)  $80^\circ C$  তাপমাত্রায় ও  $6.0\text{ atm}$  চাপে।

(গ) উদ্বীপকে বর্ণিত বিক্রিয়ার জন্য  $K_p$  ও  $K_c$  এর মধ্যে সম্পর্ক প্রতিপাদন কর।

(ঘ) উদ্বীপকের (i) নং অবস্থা এবং (ii) নং অবস্থার মধ্যে কোন ক্ষেত্রে উৎপাদের পরিমাণ সর্বাধিক হবে? মূল্যায়ন কর।

**17/** নিম্নের বিক্রিয়াটি  $120^\circ C$  তাপমাত্রা এবং  $1.5\text{ atm}$  চাপে সাম্যবস্থায় আছে।  $AB_5(g) \rightleftharpoons AB_3(g) + B_2(g)$  [ক্র বো ২২]

এখানে A ও B তার পর্যায়ের মৌল এবং সাম্যবস্থায়  $AB_5$  30% বিয়োজিত হয়।

(ঘ) উদ্বীপকের বিক্রিয়াটি চাপ  $0.148\text{ atm}$  হলে “বিয়োজন মাত্রা বৃদ্ধি পাবে”— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

**18/**  $AB(g) \rightleftharpoons A(g) + B(g)$  [চ বো ২২]

এখানে, তাপমাত্রা  $t = 30^\circ C$ , চাপ,  $P = 2\text{ atm}$ , বিয়োজন মাত্রা 55%।

(গ) উদ্বীপকের বিক্রিয়াটির সাম্য ধ্রুবক  $K_c$  এর মান নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্বীপকের বিক্রিয়াটির চাপ পরিবর্তন করলে বিয়োজন মাত্রা পরিবর্তিত হয়— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

**19/** (ক)  $K_c$  কাকে বলে?

**20/** উদ্বীপক-১:  $SO_3 \rightleftharpoons SO_2 + \frac{1}{2}O_2$

উদ্বীপক-২:  $A_2B_4 \rightleftharpoons 2AB_2$

এখানে A ও B এর পারমাণবিক সংখ্যা 7 ও 8

(গ) উদ্বীপক-১ এর বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে কত ডিগ্রি সেলসিয়াস তাপমাত্রায়  $K_p$  এর মান  $K_c$  এর আট গুণ হবে?

(ঘ) উদ্বীপক-২ এর জন্য সাম্যধ্রুবকের রাশিমালা প্রতিপাদন কর।

**21/**  $AB_5(g) \rightleftharpoons AB_3(g) + B_2(g), K_p = 12\text{ atm}, 30^\circ C$  তাপমাত্রা  $AB_5$  এর 50% বিয়োজিত হয়। [ষ বো ২২]

(গ) উদ্বীপকের সংঘটিত বিক্রিয়াটির  $K_c$  এর মান নির্ণয় কর।

(ঘ) স্থির তাপমাত্রায় চাপ অর্ধেক করলে  $AB$ ; এর বিয়োজন মাত্রার কী পরিবর্তন ঘটবে তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

**22/**  $A_2(g) + 3B_2(g) \rightleftharpoons 2AB_3(g); \Delta H = -ve, 25^\circ C$  তাপমাত্রায়  $K_p = 0.425\text{ atm}$  [ব বো ২২]

(গ) বিক্রিয়াটির  $K_c$  এর মান নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্বীপকের বিক্রিয়াটিতে তাপমাত্রা, চাপ ও ঘনমাত্রা পরিবর্তন করলে সাম্যবস্থার কি কোনো পরিবর্তন ঘটবে বিশ্লেষণ কর।

**23/** (খ)  $K_p$  এর মান শূন্য হতে পারে না কেন?

**24/**  $500^\circ C$  তাপমাত্রায়  $2\text{ L}$  আয়তনের একটি বদ্ধপাত্রে সংঘটিত বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ:

$2NOX(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + X_2(g); \Delta H = -ve$  [সাম্যবস্থায়  $NO, X_2$  এবং  $NOX$  এর পরিমাণ যথাক্রমে  $6\text{ mol}, 3\text{ mol}$  এবং  $4\text{ mol}$ ]

(গ) উদ্বীপকের বিক্রিয়ার  $K_c$  এর মান নির্ণয় কর।

(ঘ)  $NOX$  মৌগটির বিয়োজন বৃদ্ধিতে কী কী পদক্ষেপ গ্রহণ যেতে পারে— বিশ্লেষণ কর।

**25/**  $AB_5(g) \rightleftharpoons AB_3(g) + B_2(g); \Delta H = +ve$  [ম বো ২১]

(গ) সাম্যবস্থায়  $AB_5$  এর  $\alpha\text{ mol}$  বিয়োজিত হলে  $K_p$  এর রাশিমালা প্রতিপাদন কর।

(ঘ) উদ্বীপকের বিক্রিয়ায় কী শর্তে অধিক পরিমাণ উৎপাদ পাওয়া সম্ভব? বিশ্লেষণ কর।

**26/**  $25^\circ C$  তাপমাত্রায়  $11\text{ mol } A_2$  গ্যাস,  $9\text{ mol } B_2$  গ্যাসের সাথে বিক্রিয়া করে সাম্যবস্থায়  $7\text{ mol } AB$  গ্যাস উৎপন্ন করে। [রা বো ২১]

বিক্রিয়ায়  $\Delta H = -ve$

(গ) উদ্বীপকের বিক্রিয়ানুসারে  $K_P$  এর মান নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্বীপকের বিক্রিয়ায় অধিক উৎপাদ প্রাপ্তির ক্ষেত্রে তাপমাত্রা ও চাপের প্রভাব বিশ্লেষণ কর।

27/  $ZY_5(g) \rightleftharpoons ZY_3(g) + Y_2(g)$  – তাপ

[দি বো ২১]

$ZY_5(g)$  এর বিয়োজন মাত্রা **0.30** এবং মোট চাপ **1.0 atm**।

(গ) বিক্রিয়াটির  $K_P$  এর মান নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্বীপকের বিক্রিয়াটি থেকে কীভাবে সর্বোচ্চ পরিমাণ উৎপাদ পাওয়া যাবে? বিশ্লেষণ কর।

28/  $25^\circ C$  তাপমাত্রায় ও **1.5 atm** চাপে নিম্নের বিক্রিয়াটির  $K_c$  এর মান  $1.815 \times 10^{-3} mol L^{-1}$ ।

[কু বো ২১]

$AB_5(g) \rightleftharpoons AB_3(g) + B_2(g); \Delta H = +40 kJ mol^{-1}$

(গ) উদ্বীপকের বিক্রিয়াটির বিয়োজন মাত্রার মান নির্ণয় কর।

(ঘ) বিক্রিয়াটির সাম্যাবস্থার উপর তাপমাত্রা ও ঘনমাত্রার প্রভাব ব্যাখ্যা কর।

29/  $2PQ(g) \rightleftharpoons P_2(g) + Q_2(g); \Delta H = +Y kJ$ , ধরে নাও যে, বিক্রিয়াটি একটি বন্ধ নলে সংঘটিত হচ্ছে। বিক্রিয়কের প্রাথমিক পরিমাণ **2a mol** এবং সাম্যাবস্থায় প্রতিটি উৎপাদের পরিমাণ  $\alpha mol$ ।

[চ বো ২১]

(গ) উদ্বীপকের সমীকরণটির জন্য  $K_P$  ও  $K_C$  এর মধ্যে একটি সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা কর।

(ঘ) উদ্বীপকের বিক্রিয়াটি থেকে কীভাবে অধিক পরিমাণ উৎপাদ পাওয়া যায়? বিশ্লেষণ কর।

30/ উদ্বীপকটি লক্ষ করো

(i)  $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g); \Delta H = +ve$

(ii)  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g); \Delta H = -ve$

(ক) লা-শাতেলিয়ারের নীতিটি লেখ।

(খ) সাম্যাবস্থাক মান অসীম হয় না কেন?

(গ)  $450 K$  তাপমাত্রায় **1.5 atm** চাপে (i) নং সাম্য বিক্রিয়াটির বিক্রিয়ক 25% বিয়োজিত হলে  $K_P$  এর নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্বীপকের (ii) নং বিক্রিয়ার উপর তাপমাত্রা ও চাপের প্রভাব আলোচনা কর।

31/ (খ) রাসায়নিক সাম্যাবস্থা গতিশীল ব্যাখ্যা কর।

[সি বো ২১]

32/  $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$

[য বো ২১]

1.0 L পাত্রে সংঘটিত বিক্রিয়াটিতে তাপ প্রয়োগ করা হলে কিছু বিক্রিয়ক উৎপাদে পরিণত হয় এবং তাপ হ্রাস করা হলে কিছু উৎপাদ বিক্রিয়কে পরিণত হয়।  $PCl_5$  এর প্রাথমিক মৌল সংখ্যা **1.0** ও সাম্যাবস্থায়  $Cl_2$  এর মৌল সংখ্যা **0.5**।

(গ) উল্লিখিত বিক্রিয়ার জন্য  $K_C$  এর মান নির্ণয় কর।

(ঘ) উদ্বীপকের বিক্রিয়াটির উপর সাম্যাবস্থায় তাপমাত্রা ও চাপের প্রভাব ব্যাখ্যা কর।

33/ (খ)  $K_C$  এর মান শূন্য হতে পারে না কেন?

[য বো ২১]

34/ দুটি ভিন্ন পাত্রে সংঘটিত বিক্রিয়া নিম্নরূপ:

(i)  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g); \Delta H = -93 kJ$       (ii)  $2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 3H_2(g); \Delta H = +93 kJ$

(গ) (ii) নং সমীকরণে  $NH_3$  এর বিয়োজন হার 20% হলে প্রমাণ চাপে  $K_P$  কত?

(ঘ) পাত্র দুটিতে যদি **10 kJ** তাপ যোগ করা হয় তবে উভয়ক্ষেত্রে  $NH_3$  এর পরিমাপের কোনো তারতম্য পরিলক্ষিত হবে কী? ব্যাখ্যা কর।

35/ (ক) বিয়োজন মাত্রা কাকে বলে?

[রা বো ১৯]

### সম্পাদনা সহযোগিতায়

জারিন তাসনিম রাফা  
Biomedical Engineer,  
MIST, HSC '18

সুহাইব সিনান অহীন

Dept of CSE, BUET

Merit Position- 41<sup>st</sup>, HSC '22

শামসুজ্জুন্নুল শাআন

Dept of CE, BUET

Merit Position- 659<sup>th</sup>, HSC '23

সেতাব আহমেদ  
নটরডেম কলেজে,  
ঢাকা, HSC '26

ফারিহা ইবনাত তিহা  
ফেনী সরকারি কলেজে,  
ফেনী, HSC '26

মোঃ মেজিবাহ হোসেন ইমল  
নওয়াপাড় মডেল কলেজে,  
ঘোরা, HSC '26

গাফিক্স ডিজাইন  
মোঃ নাফিজ ইমতিয়াজ  
চট্টগ্রাম বিশ্ববিদ্যালয়

AcP1C4E1G126

অনুশীলনী তে দেয়া অধিকাংশ গাণিতিক সমস্যার-ই উত্তর দেয়া হয়নি যেন, তোমার সমাধান সঠিক হয়েছে কিনা তা বোঝার জন্য বন্ধুর সাথে আলোচনা করো এবং নিজেই আত্মবিশ্বাসী হও।