

**Hello Sir !**

**CHEMISTRY Academy**

**Dr. Debabrata Maiti**  
**(PhD, Jadavpur University)**

**Class XI, Unit 2**

পারমাণবিক গঠন-Bohr's theory  
2h Coaching

1. বোহরের নীতি (Bohr's Postulates)
2. বর্ণনামূলক প্রশ্নোত্তর
3. বোহরের ব্যাসার্ধ: Hydrogen atom radius
  - i. সমীকরণ
  - ii.  $n$  এবং  $Z$  এর সাথে " $r$ " এর সম্পর্ক
  - iii. প্রশ্নোত্তর
4. বোহরের তত্ত্ব থেকে ইলেকট্রন শক্তি (Electron Energy)
  - i. সমীকরণ
  - ii. অন্যান্য  $n$  এবং  $Z$  এর সাথে " $E$ " এর সম্পর্ক
  - iii. প্রশ্নোত্তর
5. বোহরের মডেলে ইলেকট্রন রূপান্তরের জন্য শক্তি পরিবর্তন (Electron's Energy change)
  - i. সমীকরণ
  - ii. প্রশ্নোত্তর
6. বোহরের মডেলে ইলেকট্রন রূপান্তরের জন্য আলোক নির্গমন (Light emission), স্পেকট্রাল লাইনসমূহ
7. বোহরের তত্ত্ব থেকে আয়নীকরণ শক্তি (Ionization Energy)
  - i. সমীকরণ
  - ii. প্রশ্নোত্তর

## বোরের হাইড্রোজেন পরমাণুর পারমাণবিক মডেল (1913), নোবেল পুরস্কার (1922)



J J Balmer



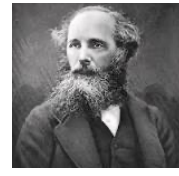
Luice Planck



Niels Bohr



Rutherford



Maxwell

### INTRODUCTION

1. নীলস বোরের **হাইড্রোজেন পরমাণুর** পারমাণবিক মডেল (১৯১৩) প্রস্তাব করেছিলেন, প্ল্যাঙ্কের কোয়ান্টাম তত্ত্বের (1890) উপর ভিত্তি করে যা  $E=h\nu$
2. তিনি রাদারফোর্ড পারমাণবিক মডেলের (১৯১১) সাথে একমত:
  - i. পরমাণুতে **নিউক্লিয়াস** অস্তিত্বের প্রথম ধারণা এবং এইটা positive (+) charge সে সম্পর্কে প্রথম ধারণা প্রস্তাব করেছিলেন (**Gold foil পরীক্ষা**)
  - ii. পরমাণুতে **কক্ষপথের** অস্তিত্বের প্রথম ধারণা
  - iii. পরমাণুর কক্ষপথে **ইলেকট্রন** ধনাত্মকভাবে চার্জিত **নিউক্লিয়াসের চারপাশে ঘোরে**।
3. নীলস বোরের তত্ত্ব ম্যাক্সওয়েলের তড়িৎ চৌম্বকীয় অনুমান লঙ্ঘন করেনি
4. বালমার (Balmer) হাইড্রোজেন পরমাণু থেকে বর্ণালী রেখা লক্ষ্য করেছিলেন (১৯৮৫), কিন্তু ব্যাখ্যা করতে ব্যর্থ হন। বোরের তত্ত্ব সেই সত্যটি ব্যাখ্যা করে।

### হাইড্রোজেন পরমাণুর পারমাণবিক তত্ত্বের বোর'র ধারণা

1. **ইলেকট্রনের গতিবিধি:** ইলেকট্রন হাইড্রোজেন পরমাণুর কক্ষপথে (orbit) ধনাত্মক চার্জযুক্ত নিউক্লিয়াসের চারপাশে ঘোরে
2. **শক্তি:**
  - i. **কক্ষপথের শক্তি:**  
হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয়াসের চারপাশে কক্ষপথে ঘোরার সময় ইলেকট্রন শক্তি বিকিরণ করে না।
  - ii. **ইলেকট্রনের শক্তি:**
    - a. ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের "**দিকে**" যাওয়ার সময় শক্তি বিকিরণ করে
    - b. ইলেকট্রন নিউক্লিয়াস থেকে "**দূরে**" যাওয়ার সময় শক্তি শোষণ করে
3. **দুটি বল**  
positive (+) charge নিউক্লিয়াস এবং negative (-) charge ইলেকট্রনের মধ্যে **তড়িৎস্থিতিশীল** (electrostatic) আকর্ষণ কেন্দ্রকেন্দ্রিক বলের (centrifugal force) সমান।

## হাইড্রোজেন পরমাণুর ব্যাখ্যা সম্পর্কে বোরের নীতিমালা

1. **ইলেকট্রনের গতিবিধি:** হাইড্রোজেন পরমাণুর কক্ষপথে positive (+) charge নিউক্লিয়াসের চারপাশে negative (-) charge ইলেকট্রন ঘোরে (রাদারফোর্ড মডেল অনুসারে)

2. **শক্তি:**

i. **কক্ষপথের শক্তি:** হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয়াসের চারপাশে ঘোরে ইলেকট্রন শক্তি বিকিরণ করে না কারণ এটি পরমাণুর মধ্যে পরিমাণগত শক্তি স্তরে বিদ্যমান (প্ল্যাঙ্কের তত্ত্বের মৌলিক কোয়ান্টাম বলবিদ্যা অনুসারে)

ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ = পরিমাণগত শক্তি

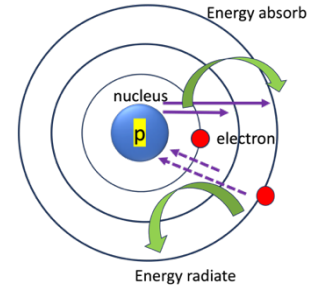
$$mvr = \frac{nh}{2\pi} \quad [n=1, 2, 3, \dots]$$

**দ্রষ্টব্য:** এই কারণেই ইলেকট্রনের শক্তি হ্রাস/বিকিরণের কোনও সম্ভাবনা নেই: তাই ইলেকট্রনের গতি কখনও ধীর হয় না (ম্যাক্সওয়েলের তড়িৎ চৌম্বকীয় বিকিরণ অনুমান লঙ্ঘন করে না)

ii. **ইলেকট্রনের শক্তি:**

- ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের "দিকে" যাওয়ার সময় শক্তি বিকিরণ (energy radiation) করে। ( $n^{\text{th}}$  কক্ষপথের শক্তি বেশি, )
- ইলেকট্রন নিউক্লিয়াস থেকে "দূরে" যাওয়ার সময় শক্তি শোষণ (energy absorption) করে কারণ নিউক্লিয়াস থেকে নিকটতম কক্ষপথের ইলেকট্রনের উপর আকর্ষণ বল বেশি।  
আকর্ষণ বল বাতিল করতে শক্তির প্রয়োজন হয়।

এটি হাইড্রোজেন পরমাণুর বালমার (Balmer) বর্ণালী রেখা (1885) ব্যাখ্যা করে

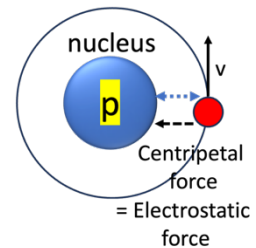


3. **দুটি বল**

তড়িৎস্থিতিশীল আকর্ষণ (electrostatic attraction) = কেন্দ্রমুখী বল (centrifugal force)।

(ধনাত্মক চার্জযুক্ত নিউক্লিয়াস এবং  
ঋণাত্মক চার্জযুক্ত ইলেকট্রনের মধ্যে)

(যা ইলেকট্রনকে  
কক্ষপথের বাইরে ফেলে দেয়)



### বোরের তত্ত্ব থেকে প্রশ্ন

1. ইলেকট্রন নড়াচড়া করে, কিন্তু ধীর হয় না?

**Ans.** হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয়াসের চারপাশে ঘোরাফেরা করার সময় পরমাণুর মধ্যে পরিমাণগত শক্তি স্তরে বিদ্যমান। ইলেকট্রন শক্তি বিকিরণ করে না। এটি ধীর হয় না।

2. পরমাণু থেকে আলো নির্গমনের প্রথম ধারণা

**Ans.** বোরের তত্ত্ব থেকে: ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের "দিকে" যাওয়ার সময় আলোর মতো শক্তি বিকিরণ করে, কারণ প্ল্যাঙ্কের কোয়ান্টাম সমীকরণ অনুসারে শক্তি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সাথে সম্পর্কিত।

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

3. ইলেকট্রন কেন নিউক্লিয়াসে পড়ে না?

**Ans.** কারণ

১. ইলেকট্রনগুলি **নির্দিষ্ট শক্তি স্তরে** বা নিউক্লিয়াসের চারপাশে **কক্ষপথে** বিদ্যমান থাকে,

২. ইলেকট্রন তরঙ্গের মতো আচরণ করে, তাই তাদের পক্ষে একটি বিন্দুতে স্থানীয়করণ করা অসম্ভব।

4. বোরের তত্ত্বে, ইলেকট্রনের কৌণিক ভরবেগ কোয়ান্টাইজড। ইলেকট্রনের কোন ধর্ম নির্দেশ করে?

**Ans.** particle property

### হাইড্রোজেন পরমাণুর জন্য বোরের সমীকরণ

1. বোর ব্যাসার্ধ (**Bohr's radius**)

(হাইড্রোজেন পরমাণুর ব্যাসার্ধ)

2. ইলেকট্রনের শক্তি

### Bohr's radius (বোরের ব্যাসার্ধ)

বোরের ব্যাসার্ধ হল হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয়াস এবং ইলেকট্রনের মধ্যে তার স্থল অবস্থায় সবচেয়ে সম্ভাব্য দূরত্ব ( $n = 1$ )।

এটিকে  $a_0$  হিসাবে চিহ্নিত করা হয় এবং এর মান প্রায়  $5.29 \times 10^{-11}$  মিটার।

## ব্যাসার্ধের জন্য বোরের সমীকরণ

### Bohr's 3rd postulate

Centripetal force = Electrostatic force

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{Z e^2}{4\pi \epsilon_0 r^2} \dots\dots\dots \text{Eq.1}$$

### Bohr's 2nd postulate

Angular momentum of electron = quantized energy of orbit

Planck equation, photon=quanta  $mvr = \frac{nh}{2\pi}$

So,  $v^2 = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m^2 r^2} \dots\dots\dots \text{Eq.2}$

From Eq. 1 & 2

$$\frac{Z e^2}{4\pi m \epsilon_0 r} = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 m^2 r^2} \longrightarrow r = \frac{\epsilon_0 n^2 h^2}{\pi m e^2 Z} = 0.529 \frac{n^2}{Z} = 0.529 \text{ \AA} = a_0 \text{ (For H atom)}$$

$m$  = mass of electron =  $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

$v$  = velocity of electron

$n$  = orbit number = principal quantum number

$h$  = Planck's constant =  $4.136 \times 10^{-15} \text{ eV/s}$   
 $= 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$   
 $= 6.626 \times 10^{-34} \text{ Kg m}^2 \text{ s}^{-1}$

$\epsilon_0$  = permittivity of free space

$e$  : charge of the electron

$Z$  = atomic number

## বোরের ব্যাসার্ধ সম্পর্কে বিস্তৃত প্রশ্নোত্তর

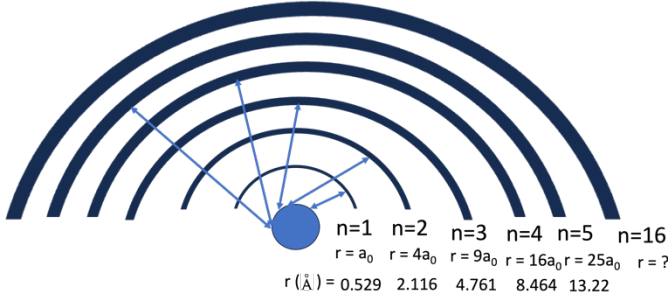
1. বোরের ব্যাসার্ধের সংজ্ঞা দাও? এর গাণিতিক রাশি বের করো।

বোরের ব্যাসার্ধ হলো হাইড্রোজেন পরমাণুর সর্বনিম্ন শক্তি কক্ষপথের (স্থল অবস্থা) ব্যাসার্ধ। এটি হাইড্রোজেনের স্থল অবস্থায় নিউক্লিয়াস এবং ইলেকট্রনের মধ্যে সবচেয়ে সম্ভাব্য দূরত্বকে প্রতিনিধিত্ব করে। এটি বর্ণনা করার জন্য, আমরা বোরের **সমীকরণ** ব্যবহার করি:

**সম্পর্ক: ব্যাসার্ধ (r) এবং প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা (n): square relation**

প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে নিউক্লিয়াস থেকে ইলেকট্রনের উপর আকর্ষণ বল হ্রাস পায়। ইলেকট্রন নিউক্লিয়াস থেকে দূরে থাকায় পারমাণবিক ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পায়।

$$r = 0.529 \frac{n^2}{Z}$$



	increasing			
n =	1	2	3	4
r (Å) =	0.529	2.116	4.761	8.464
	increasing			

**ব্যাসার্ধ (r) এবং পারমাণবিক সংখ্যা (Z) এর মধ্যে সম্পর্ক:**

পারমাণবিক সংখ্যা বৃদ্ধির সাথে সাথে নিউক্লিয়াস থেকে ইলেকট্রনের উপর আকর্ষণ বল বৃদ্ধি পায়। ইলেকট্রনগুলি নিউক্লিয়াসের কাছাকাছি থাকার ফলে পারমাণবিক ব্যাসার্ধ হ্রাস পায়।

$$r = 0.529 \frac{n^2}{Z}$$

**বোরের ব্যাসার্ধ সম্পর্কে কিছু প্রশ্ন/উত্তর**

1. স্থল অবস্থায় হাইড্রোজেন পরমাণুর ব্যাসার্ধ  $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$ . যদি এই পরমাণুটি একটি ইলেকট্রনের সাথে সংঘর্ষ করে তাহলে এর মান  $21.2 \times 10^{-11}$  হয়ে যায়। প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যার মান কত হবে?

**Ans.**

Hints.

$$\begin{aligned} r &\propto n, \text{ then } r_1/r_2 = n_1/n_2 \\ 5.3 \times 10^{-11} \text{ m} / 21.2 \times 10^{-11} &= 1/n_2 \\ n_2 &= 4 \end{aligned}$$

2. হাইড্রোজেনের কক্ষপথের পারমাণবিক ব্যাসার্ধের  $n=4$  এবং  $n=2$  অনুপাত গণনা করুন

**Ans.**

$$\begin{aligned} r &\propto n, \\ \text{then } r_1/r_2 &= n_1/n_2 \\ r_1/r_2 &= 2/4 = 1:2 \end{aligned}$$

3. বোহরের ব্যাসার্ধ  $\text{Li}^{2+}$  এবং  $\text{Be}^{3+}$  এর অনুপাত গণনা করুন

**Ans.**

$$r \propto 1/Z,$$

$$\text{then } r_{\text{Li}^{2+}} / r_{\text{Be}^{3+}} = Z_{\text{Be}^{3+}} / Z_{\text{Li}^{2+}} = 4/3 = 4 : 3$$

4. মূল কোয়ান্টাম সংখ্যা  $n$  এর সাথে একটি কক্ষপথের ব্যাসার্ধ কীভাবে পরিবর্তিত হয়?

**Ans.**

বোহরের মডেলে, ইলেকট্রন কক্ষপথের ব্যাসার্ধ মূল কোয়ান্টাম সংখ্যা  $n$  এর বর্গের সাথে বৃদ্ধি পায়:

$$r_n = a_0 n^2$$

এর অর্থ হল:

- প্রথম কক্ষপথের ( $n=1$ ) ব্যাসার্ধ  $a_0$
- দ্বিতীয় কক্ষপথের ( $n=2$ ) ব্যাসার্ধ  $4a_0$
- তৃতীয় কক্ষপথের ( $n=3$ ) ব্যাসার্ধ  $9a_0$  ইত্যাদি।

সুতরাং, শক্তির স্তরের সাথে ব্যাসার্ধ দ্বিঘাতভাবে বৃদ্ধি পায়, যা নির্দেশ করে যে উচ্চ শক্তির ইলেকট্রন নিউক্লিয়াস থেকে দূরে অবস্থিত।

8. বোহরের ব্যাসার্ধ কোন বিষয়গুলির উপর নির্ভর করে?

**Ans.**

বোহরের ব্যাসার্ধ হল:

$$a_0 = 4\pi\epsilon_0 \hbar^2 / m e^2$$

এটি নির্ভর করে:

- $\epsilon_0$  = মুক্ত স্থানের পারমিটিভিটি
- $\hbar$  = হ্রাসকৃত প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক
- $m$ : ইলেকট্রনের ভর
- $e$ : ইলেকট্রনের চার্জ

হাইড্রোজেনের জন্য এটি পারমাণবিক সংখ্যা  $Z$  এর উপর নির্ভর করে না, তবে হাইড্রোজেন-সদৃশ আয়নগুলির জন্য (যেমন  $\text{He}^+$ ,  $\text{Li}^{2+}$ ), ব্যাসার্ধ সূত্রটি হয়ে যায়:

$$r_n = a_0 n^2 / Z$$

## ইলেকট্রনের শক্তি (Energy of Electron)

$$\begin{aligned}\text{Total Energy} = \text{K.E.} + \text{P.E} &= \frac{1}{2}mv^2 + \left( -\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right) = \frac{1}{2} \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} - \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \\ &= -\frac{Ze^2}{8\pi\epsilon_0 r} = -\frac{e^4 m Z^2}{8\epsilon_0^2 h^2 n^2} = -R \frac{Z^2}{n^2} = \boxed{-13.6 \frac{Z^2}{n^2} \text{ eV/atom}} \\ &= -21.8 \times 10^{-9} \frac{Z^2}{n^2} \text{ J /atom} \\ &= -1.097 \times 10^{-7} \frac{Z^2}{n^2} \text{ m}^{-1}/\text{atom}\end{aligned}$$

**Energy amount in terms of frequency ( $\nu$ ), wavelength ( $\lambda$ ), wavenumber ( $\bar{\nu}$ )**

Planck's equation

$$\text{Energy of electron (E)} = h\nu = -R \frac{Z^2}{n^2} \quad \text{So, } \nu = -\frac{R Z^2}{hn^2}$$

$$= hc \bar{\nu} = -R \frac{Z^2}{n^2} \quad \text{So, } \bar{\nu} = -\frac{R Z^2}{hc n^2}$$

$$\begin{aligned}\text{Planck constant, } h &= 4.136 \times 10^{-15} \text{ eV.s} \\ &= 6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s} \\ &= 6.626 \times 10^{-34} \text{ Kg m}^2 \text{ s}^{-1}\end{aligned}$$

$$\frac{1}{\lambda} = -\frac{R Z^2}{hc n^2}$$

**Total Energy (E) = Kintetic energy (KE) + Potential Energy (PE)**

$$\text{K.E.} = -E, \quad \text{PE} = 2E$$

## ইলেকট্রনের শক্তি সম্পর্কে কিছু প্রশ্ন/উত্তর

Q. হাইড্রোজেন পরমাণু থেকে প্রায়  $1.63 \times 10^{-18} \text{ J}$  বা  $10.2 \text{ eV}$  শক্তি নির্গত হয়েছিল, সংশ্লিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্য (wavelength) কত?

Ans.

$$\begin{aligned}\text{wavelength} &= \frac{13.6 \text{ eV} \times 1^2}{4.136 \times 10^{-15} \text{ eV.s} \times 3.0 \text{ m s}^{-1} \times 1^2} \\ &= 1.1 \times 10^{15} \text{ m}\end{aligned}$$

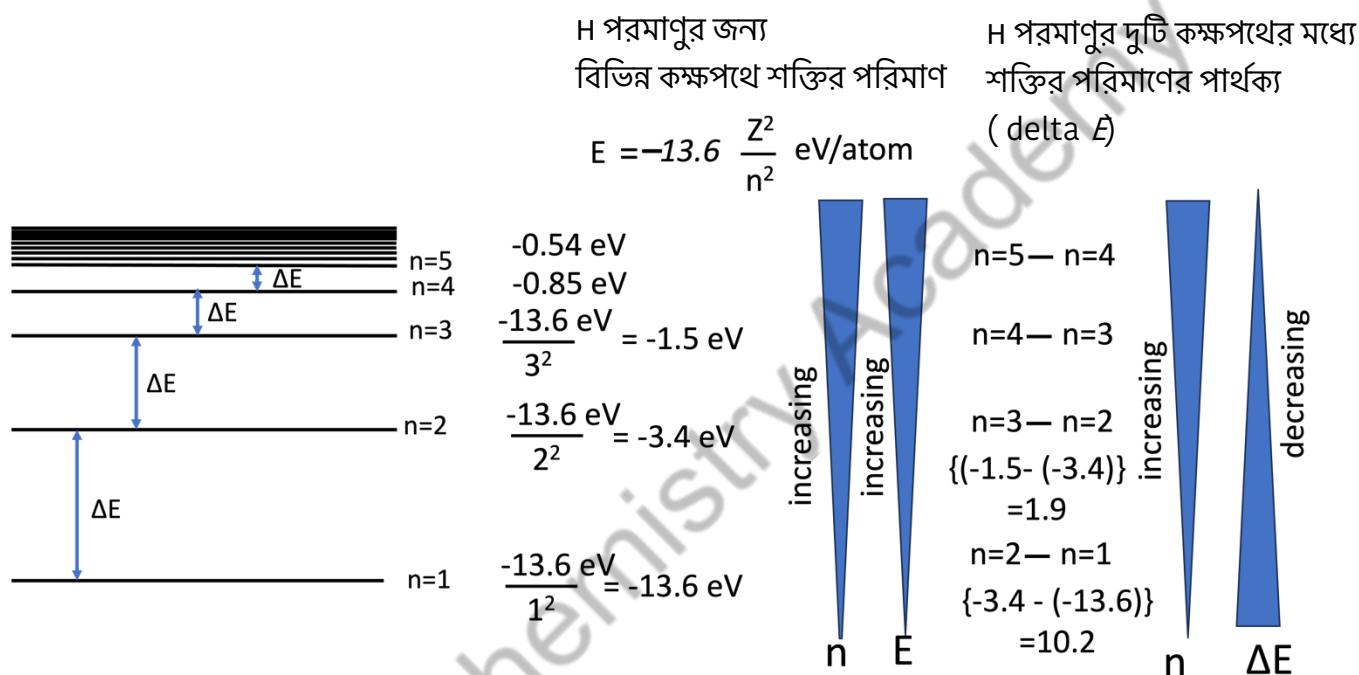


Q. হাইড্রোজেন-সদৃশ একটি মৌলের মধ্যে একটি ইলেকট্রন উত্তেজিত অবস্থায় থাকে যার মোট ইলেকট্রনিক শক্তি  $-3.4 \text{ eV}$  এর সমান। গতিশক্তি কত?

Ans.

$$\text{গতিশক্তি (K.E)} = -E = -(-3.4 \text{ eV}) = 3.4 \text{ eV}$$

### সম্পর্ক: $E$ / শক্তির পার্থক্য ( $\Delta E$ ) এর সাথে $n$



### সম্পর্ক: $E$ এর সাথে $Z$

উচ্চতর পারমাণবিক সংখ্যার অর্থ নিউক্লিয়াসে ধনাত্মক চার্জ বেশি, যা ইলেকট্রনের উপর একটি শক্তিশালী আকর্ষণ বল প্রয়োগ করে ইলেকট্রনগুলিকে নিউক্লিয়াসের কাছাকাছি আসার ফলে পারমাণবিক ব্যাসার্ধ হ্রাস পায়।

## Energy Difference

### Energy Difference

$n_L$  = lower energy state,  $n_H$  = higher energy state  $n_L \sim n_H$

$$E = -13.6 \frac{Z^2}{n^2} \text{ eV/atom}$$

$$\Delta E = -\frac{Z^2 e^4 m}{8 \epsilon_0^2 n_H^2 h^2} - \left( -\frac{Z^2 e^4 m}{8 \epsilon_0^2 n_L^2 h^2} \right) = \frac{Z^2 e^4 m}{8 \epsilon_0^2 h^2} \left( \frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_H^2} \right) = 13.6 \left( \frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_H^2} \right)$$

### Electron transition/jumps

Calculate the energy for electron transition from  $n=2$  to  $n=1$  for hydrogen atom

$$E_1 - E_2 = -13.6 \frac{1}{n_1^2} - \left( -13.6 \frac{1}{n_2^2} \right) = 13.6 \left( \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) = 13.6 \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{1} \right) = -10.2 \text{ eV/atom}$$

Ans. Absolute value: 10.2 eV

Calculate the energy for electron transition from  $n=1$  to  $n=2$  for hydrogen atom

$$E_2 - E_1 = -13.6 \frac{1}{n_2^2} - \left( -13.6 \frac{1}{n_1^2} \right) = 13.6 \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = 13.6 \left( \frac{1}{1} - \frac{1}{4} \right) = 10.2 \text{ eV/atom}$$

Ans. Absolute value: 10.2 eV

## বোহরের তত্ত্ব থেকে শক্তি এবং শক্তির পার্থক্য সম্পর্কিত MCQ প্রশ্নোত্তর

১. হাইড্রোজেন পরমাণুর দুটি স্তরের মধ্যে শক্তির পার্থক্য  $\Delta E$  এর জন্য দায়ী:

- ক) তেজস্ক্রিয়তা
- খ) ফোটনের নির্গমন বা শোষণ
- গ) পারমাণবিক বিভাজন
- ঘ) পারমাণবিক সংখ্যার পরিবর্তন

উত্তর: খ

২. হাইড্রোজেন পরমাণুর কোন রূপান্তর ফোটনের সর্বোচ্চ শক্তি নির্গত করে?

- A)  $n=3 \rightarrow n=2$
- B)  $n=4 \rightarrow n=2$
- C)  $n=2 \rightarrow n=1$
- D)  $n=5 \rightarrow n=4$

উত্তর: C

(কারণ  $\Delta E$  স্থল অবস্থায় রূপান্তরের জন্য সর্বাধিক)

3. বোহরের মডেলে একটি কক্ষপথের শক্তি হল:

- A)  $n$  এর প্রত্যক্ষ সমানুপাতিক
- B)  $n$  এর বিপরীত সমানুপাতিক
- C)  $n$  এর বিপরীত সমানুপাতিক
- D)  $n^{1/2}$  এর সমানুপাতিক

উত্তর: C

**বোহরের তত্ত্ব থেকে শক্তি এবং শক্তির পার্থক্য সম্পর্কিত বর্ণনামূলক প্রশ্নোত্তর**

Bohr মডেল অনুযায়ী, দুইটি কক্ষপথের মধ্যে ইলেকট্রনের Energy Difference কীভাবে নির্ণয় করা হয়?

**Ans.**

Bohr মডেল অনুযায়ী:

$$\Delta E = E_{\text{final}} - E_{\text{initial}}$$

যেখানে,

$$E_n = -\frac{13.6 \times Z^2}{n^2} \text{ eV}$$

অতএব,

দুটি স্তরের মধ্যে Energy Difference:

$$\Delta E = 13.6Z^2 \left( \frac{1}{n_{\text{initial}}^2} - \frac{1}{n_{\text{final}}^2} \right) \text{ eV}$$

Hydrogen atom-এ  $n=3$  থেকে  $n=2$  স্তরে গেলে ইলেকট্রনের energy পরিবর্তন কত?

**Ans.**

Hydrogen  $\rightarrow Z = 1$

$$\begin{aligned} \Delta E &= 13.6 \times 1^2 \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) \\ &= 13.6 \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) \\ &= 13.6 \left( \frac{5}{36} \right) \\ &= 1.89 \text{ eV} \end{aligned}$$

**Energy difference সবসময় কি ধনাত্মক হয়?**

**Ans**

না, Energy Difference ধনাত্মক বা ঋণাত্মক হতে পারে।

- যদি ইলেকট্রন উচ্চ স্তর থেকে নিচু স্তরে আসে (emission), তাহলে Energy negative হয়।
- যদি ইলেকট্রন নিচু স্তর থেকে উচ্চ স্তরে যায় (absorption), তাহলে Energy positive হয়।

**He<sup>+</sup> (Helium ion)-এর n=2 থেকে n=1 স্তরে যাওয়ার Energy Difference কত?**

Ans He<sup>+</sup> → Z = 2

$$\begin{aligned}\Delta E &= 13.6 \times 2^2 \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) \\ &= 13.6 \times 4 \left( 1 - \frac{1}{4} \right) \\ &= 13.6 \times 4 \times \frac{3}{4} \\ &= 13.6 \times 3 \\ &= 40.8 \text{ eV}\end{aligned}$$

**Bohr মডেলে Energy levels এর sign সবসময় নেগেটিভ কেন?**

Bohr মডেল অনুযায়ী ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের সাথে বাঁধা থাকে। তাই ইলেকট্রনের মোট energy negative হয়। Energy zero হয় যখন ইলেকট্রন পুরোপুরি মুক্ত (ionized) হয়ে যায়।

### Bohr-এর তত্ত্ব অনুযায়ী স্পেকট্রাল লাইনসমূহ (Spectral Lines):

Bohr-এর মডেল অনুযায়ী, যখন একটি ইলেকট্রন কোনো উচ্চতর শক্তির কক্ষপথ (higher energy level) থেকে নিচের শক্তির কক্ষপথে (lower energy level) নেমে আসে, তখন একটি নির্দিষ্ট শক্তির (Energy) ফোটন নির্গত হয়। এই নির্গত ফোটনের শক্তি ঠিক হয় দুটি শক্তি স্তরের Energy Difference দিয়ে:

$$\Delta E = h\nu = E_{\text{higher}} - E_{\text{lower}}$$

h = Planck-এর ধ্রুবক,

ν = নির্গত ফোটনের তরঙ্গের ফ্রিকোয়েন্সি (frequency),

- E<sub>higher</sub> = উচ্চতর শক্তির স্তরের শক্তি,
- E<sub>lower</sub> = নিম্ন স্তরের শক্তি।

### বিভিন্ন সিরিজের স্পেকট্রাল লাইনসমূহ:

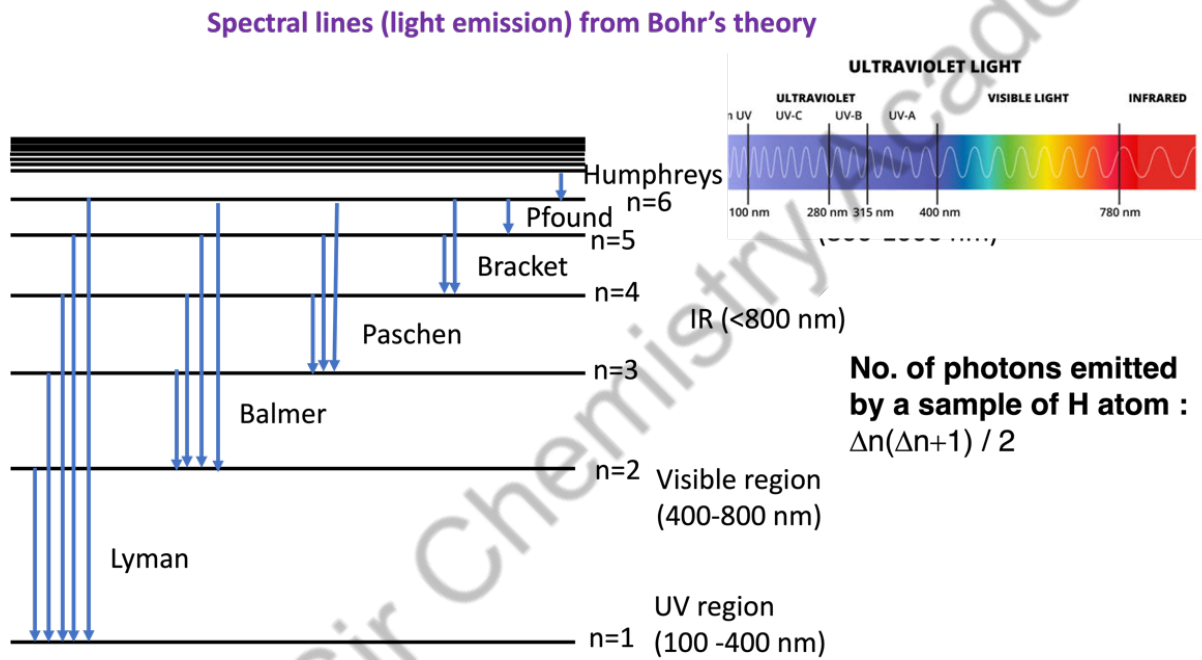
সিরিজের নাম	n <sub>lower</sub>	রশ্মির ধরন	অবস্থান
Lyman Series	n=1	অতিবেগুনি (Ultraviolet)	UV অঞ্চলে
Balmer Series	n=2	দৃশ্যমান (Visible)	দৃশ্যমান অঞ্চলে
Paschen Series	n=3	অবলোহিত (Infrared)	IR অঞ্চলে
Brackett Series	n=4	অবলোহিত (Infrared)	আরও দীর্ঘ তরঙ্গদৈর্ঘ্যে
Pfund Series	n=5	অবলোহিত (Infrared)	আরও দীর্ঘ তরঙ্গদৈর্ঘ্যে

Q. হাইড্রোজেনের  $n=1$  স্তরে রূপান্তরের ফলে কোন বর্ণালী ধারা তৈরি হয়?

- ক) বালমার  
খ) লাইম্যান  
গ) পাসচেন  
ঘ) ব্র্যাকেট

**উত্তর:** খ

(লাইম্যান ধারার স্থল অবস্থায় রূপান্তরের জন্য)



### বোহরের তত্ত্ব থেকে আলো শোষণ/নির্গমন সম্পর্কিত বর্ণনামূলক প্রশ্নোত্তর

1. কেন হাইড্রোজেন একটি অবিচ্ছিন্ন বর্ণালীর পরিবর্তে নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যে বিকিরণ নির্গত করে?

**Ans.**

বোহরের মডেলে, একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ইলেকট্রনগুলি কেবল বিচ্ছিন্ন শক্তি স্তর (পরিমাণকৃত কক্ষপথ) দখল করতে পারে। যখন একটি ইলেকট্রন এই স্তরগুলির মধ্যে স্থানান্তরিত হয়, তখন এটিকে তাদের মধ্যে পার্থক্যের সমান শক্তি শোষণ বা নির্গত করতে হবে।

$$\Delta E = E_{\text{final}} - E_{\text{initial}} = h\nu = hc/\lambda$$

যেহেতু শক্তি স্তরগুলি বিচ্ছিন্ন, তাই শুধুমাত্র  $\Delta E$  (এবং তাই নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্য) এর নির্দিষ্ট মান সম্ভব। এর ফলে রেখা বর্ণালী তৈরি হয়, অবচ্ছিন্ন বর্ণালী তৈরি হয় না।

2. একটি হাইড্রোজেন পরমাণু 12.09 eV শক্তির একটি ফোটন শোষণ করে। ইলেকট্রনটি কোন শক্তি স্তরে লাফিয়ে উঠেছে?

**Ans.**

হাইড্রোজেনের স্থল অবস্থা শক্তি হল  $E_1 = -13.6 \text{ eV}$

$$E_{\text{final}} = E_1 + 12.09 = -13.6 + 12.09 = -1.51 \text{ eV}$$

এখন, বোরের সূত্র ব্যবহার করুন:

$$E_n = -13.6/n^2$$

$$n^2 = 13.6/1.51 \approx 9 \Rightarrow n = 3$$

3. হাইড্রোজেন-সদৃশ আয়ন যেমন  $\text{He}^+$  বা  $\text{Li}^{2+}$  এর বর্ণালী রেখা খালি চোখে কেন দেখা যায় না?

**Ans.**

হাইড্রোজেন-সদৃশ আয়নের বর্ণালী রেখা হাইড্রোজেনের তুলনায় অনেক কম তরঙ্গদৈর্ঘ্যে ঘটে কারণ শক্তি স্তরের পার্থক্য  $Z^2$  এর সাথে স্কেল করে। উদাহরণস্বরূপ,  $\text{Li}^{2+}$  এর  $Z=3$  আছে, তাই ট্রানজিশন হাইড্রোজেনের তুলনায়  $9 \times$  বেশি শক্তিশালী। এই উচ্চ-শক্তি ট্রানজিশনগুলি সাধারণত অতিবেগুনী বা এক্স-রে অঞ্চলে পড়ে, যা খালি চোখে অদৃশ্য।

4. হাইড্রোজেনে  $n=6$  থেকে  $n=1$  এ ট্রানজিশন একটি ফোটন নির্গত করে। শক্তি এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্য গণনা করুন।

**Ans.**

$$\Delta E = 13.6(1/1^2 - 1/6^2) = 13.6(1/1 - 1/36) = 13.6 \times 35/36 \approx 13.22 \text{ eV}$$

$$\lambda = hc/E = 1240 \text{ eV nm} / 13.22 \text{ eV} \approx 93.8 \text{ nm}$$

**Ans.** 13.22 eV, 93.8 nm (UV পরিসর)

5.  $n=1$  তে রূপান্তরকে কেন লাইম্যান সিরিজ বলা হয় এবং কেন এগুলি কেবল UV অঞ্চলে দৃশ্যমান হয়?

**Ans.**

লাইম্যান সিরিজে এমন রূপান্তর রয়েছে যা  $n=1$  এ শেষ হয়। এই রূপান্তরগুলিতে বৃহৎ শক্তির পার্থক্য জড়িত, যার ফলে তরঙ্গদৈর্ঘ্য কম হয় (অতিবেগুনী অঞ্চল)। উচ্চ স্তর এবং  $n=1$  এর মধ্যে শক্তির ব্যবধান উল্লেখযোগ্য, যা নির্গত ফোটনগুলিকে খুব শক্তিশালী করে তোলে। তাই লাইম্যান সিরিজ লাইনের UV প্রকৃতি।



## বোহরের তত্ত্ব থেকে আয়নীকরণ শক্তি (Ionization energy) সম্পর্কে বর্ণনামূলক প্রস্তোত্তর

Q. বোহরের তত্ত্ব অনুসারে আয়নীকরণ শক্তি কী? হাইড্রোজেন এবং হাইড্রোজেন-সদৃশ পরমাণুর আয়নীকরণ শক্তির অভিব্যক্তি বের করুন। পারমাণবিক সংখ্যার সাথে এটি কীভাবে পরিবর্তিত হয় তা ব্যাখ্যা করুন।

### আয়নীকরণ শক্তির (Ionization energy) সংজ্ঞা:

আয়নীকরণ শক্তি (IE) হল একটি পরমাণুর স্থল অবস্থা (অর্থাৎ, সর্বনিম্ন শক্তি স্তর  $n=1$ ) থেকে অসীম দূরত্ব ( $n=\infty$ ) পর্যন্ত একটি ইলেকট্রন অপসারণের জন্য প্রয়োজনীয় সর্বনিম্ন শক্তি, যেখানে ইলেকট্রনটি পরমাণু থেকে সম্পূর্ণ মুক্ত থাকে।

### শক্তি স্তরের জন্য বোহরের তত্ত্বের প্রকাশ:

বোহরের মডেল অনুসারে, হাইড্রোজেন-সদৃশ পরমাণুর  $n$ তম কক্ষপথে একটি ইলেকট্রনের শক্তি হল:

$$E_n = -13.6 \frac{Z^2}{n^2} \text{ eV}$$

যেখানে:

- $Z$  হল পারমাণবিক সংখ্যা (H এর জন্য 1,  $\text{He}^+$  এর জন্য 2, ইত্যাদি)
- $n$  হল প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা
- 13.6 eV হল হাইড্রোজেনের স্থল অবস্থায় আয়নীকরণ শক্তি।

$\text{He}^+$  (Helium ion) এর জন্য Ionization Energy কত হবে?

**Ans.**  $\text{He}^+ \rightarrow Z = 2$

$$IE = 13.6 \times 2^2$$
$$= 13.6 \times 4$$
$$= 54.4 \text{ eV}$$

Ionization Energy  $Z$  এবং  $n$ -এর উপর কিভাবে নির্ভর করে?

**Ans.**

$$IE \propto \frac{Z^2}{n^2}$$

- $Z$  বাড়লে  $\rightarrow$  Ionization Energy বেড়ে যায় (নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ শক্তিশালী)।
- $n$  বাড়লে  $\rightarrow$  Ionization Energy কমে যায় (ইলেকট্রন দূরে চলে যায়)।

একটি ইলেকট্রন  $n=2$  স্তর থেকে সম্পূর্ণ মুক্ত করতে কী পরিমাণ শক্তি লাগবে Hydrogen-এর জন্য?

**Ans.**

$$E_{n=2} = -\frac{13.6}{2^2} = -3.4 \text{ eV}$$

Ionization মানে  $E = 0$  পর্যন্ত পৌঁছানো।

তাহলে লাগবে:

$$\Delta E = 0 - (-3.4)$$
$$= +3.4 \text{ eV}$$