

# পরমাণুর মডেল ও নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞান

## সূচীপত্র



Basic



All Formula



যে টপিকে যেতে চান সে টপিকে Click করুন



# পরমাণুর মডেল ও নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞান

## Chapter Overview

- ❑ পরমাণু গঠনের ধারণা
- ❑ রাদারফোর্ডের আলফা কণা পরীক্ষা
- ❑ পরমাণুর গঠন সম্পর্কিত রাদারফোর্ড মডেলের
- ❑ রাদারফোর্ড মডেলের সীমাবদ্ধতা
- ❑ বোরের মডেলের সাহায্যে রাদারফোর্ড মডেলের সীমাবদ্ধতা অতিক্রম
- ❑ নিউক্লিয়াসের গঠন

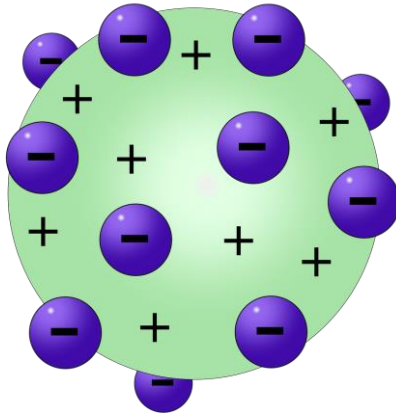
### পরমাণু গঠনের ধারণা



#### থমসনের পরমাণু মডেল: প্লাম পুডিং মডেল

১৮৯৮ সালে বিজ্ঞানী থমসন এই মডেল প্রস্তাব করেন। এতে বলা হয় যে, পুডিং এর ভেতরে কিসমিস যেমন বিক্ষিপ্তভাবে ছড়িয়ে ছিটিয়ে থাকে, পরমাণুতে ঠিক তেমনি নিরবিচ্ছিন্নভাবে বন্টিত ধনাত্মক আধানের মধ্যে ইলেকট্রন ছড়িয়ে আছে।

থমসন বলেছিলেন যে, ইলেকট্রনগুলোর মধ্যে তড়িৎ মিথস্ক্রিয়ার দরুণ এরা এক এংস্ট্রম ( $10^{-10} \text{ m}$ ) পর্যায়ে ব্যাসার্ধের কল্পিত গোলাকৃতি পরমাণুর ভেতর সুবিন্যস্ত থাকে।

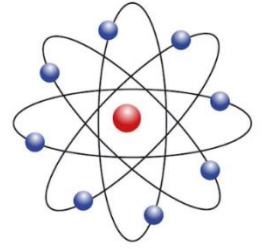




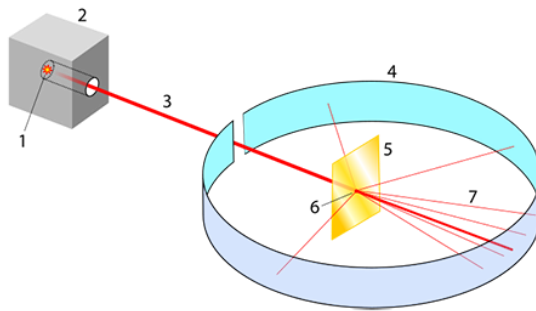
## রাদারফোর্ডের মডেল

আলফা কণা পরীক্ষা - একটি তেজস্ক্রিয় উৎস থেকে নির্গত আলফা কণা দিয়ে ভারী ধাতুর অত্যন্ত পাতলা পাতকে আঘাত করা হয়েছিল। ভারী ধাতু (স্বর্ণপাত) এর বিপরীত দিকে একটি চলনশীল জিংক সালফাইড পর্দা রাখা হয়েছিল। আলফা কণা যখন এ পর্দায় এসে পড়ত তখন আলোক প্রভা দেখা যেত।

### পরীক্ষা থেকে গৃহীত সিদ্ধান্ত



- ✓ পরমাণুর অধিকাংশ স্থানই ফাঁকা।
- ✓ যেহেতু খুব কম সংখ্যক আলফা কণা বিপরীত দিকে ফিরে আসে, তাই বলা যায়, আলফা কণা সোজাসুজি তার চেয়ে ভারী কোনো বস্তুর সাথে সংঘর্ষে লিপ্ত হয় বা তা দ্বারা বিকর্ষিত হয়। অর্থাৎ পরমাণুর কেন্দ্রে পরমাণুর সমস্ত ভর অতি ক্ষুদ্র স্থান দখল করে থাকে।
- ✓ যেহেতু আলফা কণা ধনাত্মক আধানযুক্ত এবং বিকর্ষিত হয়, তাই পরমাণুর কেন্দ্রও ধনাত্মক আধান যুক্ত হবে। একে নিউক্লিয়াস বলে।
- ✓ নিউক্লিয়াসের আয়তন সমগ্র পরমাণুর আয়তনের তুলনায় খুবই কম।





## রাদারফোর্ডের পরমাণু মডেল: সৌর মডেল

- ✓ পরমাণুর কেন্দ্রস্থলে একটি ধনাত্মক আধানযুক্ত ভারী বস্তু আছে। একে নিউক্লিয়াস বলা হয়। পরমাণুর মোট আয়তনের তুলনায় নিউক্লিয়াসের আয়তন অতিশয় নগণ্য। নিউক্লিয়াসে পরমাণুর সমস্ত ধনাত্মক আধান এবং প্রায় সমস্তভর কেন্দ্রীভূত।
- ✓ পরমাণু তড়িৎ নিরপেক্ষ। অতএব নিউক্লিয়াসের ধনাত্মক আধানের সমান সংখ্যক ঋণাত্মক আধানযুক্ত ইলেকট্রন পরমাণুর নিউক্লিয়াসকে ঘিরে থাকে।
- ✓ সৌরজগতের সূর্যের চারদিকে ঘূর্ণায়মান গ্রহসমূহের মত ইলেকট্রনগুলো এর কেন্দ্রে থাকা নিউক্লিয়াসের চারদিকে অবিরত ঘুরছে। নিউক্লিয়াস ও ইলেকট্রনের মধ্যে বিদ্যমান স্থির তড়িৎ আকর্ষণ বল এক্ষেত্রে কেন্দ্রমুখী বল হিসেবে কাজ করছে।



## রাদারফোর্ডের মডেলের সীমাবদ্ধতা

- ✓ সৌরমণ্ডলের গ্রহসমূহ সামগ্রিকভাবে আধানবিহীন। কিন্তু ইলেকট্রনগুলো আধানযুক্ত। অপরদিকে গ্রহগুলো মহাকর্ষ বলদ্বারা পরস্পরকে আকর্ষণ করে। কিন্তু ইলেকট্রন পরস্পরকে কুলম্ব বল দ্বারা বিকর্ষণ করে।
- ✓ ম্যাক্সওয়েলের তত্ত্বানুসারে কোনো আধানযুক্ত বস্তু বা কণা বৃত্তাকার পথে ঘুরলে তা ক্রমাগত শক্তি বিকিরণ করবে এবং তার গতিপথের ব্যাসার্ধ ধীরে ধীরে কমেতে থাকবে এবং ঋণাত্মক আধানযুক্ত ইলেকট্রন সমূহ ক্রমাগত শক্তি হারিয়ে নিউক্লিয়াসে পতিত হবে। ফলে পরমাণুর অস্তিত্ব থাকবে না। কিন্তু বাস্তবে পরমাণু হতে ক্রমাগত শক্তি বিকিরণ বা ইলেকট্রনের নিউক্লিয়াসে পতন কখনোই ঘটে না।
- ✓ আবর্তনশীল ইলেকট্রনের কক্ষ পথের আকার সম্পর্কে কোনো ধারণা রাদারফোর্ডের মডেলে দেয়া হয়নি।





## বোরের পরমাণু মডেল: কোয়ান্টাম মডেল

### প্রস্তাব বা স্বীকার্যসমূহ

১. **কৌণিক ভরবেগ সংক্রান্ত স্বীকার্য:** পরমানুতে ইলেকট্রনগুলো নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে কতগুলো নির্দিষ্ট কক্ষপথে ঘুরতে পারে যেখানে ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ  $L$  হলো পূর্ণসংখ্যা  $n$  এবং  $\frac{h}{2\pi}$  এর গুণফল।

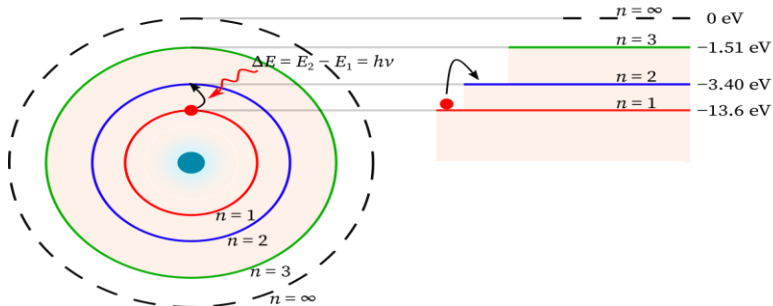
$$\text{অর্থাৎ } L = n \frac{h}{2\pi}$$

২. **শক্তিস্তর সংক্রান্ত স্বীকার্য:** পরমাণুর ইলেকট্রনসমূহ নির্দিষ্ট শক্তির কতগুলো বৃত্তাকার কক্ষপথে নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে আবর্তন করে। এসব কক্ষপথে আবর্তনের সময় ইলেকট্রন কোনো শক্তি শোষণ বা বিকিরণ করে না।

৩. **কম্পাঙ্ক সংক্রান্ত স্বীকার্য:** কোনো ইলেকট্রন যখন এক স্থায়ী কক্ষপথ থেকে অন্য কোনো স্থায়ী কক্ষপথে যায়, তখন এটি শক্তি নিঃসরণ বা শোষণ করে নিঃসৃত বা শোষিত ফোটনের শক্তি হয় শক্তিস্তর দুটির শক্তির পার্থক্যের সমান। কোনো ইলেকট্রন যদি উচ্চশক্তির স্তর  $E_u$  থেকে একটি নিম্ন শক্তি স্তর  $E_i$  গমন করে, তাহলে নিঃসৃত ফোটনের শক্তি হবে,

$$hf = E_u - E_i$$

$h$  = প্লানকের ধ্রুবক,  $f$  = ফোটনের কম্পাঙ্ক।



## বোর পরমাণু মডেল

### সূত্রাবলী

$$1. r_n = \frac{\epsilon_0 r^2 h^2}{\pi m Z e^2}$$

$$2. L = mvr = \frac{nh}{2\pi}$$

$$3. v_n = \frac{ze^2}{2\epsilon_0 nh} = \frac{nh}{2\pi m r_n}$$

$$4. E_n = \frac{-me^4 z^2}{8n^2 \epsilon_0^2 h^2}$$

$$6. |E_n| = \frac{1}{2} |E_{p_n}| = E_{k_n}$$

- $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$ ,
- $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$ ,
- $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ,
- $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- $R_H = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$

$$6. hf = E_u - E_f$$

$$7. \text{তরঙ্গ দৈর্ঘ্য} \quad \frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

নির্ণয়ের জন্য,

$$\text{ফোটনের কম্পাঙ্ক, } f = \frac{z^2 m e^4}{8 \epsilon_0^2 h^3} \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

কম্পাঙ্ক নির্ণয় করতে হলে আমরা এই সূত্র ইউজ করব না। দেখতেই পাচ্ছে কি পরিমাণ বিদ্যুটে একটা সূত্র এটা। তাই কম্পাঙ্ক নির্ণয় করতে হলে আমরা আগে তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় করে নিচের সূত্রটি ব্যবহার করব,

$$8. f = \frac{c}{\lambda}$$

## নিউক্লিয়াসের গঠন

- ✓ নিউক্লিয়াসে পরমাণুর প্রায় সমস্ত ভর কেন্দ্রীভূত থাকে।
- ✓ ধনাত্মক আধানযুক্ত প্রোটন এবং আধান নিরপেক্ষ নিউট্রন থাকে।
- ✓ নিউক্লিয়াস থেকে আলফা, গামা, নিউট্রিনো, মেসন কণা নির্গত হয়।
- ✓ নিউক্লিয়াসের পারমাণবিক সংখ্যা,  $Z$  = প্রোটনের সংখ্যা।
- ✓ ভর সংখ্যা,  $A$  = প্রোটন সংখ্যা ( $Z$ ) + নিউট্রন সংখ্যা ( $N$ )।

নিউক্লিয়াসের প্রকাশরূপ,  ${}^A_ZX$

যার ব্যাসার্ধ,  $R = r_0 A^{1/3}$  [ $r_0 = 1.414 \times 10^{-15}$  m;  $A$  = ভর সংখ্যা]



# নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞানের গুরুত্বপূর্ণ প্রতিভাস



## ১. তেজস্ক্রিয়তা (Radioactivity)

একক: বেকেরেল (Bq)

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ decay s}^{-1}$$

আগে কুরী (Ci) নামে তেজস্ক্রিয়তার একক ব্যবহৃত হতো।

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ decay s}^{-1} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

প্রকারভেদ : (১) আলফা রশ্মি; (২) বিটা রশ্মি; (৩) গামা রশ্মি



## ২. তেজস্ক্রিয় ক্ষয়

তেজস্ক্রিয় পরমাণুর ভাঙনের হার ঐ সময়ে উপস্থিত অক্ষত পরমাণুর সংখ্যার সমানুপাতিক।

$t = 0$  সময়ে কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থে অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা  $N_0$

$t$  সময়ে ঐ পদার্থে অক্ষত পরমাণুর সংখ্যা  $N$

যদি  $dt$  সময়ে  $dN$  সংখ্যক পরমাণু ভেঙে যায়, তাহলে পরমাণুর ভাঙনের হার =

$\frac{dN}{dt}$ , যা অক্ষত পরমাণুর সংখ্যার সমানুপাতিক।

অর্থাৎ,

$$-\frac{dN}{dt} \propto N$$

$$\therefore \frac{dN}{dt} = -\lambda N, \quad [\lambda \text{ সমানুপাতিক ধ্রুবক (Radioactive Decay Constant)}]$$

$$\Rightarrow \lambda = -\frac{\frac{dN}{dt}}{N}$$

$$N = 1 \text{ হলে, } \lambda = -\frac{dN}{dt}$$



## নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞানের গুরুত্বপূর্ণ প্রতিভাস



### তেজস্ক্রিয় রূপান্তর সূত্র

কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের ক্ষয় ধ্রুবক  $\lambda$  এবং  $t$  সময়ে অবশিষ্ট পরমাণুর সংখ্যা  $N$  হলে,

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

$$\text{বা, } \frac{dN}{N} = -\lambda dt$$

শুরুতে,  $t = 0$  হলে,  $N = N_0$

এবং  $t = t$  হলে,  $N = N$

যোগজীকরণ করে পাই,

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\int_0^t \lambda dt$$

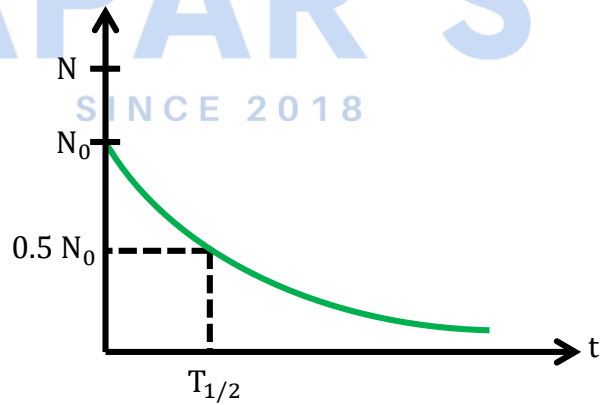
$$\text{বা, } [\ln N]_{N_0}^N = -\lambda[t]_0^t$$

$$\text{বা, } \ln N - \ln N_0 = -\lambda t$$

$$\text{বা, } \ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$$

$$\therefore \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

$$\text{বা, } N = N_0 e^{-\lambda t}$$



## নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞানের গুরুত্বপূর্ণ প্রতিভাস



### ৩. অর্ধজীবন (Half life)

যে সময়ে কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের  $N$  সংখ্যক পরমাণু ভেঙে  $\frac{N}{2}$  সংখ্যক হয়, সেই সময়ই হচ্ছে অর্ধজীবন ( $T_{1/2}$ )।

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

যখন,  $t = T_{1/2}$  = অর্ধজীবন, তখন,  $N = \frac{N_0}{2}$

$$\therefore \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$\Rightarrow \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\lambda T_{1/2}$$

$$\Rightarrow \ln 1 - \ln 2 = -\lambda T_{1/2}$$

$$\Rightarrow \ln 2 = \lambda T_{1/2} \quad (\because \ln 1 = 0)$$

$$\Rightarrow T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$



### ৪. গড় জীবন (Average life)

গড় জীবন,  $\tau = \frac{1\text{ম পরমাণুর জীবন} + 2\text{য় পরমাণুর জীবন} + \dots + N_0 \text{তম পরমাণুর জীবন}}{N_0}$

$$T = \frac{1}{\lambda}$$

$$\text{আবার, } \frac{1}{\lambda} = \tau$$

$$T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda}$$

$$\therefore T_{1/2} = 0.693 \tau$$

## নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞানের গুরুত্বপূর্ণ প্রতিভাস



### ৬. ভর ত্রুটি (Mass Defect)

$$\text{ভরত্রুটি, } \Delta m = (Zm_p + Nm_n) - M$$

$M$  = নিউক্লিয়াসের প্রকৃত ভর

$Z$  = প্রোটন সংখ্যা

$N$  = নিউট্রন সংখ্যা

$m_p$  = একটি প্রোটনের ভর

$m_n$  = একটি নিউট্রনের ভর



### ৬. বন্ধন শক্তি (Binding Energy)

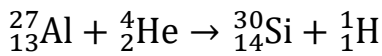
$$\text{বন্ধনশক্তি, } B.E = \Delta mc^2$$

$$\text{বা, } B.E = [(Zm_p + Nm_n) - M]c^2$$



### ৭. নিউক্লিয়ার বিক্রিয়া (Nuclear Reaction)

যে বিক্রিয়ায় পরমাণুর নিউক্লিয়াসের পরিবর্তন ঘটে তাকে নিউক্লিয়ার বিক্রিয়া বলে।



## Formula

$$1. hf = E_u - E_f$$

$$2. r_n = \frac{\epsilon_0 r^2 h^2}{\pi m Z e^2}$$

$$3. L = mvr = \frac{nh}{2\pi}$$

$$4. r_n = n^2 r_1$$

$$5. E_n = \frac{-me^4 z^2}{8n^2 \epsilon_0^2 h^2} = -\frac{ze^2}{8\pi \epsilon_0 r_n}$$

$$6. v_n = \frac{ze^2}{2\epsilon_0 nh} = \frac{nh}{2\pi m r_n} = \frac{\sqrt{ze}}{\sqrt{4\pi \epsilon_0 m r_n}}$$

$$7. E_{k_n} = \frac{ze^2}{8\pi \epsilon_0 r_n} \Rightarrow E_{k_n} = \frac{me^4 z^2}{8n^2 \epsilon_0^2 h^2}$$

$$E_{p_n} = \frac{-ze^2}{4\pi \epsilon_0 r_n} \Rightarrow E_{p_n} = -\frac{1}{4} \times \frac{me^4 z^2}{n^2 \epsilon_0^2 h^2}$$

$$8. |E_n| = \frac{1}{2} |E_{p_n}| = E_{k_n}$$

$$9. \frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

$$10. T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

$$11. N = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

## Formula

$$12. \tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T_{1/2}}{0.693} = \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$$

$$13. t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{N_0}{N}$$

$$14. R \propto A^{1/3}$$

$$15. \text{রৈখিক ভরবেগ, } P = \frac{Ze^2 m}{2\epsilon_0 h}$$

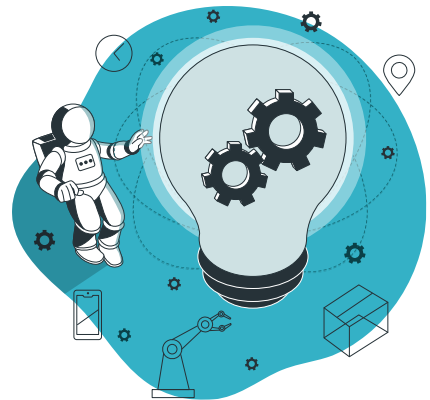
$$16. \Delta M = [Zm_p + (A - Z)m_n] - M$$

$$17. E_n = \frac{1}{n^2} E_1$$

$$18. R = R_0 A^{1/3}$$

$$19. t = T_{1/2} \log_2 n$$

APAR'S  
SINCE 2018



## Type-1

হাইড্রোজেন পরমাণুর কক্ষপথের ব্যাসার্ধ, ইলেকট্রনের রৈখিক ও কৌণিক বেগ, কৌণিক ভরবেগ ইত্যাদি নির্ণয় সংক্রান্ত:

$$\text{ব্যাসার্ধ, } r_n = \frac{\epsilon_0 n^2 h^2}{\pi m z e^2}$$

$$\text{কৌণিক ভরবেগ, } mvr = \frac{nh}{2\pi}$$

$$\text{কৌণিক বেগ, } \omega = \frac{v_n}{r_n}$$

$$\text{রৈখিক দ্রুতি, } v_n = \frac{ze^2}{2\epsilon_0 nh}$$



হাইড্রোজেন পরমাণুর অনুমোদিত প্রথম বোর- (i) কক্ষপথের ব্যাসার্ধ, (ii) কক্ষে ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ, (iii) রৈখিক দ্রুতি, (iv) কৌণিক বেগ, (v) প্রতি সেকেন্ডে ঘূর্ণন সংখ্যা, (vi) রৈখিক ভরবেগ নির্ণয় করা।

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}, h = 6.63 \times 10^{-34}, \\ m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}, e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$(i) \text{ ব্যাসার্ধ, } r_n = \frac{\epsilon_0 n^2 h^2}{\pi m z e^2} = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times 1^2 \times (6.63 \times 10^{-34})^2}{3.1416 \times 0.11 \times 10^{-31} \times 1 \times (1.6 \times 10^{-19})^2} = 5.31 \times 10^{-11} \text{ m}$$

$$(ii) \text{ কৌণিক ভরবেগ, } L = \frac{nh}{2\pi} = \frac{1 \times 6.63 \times 10^{-34}}{2 \times 3.14} = 1.06 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$(iii) \text{ রৈখিক দ্রুতি, } v_n = \frac{ze^2}{2\epsilon_0 nh} = \frac{1 \times (1.6 \times 10^{-19})^2}{2 \times 8.85 \times 10^{-12} \times 1 \times 6.63 \times 10^{-34}} = 2.19 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$$

$$(iv) \text{ কৌণিক বেগ, } \omega_n = \frac{v_n}{r_n} = \frac{2.19 \times 10^6}{5.31 \times 10^{-11}} = 4.124 \times 10^{16} \text{ rads}^{-1}$$

$$(v) \text{ প্রতি সেকেন্ডে ঘূর্ণন সংখ্যা, } f = \frac{\omega_n}{2\pi} = \frac{4.1 \times 10^{16}}{2 \times 3.14} = 6.5 \times 10^{15}$$

$$(vi) \text{ রৈখিক ভরবেগ, } mv_n = \frac{ze^2 m}{2\epsilon_0 nh} = 9.11 \times 10^{-31} \times 2.19 \times 10^6 \\ = 2 \times 10^{-24} \text{ kg ms}^{-1}$$

## Type-2

হাইড্রোজেন কক্ষপথে ইলেকট্রনের স্থিতিশক্তি, গতিশক্তি ও মোট শক্তি ইত্যাদি নির্ণয় সংক্রান্ত:

$$\text{গতিশক্তি, } E_k = \frac{Ze^2}{8\pi\epsilon_0 r_n}$$

$$\text{স্থিতিশক্তি, } E_p = \frac{-Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r_n}$$

$$\text{মোট শক্তি, } E_n = E_K + E_p$$

$$|E_n| = |E_k| = \frac{1}{2}|E_p|$$



হাইড্রোজেন পরমাণুর ৫ম বোর কক্ষের ইলেকট্রনের শক্তি কত? [ইলেকট্রনের ভর এবং আধান যথাক্রমে  $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$  এবং  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ । শূন্যস্থানে ভেদন যোগ্যতা  $= 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$ ]

$$\begin{aligned} E &= -\frac{me^4}{8n^2h^2\epsilon_0^2} = -\frac{9.1 \times 10^{-31} \times (1.6 \times 10^{-19})^4}{8 \times 5^2 \times (6.63 \times 10^{-34})^2 \times (8.85 \times 10^{-12})^2} \\ &= -8.661 \times 10^{-20} \text{ J} \\ &= -0.54 \text{ eV} \end{aligned}$$



একটি হাইড্রোজেন পরমাণু উত্তেজিত অবস্থা থেকে নিম্নতর শক্তিস্তরে আসলে যে ফোটন নিঃসরণ করবে তার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কত হবে? উত্তেজিত শক্তিস্তর এবং নিম্নতম শক্তিস্তরের শক্তি যথাক্রমে  $-3.4 \text{ eV}$  এবং  $-13.6 \text{ eV}$ । [ $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$ ,  $c = 3.0 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ ]

$$\Delta E = -3.4 - (-13.6) = 10.2 \text{ eV} = 10.2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\Delta E = hf \Rightarrow \Delta E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{10.2 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 1.21 \times 10^{-7} \text{ m}$$

## Type-3

ফোটনের কম্পাঙ্ক সূত্রের ব্যবহার:

$$\text{ফোটনের কম্পাঙ্ক, } f = \frac{z^2 m e^4}{8 \epsilon_0^2 h^3} \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$



যদি হাইড্রোজেন পরমাণুর একটি ইলেকট্রন  $n = 4$  শক্তিস্তর থেকে  $n = 2$  শক্তিস্তরে লাফ দিয়ে যায়, তবে নিঃসৃত ফোটনের কম্পাঙ্ক কত?

$[\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}, C^2 N^{-1} m^{-2}, h = 6.63 \times 10^{-34} Js,$   
 $m = 9.11 \times 10^{-31} kg, e = 1.6 \times 10^{-19} C]$

$$f = \frac{z^2 m e^4}{8 \epsilon_0^2 h^3} \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = 6.13 \times 10^{14} \text{ Hz}$$



মূর্তাপনে ফেরত





## Type-4

হাইড্রোজেন পরমাণুর ভূমি হতে উত্তেজিত কক্ষে যাওয়ার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি নির্ণয় সংক্রান্ত:

$$\text{প্রয়োজনীয় শক্তি } E = \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \left[ \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right]$$



হাইড্রোজেন পরমাণুর ভূমি কক্ষ ( $n = 1$ ) থেকে প্রথম উত্তেজিত কক্ষে ( $n = 2$ ) যাওয়ার জন্য শক্তির পরিমাণ নির্ণয় কর।

$$[\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{C}^2 \text{N}^{-1} \text{m}^{-2}, \quad h = 6.63 \times 10^{-34} \text{Js}, \\ m = 9.11 \times 10^{-31} \text{kg}, e = 1.6 \times 10^{-19} \text{C}]$$

$$E = \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \left[ \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right]$$

$$= \frac{me^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right)$$

$$= 1.62 \times 10^{-18} \text{ J}$$

## Type-5

নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ ও ঘনত্ব নির্ণয় সংক্রান্ত:

$$\text{ব্যাসার্ধ, } R = R_0 A^{1/3}$$

$$\text{ঘনত্ব, } \rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3m}{4\pi R^3}$$

$$[A = \text{ভরসংখ্যা, } R_0 = 1.2 \times 10^{-12} \text{ m}]$$



${}_{13}^{27}\text{Al}$  নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ ও ঘনত্ব নির্ণয় কর।

$$[R_0 = 1.2 \times 10^{-15} \text{ m, } m_p = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg এবং } m_n = 1.6866 \times 10^{-27} \text{ kg}]$$

$$R = R_0 A^{1/3}; \quad \rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi R^3}; \quad m = Zm_p + (A - Z)m_n$$

$$\therefore m = 13 \times m_p + 14m_n = 4.5193 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

$$R = R_0 A^{1/3} = 1.2 \times 10^{-15} \times 27^{1/3}$$

$$= 1.2 \times 3 \times 10^{-15}$$

$$= 3.6 \times 10^{-15} \text{ m}$$

$$= 3.6 \text{ fm}$$

$$\rho = \frac{3m}{4\pi R^3} = 2.31 \times 10^{17} \text{ kg}^{-3}$$

## Type-6

তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু সংক্রান্ত:

$$\text{তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু } T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad [\lambda = \text{ক্ষয় ধ্রুবক}]$$



কোনো তেজস্ক্রিয় মৌলের ক্ষয় ধ্রুবকের মান  $0.01 \text{ s}^{-1}$ । এর অর্ধায়ু নির্ণয় কর।

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{0.01} = 69.3 \text{ s}$$



একটি তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু 1600 বছর। কত সময় পরে তেজস্ক্রিয় পদার্থের  $\frac{15}{16}$  অংশ ক্ষয়প্রাপ্ত হবে?

$$\frac{15}{16} \text{ অংশ ক্ষয় প্রাপ্ত হলে অবশিষ্ট থাকে} = 1 - \frac{15}{16} = \frac{1}{16} \text{ অংশ}$$

$$\therefore N = \frac{1}{16} N_0$$

$$\text{এখন, } N = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$$

$$\Rightarrow \lambda t = \ln\left(\frac{N_0}{N}\right) \Rightarrow \frac{0.693}{T_{1/2}} t = \ln\left(\frac{N_0}{\frac{N_0}{16}}\right) \Rightarrow t = 6401.359 \text{ Y} \approx 6400 \text{ Y}$$

## Type-7

তেজস্ক্রিয় মৌলের গড় আয়ু সূত্রের ব্যবহার সংক্রান্ত:

$$\text{তেজস্ক্রিয় মৌলের গড় আয়ু, } \tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T_{1/2}}{0.693}$$



রেডিয়ামের গড় আয়ু **2294** বছর। এর অবক্ষয় ধ্রুবকের মান ও অর্ধায়ু বের কর।

(i) অবক্ষয় ধ্রুবক,  $\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{2294} = 4.359 \times 10^{-4} \text{yr}^{-1}$

(ii) অর্ধায়ু,  $T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda}$

$$= 0.693 \times \tau$$

$$= 0.693 \times 2294$$

$$= 1590 \text{ বছর}$$

## Type-8

তেজস্ক্রিয় ক্ষয়সূত্রের ব্যবহার সংক্রান্ত:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow \frac{N}{N_A} = \frac{N_0}{N_A} e^{-\lambda t}$$

$$\therefore n = n_0 e^{-\lambda t}$$

$$n = \frac{W}{M}$$

$$\therefore \frac{W}{M} = \frac{W_0}{M} e^{-\lambda t}$$

$$\therefore W = W_0 e^{-\lambda t}$$



কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধায়ু 1000 বছর। কত বছর পর উহার তেজস্ক্রিয়তা ক্ষয়প্রাপ্ত হয়ে  $1/10$  th হবে? ঐ তেজস্ক্রিয় পদার্থের গড় আয়ু কত হবে?

$$T_{1/2} = 1000 \text{ years}$$

SINCE 2018

$$\text{গড় আয়ু, } \tau = \frac{T_{1/2}}{\ln(2)} = \frac{1000}{0.693} = 1442.69 \text{ years}$$

$$\text{ক্ষয় ধ্রুবক, } \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow \frac{N_0}{10} = N_0 \cdot e^{\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t}$$

$$\Rightarrow -\ln(10) = \frac{-\ln(2)}{1000} \times t \times \ln(e)$$

$$\Rightarrow t = 1000 \times \frac{\ln(10)}{\ln(2)} = 3321.928 \text{ years}$$

মূর্ত্যপন্থে ফেরত



## Type-9

তেজস্ক্রিয় রূপান্তর সূত্রের ব্যবহার সংক্রান্ত:

$$\text{তেজস্ক্রিয় রূপান্তর: } \frac{dN}{dt} = -\lambda N$$



1g রেডিয়াম থেকে প্রতি সেকেন্ডে  $3.5 \times 10^{10}$  সংখ্যক আলফা কণা নির্গত হয়, রেডিয়ামের অর্ধায়ু নির্ণয় কর। [রেডিয়ামের পারমাণবিক ভর 226 এবং অ্যাভোগেড্রো  $6.023 \times 10^{23}$ ]

আমরা জানি,  $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$

$$-\frac{dN}{dt} = 3.5 \times 10^{10}$$

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

$$1g \text{ রেডিয়ামে, } N = \frac{6.023 \times 10^{23}}{226}$$

$$\therefore \lambda = -\frac{dN}{dt} / N = \frac{3.5 \times 10^{10} \times 226}{6.023 \times 10^{23}}$$

$$T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} = 5.27 \times 10^{10} \text{ sec} \\ = 1673.2 \text{ years}$$

## Type-10

$E = mc^2$  শক্তির ব্যবহার সংক্রান্ত:

$$\text{গতিশীল অবস্থার ভর, } m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$



যদি একটি নিউট্রনকে সম্পূর্ণরূপে শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়, তবে কত শক্তি পাওয়া যাবে? ইলেকট্রন ভোল্টে এ শক্তির মান কত?

[নিউট্রনের ভর =  $1.674 \times 10^{-27} \text{ kg}$  এবং  $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ ]

$$E = mc^2$$

$$= 1.674 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2$$

$$= 15.066 \times 10^{-11} \text{ J}$$

$$\therefore \Delta E = \frac{15.066 \times 10^{-11}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV} = 9.41 \times 10^8 \text{ eV}$$