পরমাণু মডেল ও নিউক্লিয়ার পদার্থবিজ্ঞান

কোয়ান্টাম সংখ্যাঃ

1. প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা (n)

(i) n এর মান দিয়ে শক্তিস্তর বুঝায়

n =1 মানে ১ম শক্তিস্তর বা k-shell

n =2 মানে ২য় শক্তিস্তর বা L-shell ইত্যাদি।

(ii) n এর মান যত বাড়বে কক্ষপথের শক্তি তত বাড়বে।

n তম কক্ষপথে ইলেক্ট্রনের শক্তি,

$$L_n = -\frac{2\pi^2 me^4}{h^2}$$

(iii) n তম কক্ষপথে সর্বোচ্চ ইলেক্ট্রন ধারণ ক্ষমতা $= 2n^2$

2. সহকারী প্রধান কোয়ান্টাম সংখ্যা (ℓ)

(ii) ℓ = 0 মানে s – অধিটান

ℓ = 1 মানে p – অধিটান

ℓ = 2 মানে Qd - অধিটান

ℓ = 3 মানে f - অধিটান

(iii) $\ell =$ এর মান দিয়ে উপশক্তি স্তরের আকৃতি বুঝানো হয়।

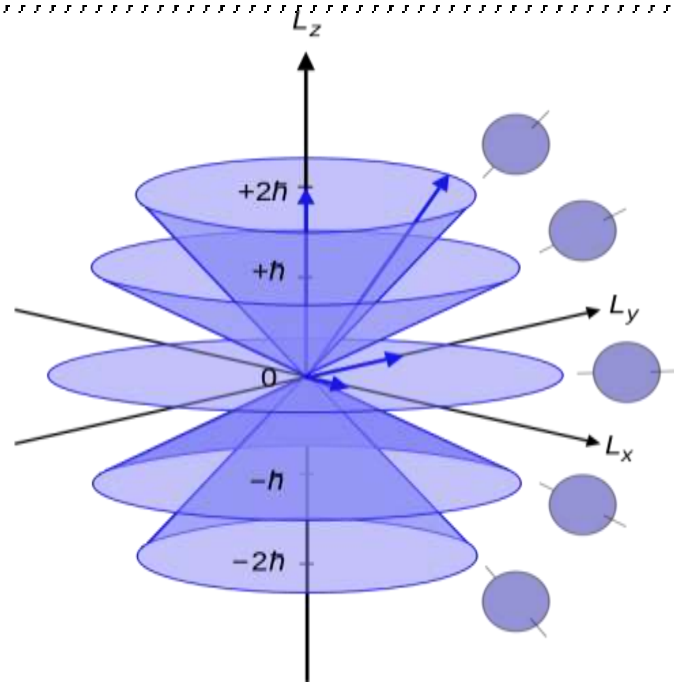
$\ell = 0$ মানে বর্তুলাকার ,

$\ell = 1$ মানে ডাম্বেল আকৃতি

$\ell = 2$ মানে ডাবল ডাম্বেল (জটিল)

$\ell = 3$ মানে আরো জটিল

The order of increasing energy among the sub-orbitals and thus the order of filling can be represented in the following way : 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d, Azimuthal quantum number Electron Capacity of Sub-Orbital (sub-level) type of sub-orbital 1 s 2 2 p 6 3 d 10 4 f 14



বোরের মডেল কোয়ান্টাম সম্পর্কে ধারনাঃ

যেকোন কক্ষপথে ইলেক্ট্রনের কৌনিক ভরবেগ, $L = mvr = n\frac{h}{2\pi}$

$m = e -$ এর ভর $= 9.11 \times 10^{-31}kg$, $n =$ কক্ষপথ সংখ্যা (1,2,3-----ইত্যাদি)

$v = e -$ এর বেগ=$3 \times 10^{-31}kg$, $h =$ প্লাংকের সুচক = $6.63 \times 1D^{-34}Js$

$r \rightarrow$ যে কক্ষপথে $e -$ ঘুরস্থে তার ব্যাসার্ধ , $r_0 \rightarrow constant = 1.414 \times 10^{-15}m$

R$\rightarrow$ নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ = $r_0A^{1/3}$, $A \rightarrow$ ভর সংখ্যা(প্রোটন+নিউট্রন সংখ্যা)

সমস্যাঃ p

* ইলেক্ট্রন নিম্ন কক্ষপথ থেকে উচ্চ কক্ষপথে গেলে, শক্তির শোষন ঘটে আবার উচ্চ কক্ষপথ থেকে নিম্ন কক্ষপথে ফিরে আসলে সেই পরিমাণ শক্তির বিকিরণ করে।

বিকিরিত শক্তি = ফোটনের শক্তি

= দুই শক্তিস্তরের শক্তির পার্থক্য

$= E_2 - E_1$

$= \Delta E$

$\Delta E = hv$

এখানে $v =$ ফোটনের কম্পাংক

$c = v\lambda$, $c =$ ফোটনের বেগ = $3 \times 10^8 ms^{-1}$ (শূন্য মাধ্যমে)

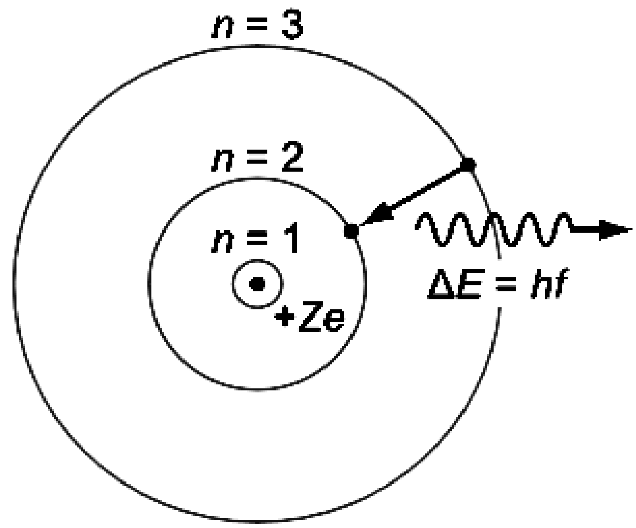
$\therefore\ \Delta E = \frac{hc}{\lambda}$ এই সূত্র থেকে ফোটনের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বের করা যায়।

তরঙ্গ সংখ্যাঃ λ দৈর্ঘ্যে পূর্ণ তরঙ্গ সংখ্যা = 1 টি

একক দৈর্ঘ্যে পূর্ণ তরঙ্গ সংখ্যা , $\overline{\upsilon} = \frac{1}{\lambda}$

ডি-ব্রগলীর সমীকরণঃ $\lambda = \frac{h}{mv}$

* বোর মডেলের সাহায্যে হাইড্রোজেন বর্ণালীঃ ইলেক্ট্রন উচ্চ কক্ষপথ (n_2) থেকে নিম্ন কক্ষপথে (n_1) ফিরে আসলে বিভিন্ন তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলোক রশ্মি বিকিরত হয় এদের বর্ণালী বলে। হাইড্রোজেন পরমণুতে যে বর্ণালী সৃষ্ট হয় তার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বের করার সূত্র,



$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$ এখানে, $n_2 > n_1$

লক্ষ কর,

* এই সূত্র শুধুমাত্র হাইড্রোজেন পরমানুর জন্য প্রযোজ্য ,

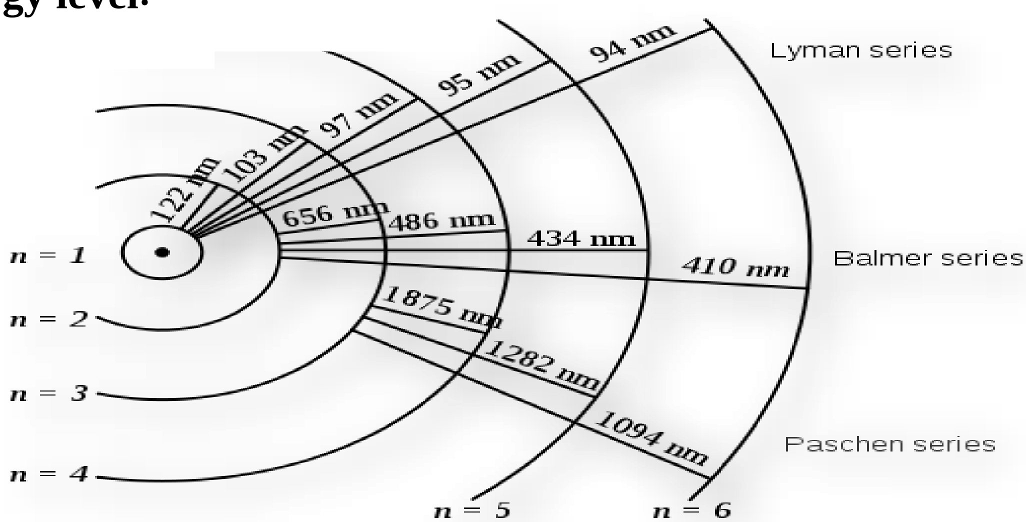
* অন্য পরমানুর জন্য, $\frac{1}{\lambda} = z^2 R_H\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$[z = পরমানবিক সংখ্যা]

$R_H = 109678\ cm^{-1}$ (রিডবার্গ ধ্রুবক)= $109678\ cm^{-1}$

যেহেতু R_H এর একক cm^{-1} তাই λ এর একক cm এ আসবে।

কম্পাংক $(\overline{\upsilon})$ বের করতে বললে আগে λ বের করে $\overline{\upsilon} = \frac{c}{\lambda}$ প্রয়োগ করে υ বের করবে।

হাইড্রোজেন বর্ণালীর Energy level:



সিরিজ	**অঞ্চল**	$\boldsymbol{n_1}$	$\boldsymbol{n_2}$
১. লাইমেন	অতিবেগুনি	1	2,3,4,5
২. বামার	দৃশ্যমান	2	3,4,5
৩. প্যাশ্চেন	অবলোহিত	3	4,5,6
৪. ব্রাকেট	অবলোহিত	4	5,6,7
৫. ফুন্ড	অবলোহিত	5	6,7

লক্ষণীয় বিষয়:

* যদি লাইমেন সিরিজের জন্য ৩য় রেখার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বের করতে বলে, সেক্ষেত্রে
$n_1 = 1$ [কারণ লাইমেন]

$n_2 = n_1 +$ যত রেখা

$= 1 + 3 = 4$ বুঝছ? তাহলে বামার সিরিজের জন্য ৩য় রেখার

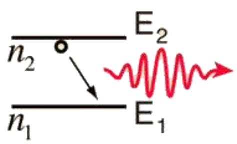
তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বের করতে বললে,$n_1 = 2$ (কারণ বামার) , $n_2 = 2 + 3 = 5$

❶যদি সর্বনিম্ন কম্পাংক/সর্বোচ্চ তরঙ্গদৈর্ঘ্য বের করতে বলে কোন সিরিজের জন্য, সেক্ষেত্রে n_1 ঐ সিরিজের জন্য যা $n_2 = n_1$ এর ঠিক পরেরটা

❷যদি লিমিটিং রেখার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বের করতে বলে সেক্ষেত্রে $n_2 = \infty$

Electron Transitions

The Bohr model for an electron transition in hydrogen between quantized energy levels with different quantum numbers n yields a photon by emission with quantum energy:



A downward transition involves emission of a photon of energy:

$$E_{photon} = h\upsilon = E_2 - E_1$$

Given the expression for the energies of the hydrogen electron states:

$$h\upsilon = \frac{2\pi^2 me^4}{h^2}\left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right] = -13.6\left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right]eV$$

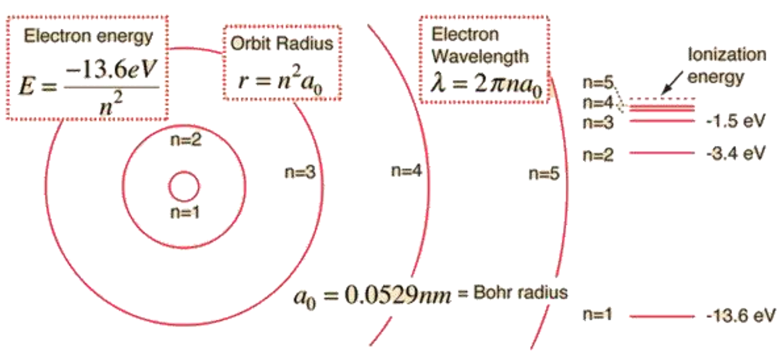
$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right] \quad \text{where} \quad R_H = \frac{2\pi^2 me^4}{h^2} \quad \text{is called the Rydberg constant.}$$

$$R_H = 1.0973731x10^7 m^{-1}$$

This is often expressed in terms of the inverse wavelength or "wave number" as follows:

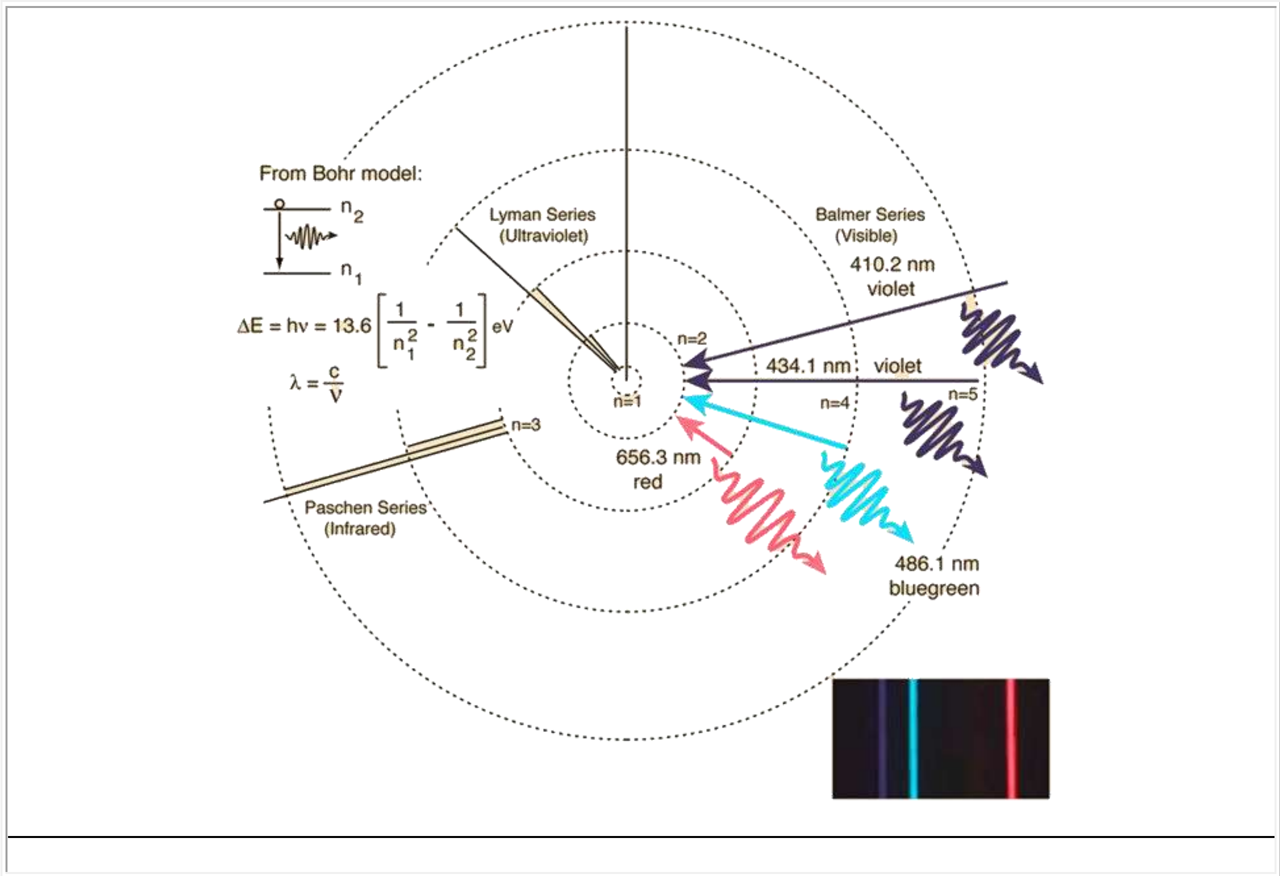
Hydrogen Energy Levels

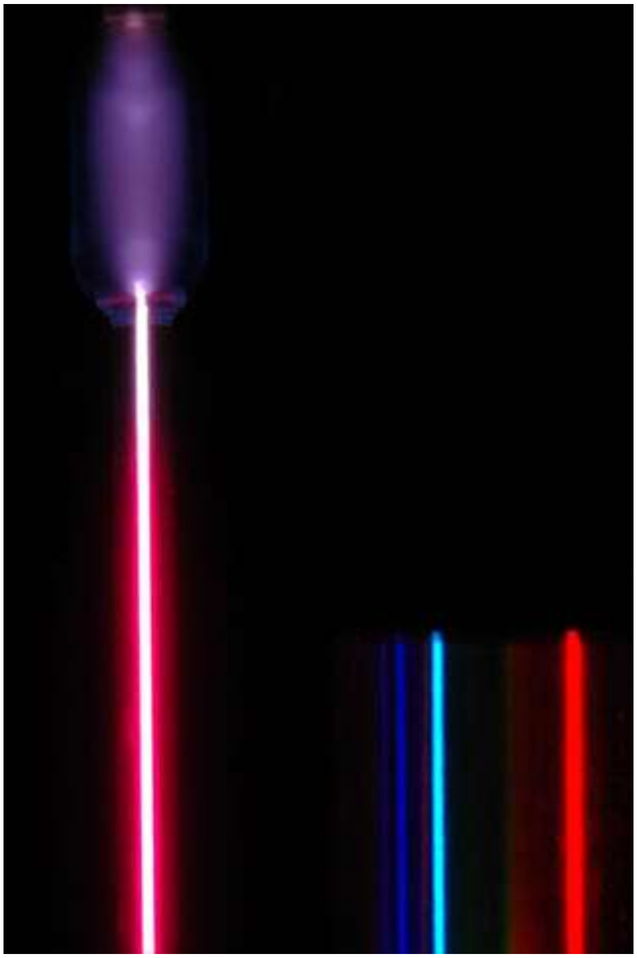
The basic hydrogen energy level structure is in agreement with the Bohr model. Common pictures are those of a shell structure with each main shell associated with a value of the principal quantum number n.



This Bohr model picture of the orbits has some usefulness for visualization so long as it is realized that the "orbits" and the "orbit radius" just represent the most probable values of a considerable range of values. If the radial probabilities for the states are used to make sure you understand the distributions of the probability, then the Bohr picture can be superimposed on that as a kind of conceptual skeleton.

Hydrogen Spectrum


From Bohr model:
n2
n1
ΔE = hν = 13.6 [1/n1² - 1/n2²] eV
λ = c/ν
Lyman Series
(Ultraviolet)
Balmer Series
(Visible)
410.2 nm
violet
434.1 nm
violet
n=1
n=2
n=3
n=4
n=5
656.3 nm
red
486.1 nm
bluegreen
Paschen Series
(Infrared)



At left is a hydrogen spectral tube excited by a 5000 volt transformer. The three prominent hydrogen lines are shown at the right of the image through a 600 lines/mm diffraction grating.

An approximate classification of spectral colors:

- Violet (380-435nm)
- Blue(435-500 nm)
- Cyan (500-520 nm)
- Green (520-565 nm)
- Yellow (565- 590 nm)
- Orange (590-625 nm)
- Red (625-740 nm)

Radiation of all the types in the electromagnetic spectrum can come from the atoms of different elements. A rough classification of some of the types of radiation by wavelength is:

- অবলোহিত > 750 nm
- দৃশ্যমান : 400 - 750 nm
- অতিবেগুনি : 10-400 nm
- Xrays < 10 nm

Bohr model	**Measured hydrogen spectrum**	**Other spectra**

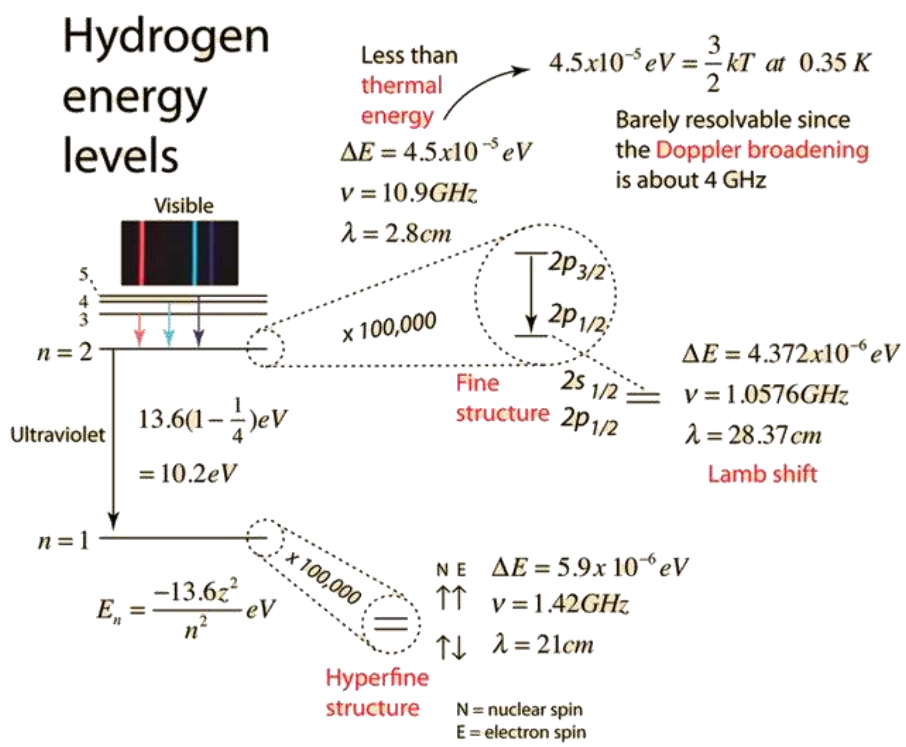
Measured Hydrogen Spectrum

The measured lines of the Balmer series of hydrogen in the nominal visible region are:

Wavelength (nm)	Relative Intensity	Transition	Color
383.5384	5	9 -> 2	Violet
388.9049	6	8 -> 2	Violet
397.0072	8	7 -> 2	Violet
410.174	15	6 -> 2	Violet
434.047	30	5 -> 2	Violet
486.133	80	4 -> 2	Bluegreen (cyan)
656.272	120	3 -> 2	Red
656.2852	180	3 -> 2	Red

The red line of deuterium is measurably different at 656.1065 (.1787 nm difference).

Hydrogen Energy Levels



An induced fission reaction. A neutron is absorbed by a uranium-235 nucleus, turning it briefly into an excited uranium-236 nucleus, with the excitation energy provided by the kinetic energy of the neutron plus the forces that bind the neutron. The uranium-236, in turn, splits into fast-moving lighter elements (fission products) and releases three free neutrons. At the same time, one or more "prompt gamma rays" (not shown) are produced, as well.

TYPE 01: বোরের পরমাণু মডেল

FORMULA :

❶ $V_n^2 = \dfrac{Ze^2}{4\pi \in_o mrn}$ ❷ $V_n = \dfrac{nh}{4\pi \in_o mr_n}$ ❸ $r_n = \dfrac{n^2h^2 \in_o}{\in mZe^2}$

❹ $r_n = h^2 r_1$ ❺ $E_k = \dfrac{Ze^2}{8\pi \in_o r_n}$ ❻ $E_p = \dfrac{-Ze^2}{4\pi \in_o r_n}$

❼ $E_n = \dfrac{mZ^2e^4}{8n^2h^2 \in_o^2}$ ❽ $E_n = \dfrac{E_1}{n^2}$

EXAMPLE – 01: হাইড্রোজেন পরমাণুর অনুমোদিত (i) প্রথম বোর কক্ষপথের ব্যাসার্ধ, (ii) কক্ষে ইলেক্ট্রনের কৌণিক ভরবেগ (iii) রৈখিক দ্রুতি (iv) কৌণিক বেগ (v) প্রতি সেকেন্ডে ঘূর্ণন সংখ্যা (vi) রৈখিক ভরবেগ নির্ণয় কর।

SOLVE : (i) ব্যাসার্ধ, $r_n = \dfrac{\in_o n^2h^2}{\pi mZe^2} = \dfrac{8.85\times10^{-12}\times1^2\times(6.63\times10^{-34})^2}{\pi\times9.11\times10^{-31}\times1\times(1.6\times10^{-19})^2} = 5.31\times10^{-11}$ m

(ii) $L = \dfrac{nh}{2\pi} = \dfrac{1\times6.63\times10^{-34}}{2\pi} = 1.06\times10^{-34}$ Js

(iii) $V_n = \dfrac{Ze^2}{2\in_o nh} = \dfrac{1\times(1.6\times10^{-19})^2}{2\times8.854\times10^{-12}\times1\times6.63\times10^{-34}} = 2.19\times10^6\ ms^{-1}$

(iv) $W_n = \dfrac{V_n}{r_n} = \dfrac{2.19\times10^6}{5.31\times10^{-16}} = 4.124\times10^{16}$ rad

(v) $f = \dfrac{V_n}{r_n} = \dfrac{4.1\times10^{16}}{2\pi} = 6.5\times10^{15}$

(vi) $mv_n = \dfrac{Ze^2m}{2\in_o nh} = 9.1\times10^{-31}\times2.19\times10^6 = 2\times10^{-24}\ kgms^{-1}$

EXAMPLE – 02: হাইড্রোজেন পরমাণুর ৪র্থ কক্ষপথের ইলেক্ট্রনের শক্তি নির্ণয় কর।

SOLVE : $E_4 = \frac{me^4}{8n^2h^2 \in_0^2} = \frac{-9.1\times10^{-31}\times(1.6\times10^{-19})^4}{8\times4^2\times(6.63\times10^{-34})^2\times(8.854\times10^{-12})^2} = -1.353\times10^{-19}$ J

$= -0.846$ eV [Ans.]

TRY YOURSELF

EXERCISE – 01: হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রথম কক্ষপথের ব্যাসার্ধ 0.53×10^{-10} m এ কক্ষপথে ইলেক্ট্রনটির বেগ কত হলে নিউক্লিয়াসের আকর্ষণে এটি নিউক্লিয়াসের উপর এস পড়বে? [Ans. 2.19×10^6 ms^{-1}]

EXERCISE – 02: দেখাও যে, হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রথম স্থায়ী কক্ষপথের ইলেক্ট্রনের শক্তি $-x$ হলে দ্বিতীয় কক্ষপথের ইলেক্ট্রনের শক্তি $-\frac{x}{4}$ ।

EXERCISE – 03: হাইড্রোজেন পরমাণু -1.5 eV শক্তি অবস্থা থেকে -3.4 eV অবস্থায় আসলে যে ফোটন নিঃসৃত হবে তার কম্পাঙ্ক ও তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত হবে? এ বিক্রিয়া কি দৃশ্যমান হবে? [Ans. 4.59×10^{14} s^{-1}, 6536 Å দৃশ্যমান]

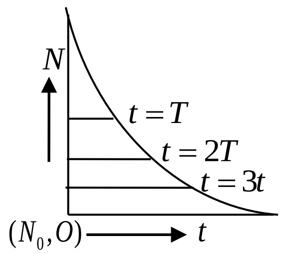
EXERCISE – 04: দেখাও যে, প্রথম বোর কক্ষে ইলেক্ট্রনের বেগের মান আলোর বেগের $\frac{1}{137}$ অংশ।

Type 02 : তেজষ্ক্রিয় ক্ষয়ের সূত্র

- $-\frac{dN}{dA} \propto N$
- $\frac{dN}{dA} = -\lambda N$ $\lambda \rightarrow$ তেজষ্ক্রিয় মৌলের ক্ষয় ধ্রুবক ।
- $\frac{dN}{N} = -\lambda dt$
- $\log_e N = -\lambda t + C \leftarrow C \rightarrow$ সমাকলন ধ্রুবক ।
- বাউন্ডারী শর্তঃ শুরুতে , $t = 0$, $N = N_0$, তখন $C = \log_e N_0$.
- $\log_e N - \log_e N_0 = -\lambda t$
- $\log_e \frac{N}{N_0} = -\lambda t$
- $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$ ←অবশিষ্ট পরমাণুর মৌলের) ভগ্নাংশ পরিমাপ।
- $N = N_0 e^{-\lambda t}$ ← এটিই তেজষ্ক্রিয় ক্ষয়ের সূত্র :

Note : (i) এ সূত্রটি সূচকীয় সূত্র মেনে চলে। (ii) ক্ষয় ধ্রুবক একক সময়ে পরমাণুর ভাঙ্গনের সম্ভাব্যতা নির্দেশ করে।

লেখঃ



N = 0 হওয়া সম্ভব কিনা ? সম্বব না । ব্যাখা $e^{-\lambda t}$ কখনই শূন্য হবে না । Δ N → ভাঙ্গনের পরিমাণ ।

অর্ধায়ু ঃ N = $\frac{N_0}{2}$ হলে, $t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

গড় আয়ু ঃ $\tau = \frac{\text{১ম পরমাণুর আয়ু + ২য় পরমানুর আয়ু +....................+}N_0\text{ তম পরমানুর আয়ু}}{N_0}$

গাণিতিক ভাবে , $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{0.693}$

❖ তেজস্ক্রিয় ক্ষয় সূত্র

FORMULA :	
❶ $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$ ❷ $N = Noe^{-\lambda t}$ ❸ $T_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda}$ ❹ $\tau = \frac{1}{\lambda}$ ❺ T= 0.693 τ	λ = ক্ষয় ধ্রুবক $\frac{dN}{dt}$ = পরমাণু ভাঙার হার N = t সময়ে উপস্থিত পরমাণু সংখ্যা N_o = ভাঙনের শুরুতে উপস্থিত পরমাণু সংখ্যা τ = গড় আয়ু

EXAMPLE – 01: $^{224}_{82}Pb$ এর অর্ধায়ু 26.8 min এর কি পরিমাণ ভর থেকে এক কুরী তেজস্ক্রিয়তা পাওয়া যায়।

SOLVE : $\frac{dN}{dt}$ = 1 কুরী = 3.7×10^{10} ভাঙন /sec

$\lambda = \frac{0.693}{T} = \frac{0.693}{26.8 \times 60} s^{-1}$ $N = \frac{6.023 \times 10^{23} \times m}{224}$ $\therefore \frac{dN}{dt} = \lambda N$

$\Rightarrow 3.7 \times 10^{10} = \frac{0.693}{26.8 \times 60} \times \frac{6.023 \times 10^{23}}{224} m \Rightarrow m = 3.1 \times 10^{-8}$ gm [Ans.]

EXAMPLE – 02: ^{40}K এর অর্ধায়ু 18.3×10^8 বছর হলে তেজক্রিয় ধ্রুবকের মান নির্ণয় কর। ^{40}K এর প্রতি সেকেন্ডে প্রতি gm থেকে কি পরিমাণ β কণা নির্গত হচ্ছে ?

SOLVE : $\lambda = \dfrac{0.693}{T} = \dfrac{0.693}{18.3\times10^8} = 1.2 \times 10^{-17}\ s^{-1}$

^{40}K এর 1g এ পরমাণু সংখ্যা, $N = \dfrac{6.023\times10^{23}}{40} = 1.506 \times10^{22}$

$\therefore$ প্রতি সেকেন্ডে প্রতি গ্রাম হতে β- কণা নির্গমনের সংখ্যা $-\dfrac{dN}{dt} = \lambda N = 1.2 \times 10^{-17} \times 1.506 \times 10^{22}$

$= 1.807 \times 10^5$ [Ans.]

EXAMPLE – 03: প্রারম্ভিক অবস্থায় কোন বস্তু খন্ডে যদি 10^7 সংখ্যক রেডন পরমাণু থাকে, তাহলে একদিনে কত পরমাণু ভেঙ্গে যাবে? রেডনের অর্ধায়ু 4 দিন।

SOLVE : $\lambda = \dfrac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \dfrac{0.693}{4} = 0.173\ d^{-1}$আবার, $N = N_o e^{-\lambda t} = 10^7\ e^{(-0.173\times1)} = 10^7 \times 0.841$

$\therefore \Delta H = N_o - N = 10^7 - 10^7 \times 0.841 = 1.59 \times 10^6$ [Ans.]

EXAMPLE – 04: প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু 50s . 75% বিক্রিয়ার শেষ করতে কত সময় লাগবে?

সমাধান ঃ আর্ধায়ু,

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda} = 50, \lambda = \frac{0.693}{50} = 0$$

এবং $\dfrac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow 0.25 = e^{-\lambda t} \Rightarrow t = \dfrac{ln4}{\frac{0.693}{50}} = 100s.$

$$\frac{N_0 - N}{N_0} = .75 \therefore \frac{N}{N_0} = 0.25$$

EXAMPLE – 05: ট্রিটিয়ামের অর্ধায়ু 12.5 বছর । 25 বছর পর একটি নির্দিষ্ট ট্রিটিয়াম বস্তু খন্ডের কত অংশ অবশিষ্ট থাকবে।

$\dfrac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} = e^{-\frac{0.693}{12.5}\times25} = 0.25,$ শতকরা 25% অবশিষ্ট থাকবে।

EXAMPLE – 06: ইউরেনিয়াম U^{238} এর অর্ধায়ু বের কর । প্রতি গ্রাম ইউরেনিয়াম প্রতি সেকেন্ডে 1.24×10^4 সংখ্যক আলফা কণা নিঃস্বরণ করে। অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা 6.025×10^{23}।

সমাধান ঃ

$\dfrac{dN}{dt} = \lambda N, \lambda = \dfrac{1.24\times10^4}{2.53\times10^{21}} = 4.9 \times 10^{-18} s^{-1}, \dfrac{dN}{dt} = 1.24 \times 10^4 s^{-1},\ N = \dfrac{6.025\times10^{23}}{238} = 2.53 \times 10^{21}$ টি

অর্ধায়ু , ,

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{4.9\times10^{-18}} = 1.414 \times 10^{17}s = 4.49 \times 10^9\ y$$

<u>TRY YOURSELF</u>

EXERCISE – 01: এক খন্ড রেডিয়াম 5000 বছর তেজস্ক্রিয় বিকিরণ করে এক অষ্টমাংশে পরিণত হয়, রেডিয়ামের অবক্ষয় ধ্রুবক নির্ণয় কর। [Ans. $4.16 \times 10^{-4}\ y^{-1}$]

EXERCISE – 02: রেডিয়ামের অর্ধায়ু 1590 y কত বছর পর 1×10^{-3} kg ভরের এ তেজস্ক্রিয়ের (i) এক সেন্টি গ্রাম শেষ হবে এবং (ii) এক সেন্টি গ্রাম অবশিষ্ট থাকবে? [Ans. 22.95 y, 10566.8 y]

EXERCISE – 03: $^{210}_{54}P_O$ এর অর্ধায়ু 140 day. প্রতি সপ্তাহে এর তেজস্ক্রিয় কার্যকারিতা শতকরা কত হারে হ্রাস পায় ? [Ans. 3.4%]

EXERCISE – 04: কোন তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধ-আয়ু 15 day. 4g এরূপ পদার্থের কত অংশ 60 দিন বাদে অবশিষ্ট থাকবে? [Ans. 0.25g]

EXERCISE – 05: 238 ভর সংখ্যার ইউরেনিয়াম (যার পারমাণবিক সংখ্যা 92) তেজস্ক্রিয় বিভাজনের বিভিন্ন ধাপে 4টি α-কণা এবং 6টি β- কণা নির্গত হয়। উৎপন্ন মৌলটির পারমাণবিক সংখ্যা ও ভর সংখ্যা কত ? [Ans. 82, 206]

EXERCISE – 06: রেডনের অর্ধায়ু 4 দিন । রেডনের তেজস্ক্রিয় ধ্রুবকের মান কত এবং কতদিন পর রেডনের প্রারম্ভিক মানের $\frac{1}{20}$ অংশ অপরিবর্তিত থাকবে ? Ans : $0.173d^{-1}$ ও 17.32 d

EXERCISE – 07: প্রাথমিক অবস্থায় কোন বস্তু খন্ডে যদি 10^8 সংখ্যক রেডন পরমাণু থাকে তাহলে 1 দিনে কত সংখ্যক পরমানু ভেঙ্গে যাবে । রেডনের অর্ধায়ু 4 দিন । Ans : 15.39×10^6

EXERCISE – 08: 1kg ভরের তেজস্ক্রিয় মৌলের একটি বস্তুর মধ্যে 48 দিন পর ঐ মৌলের মাত্র 0.25 kg পাওয়া যায়। মৌলটির অর্ধায়ু কত ?Ans : 24d

EXERCISE – 09: একটি প্রথম ক্রম বিক্রিয়ার অর্ধায়ু 250s সম্পূর্ণ আয়ু কত ? Ans : অনির্ণেয়।

EXERCISE – 10: একটি তেজস্ক্রিয় বিক্রিয়ার তেজস্ক্রিয় ক্ষয়ের লেখের ঢাল কোন বিন্দুতে 50s পর 120^0 কোণ তৈরী ও 75s পর 135^0 কোণ তৈরী করে। বিক্রিয়াটির অর্ধায়ু নির্ণয় কর।

Type 03: ভর ত্রুটি

ভর ত্রুটি , $\Delta m = ZM_p + NM_n - M$, $N = A - Z$, $A \rightarrow$ ভর সংখ্যা

M = প্রোটনের ভর + নিউট্রনের ভর = $ZM_p + NM_n$, Z = প্রোটরেন সংখ্যা , M_p = প্রোটনের ভর, N = নিউট্রনের সংখ্যা

M_n = নিউট্রনের ভর, Δm = হারানো ভর , ভর ঘাটতি , ভর - ত্রুটি ।

হারানো ভরের সমতুল্য শক্তি নিউক্লিয়াস গঠনে বন্ধন শক্তি হিসেবে কাজ করে।

তাহলে বন্ধশক্তি , $B.E = \Delta mc^2$, $B.E = [ZM_p + (A - Z) M_n - M] c^2$

যা নিউক্লিয় বন্ধন শক্তির চুড়ান্ত রাশিমালা ।

- বন্ধন শক্তির অন্য একটি সূত্র ঃ $B.E = (M - A) c^2$
- গড় বন্ধন শক্তি = প্রতি নিউক্লিয়নে বন্ধন শক্তি $= \frac{B.E}{A} = \frac{\Delta mc2}{A}$

- **ভর ত্রুটি**

<u>FORMULA</u> : ❶ $E = mc^2$ ❷ $\Delta M = M - [2mp + (A-Z)\, m_n]$ ❸ $R = R_o A^{\frac{1}{3}}$	$R_o = 1.2 \times 10^{-15}$ m M = প্রকৃত ভর

EXAMPLE – 01: একটি হিলিয়াম নিউক্লিয়াসের $\left({}^4_2\text{He}\right)$ ভর ত্রুটি ও বন্ধন শক্তি নির্ণয় কর।

SOLVE : $Z = 2$, $A = 4$, $mp = 1.672 \times 10^{-27}$ kg ; $mn = 1.674 \times 10^{-27}$ kg, $M = 6.644 \times 10^{-27}$ kg

$\Delta M = M - [Zmp + (A-Z)\, m_n] = 6.644 \times 10^{-27}\text{ kg} - [2 \times 1.672 \times 10^{-27} + (4-2)\, 1.674 \times 10^{-27}]$
$= 0.048 \times 10^{-27}$ kg
$E = \Delta MC^2 = 0.048 \times 10^{-27}\text{ kg} \times (3 \times 10^8)^2 = 4.32 \times 10^{-12}$ J [Ans.]

EXAMPLE – 02: ${}^{27}_{13}\text{Al}$ নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ ও ঘনত্ব নির্ণয় কর। [$R_o = 1.2 \times 10^{-15}$ m, $mp = 1.67 \times 10^{-27}$ kg]

SOLVE : আমরা জানি, $R = R_o A^{\frac{1}{3}} = 1.2 \times 10{-}15 \times 27^{\frac{1}{3}} = 3.6 \times 10^{-15}$ m

$$P = \frac{m}{V} = \frac{2mp + (A - Z)m_n}{4/3\pi R^3} = \frac{13 \times 1.66 \times 10^{-27} + 14 \times 1.66 \times 10^{-27}}{4/3\pi (3.6 \times 10^{-15})^3} = 2.27 \times 10^{17}\text{ kgm}^{-3}$$

EXAMPLE – 03: 3^{Li^7} নিউক্লিয়াসের ভর- ঘাটতি ও বন্ধন শক্তি নির্ণয় কর।

$M_n = 1.008665$ a.m.u ← প্রতিটি নিউট্রনের ভর ।

$M_p = 1.007277$ a.m.u ← প্রতিটি নিউট্রনের ভর ।

$M = 7.016005$ a.m.u ← নিউক্লিয়াসের ভর ।

$Z = 3$ ← প্রোটন সংখ্যা , $N = 7 - 3 = 4$ ← নিউট্রনের সংখ্যা

$\therefore$ ভর ত্রুটি : $\Delta m = ZM_p + NM_n - M$

$\therefore \Delta m = 3\times 1.007277 + 4 \times 1.008665 - 7.016005 = 0.040486 \times 1.66\times 10^{27} kg = 6.72 \times 10^{-29} kg$

বন্ধন শক্তি , $B.E = \Delta mc^2 = 6.72 \times 10^{-29} \times 9 \times 10^{16} = 6.05 \times 10^{-12} J = 37.8\ MeV.$

EXAMPLE – 04: প্রতি ফিশনে 200Mev শক্তি নির্গথ হলে 10 MW ক্ষমতা উৎপাদনে প্রতি সেকেন্ডে কতটি ফিশন হতে হবে ?

$N\times 200$ Mev = 10 M.J $= 10 \times 1.6 \times 10^{-19} Mev, N = \frac{10}{1.6\times 10^{-19}\times 200} = 3.125 \times 10^{17}$ টি।

TRY YOURSELF

EXERCISE – 01: ${}^{40}_{20}Ca$ এর নিউক্লিয়াসের ব্যাসার্ধ ও ঘনত্ব কত ? [$R_o = 1.2 \times 10^{-15}$ m, $m_p = 1.86 \times 10^{-27}$ kg]
[Ans. 4.104×10^{-15} m, 57×10^{17} kgm^{-3}]

EXERCISE – 02: 1 a.m.u ভরের সমতুল্য শক্তি নির্ণয় কর। ${}_{92}U^{235} + {}_0n^1 \rightarrow {}_{56}Ba^{141} + {}_{36}Kr^{141} + 3{}_0n^1$ [Ans. 931 MeV]

EXERCISE – 03: নিম্নোক্ত ফিশন বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তি নির্ণয় কর। [Ans. 200 MeV]

EXERCISE – 05: প্রতি ফিশনে 200MeV শক্তি নির্গত হলে 10MW ক্ষমতা উৎপাদনে প্রতি সেকেন্ডে কতটি ফিশন হতে হবে ?
[Ans. 3.125×10^{17}]

Special-01: কণা বিক্ষেপন পরীক্ষার উপর গবেষণায় রতছিলেন Fardin। এক পর্যায়ে গণিতবিদ Fardin কে বলল Li^{2+} আয়নের একমাত্র ইলেকট্রনটি এর প্রথম কক্ষপথে অবস্থান করছে। তারপর Fardin 40,000V বিভব পার্থক্য $10^{-3.5}$ atm বায়ু চাপে একটি ফোটন কণাদ্বারা ইলেকট্রনকে আঘাত করে ইলেকট্রনটিকে তার শেষ কক্ষপথে নিয়ে যায়।

(i) ফোটনের কম্পাংক নির্ণয় কর। (ii) উক্ত ফোটন যদি কোন হাইড্রোজেন পরমানুকে আঘাত করে তবে কি ঘটবে বলে তুমি মনে কর। গাণিতিক ভাবে দেখাও।

সমাধান ঃ

(i) Li^{2+} আয়নের ফোটন সংখ্যা , Z = 3, মোট কক্ষপথ সংখ্যা, n = 2

ফোটন ইলেকট্রনকে $n_1 = 1$ হতে $n_2 = 2$ কক্ষপথে নিতে প্রয়োজনীয় শক্তি, ΔE = $h\nu$

$\Delta E = E_1 - E_2 = \frac{mz^2e^4}{8\epsilon_0^2 n_2^2 h^2} - \frac{mz^2e^4}{8\epsilon_0^2 n_1^2 h^2}$, $e = 1.6 \times 10^{-19} C, h = 6.63 \times 10^{-34} Js,$

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}, m = 9.1 \times 10^{-31} kg$

$$\Delta E = \frac{mz^2e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \left[\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2}\right] = \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 3^2 \times (1.6 \times 10^{-19})^4}{8 \times (8.85 \times 10^{-12})^2 \times (6.63 \times 10^{-34})^2} \times \left[\frac{1}{2^2} - \frac{1}{1}\right]$$

$$\Delta E = -1.46 \times 10^{-17} J = -91.25\ eV. \ \therefore V = \frac{\Delta E}{h} = \frac{1.46 \times 10^{-17}}{6.63 \times 10^{-34}} = 2.2 \times 10^{16} s^{-1}$$

(ii) কোন ফোটন যদি পরমানুকে আঘাত করে তবে দুটি ঘটনা ঘটতে পারে।

- ফোটনের শক্তি < আঘাত প্রাপ্ত ইলেকট্রনের মোট শক্তি হলে, ইলেকট্রন উচ্চতর শক্তিস্তরে চলে যেতে পারি ।
- ফোটনের শক্তি > আঘাত প্রাপ্ত ইলেকট্রনের মোট শক্তি হলে, ইলেকট্রন পরমানু থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে পড়তে পারে।

ফোটনের মোট শক্তি , ΔE = - 91.25 eV.

হাইড্রোজেন পরমানুতে একটি ইলেকট্রন প্রথম কক্ষপথে আবর্তন করে। $\therefore$ প্রোটন সংখ্যা Z = 1

$\therefore$ মোট শক্তি, $E_1 = -\frac{mz^2e^4}{8\epsilon_0^2 n^2 h^2} = -\frac{9.1\times10^{-31}\times1\times(1.6\times10^{-19})^4}{8\times(8.85\times10^{-12})^2\times1^2\times(6.63\times10^{-34})^2} = -13.6\ eV$

(i) $(-)$ Ve চিহ্ন এর অর্থ বাইরে থেকে শক্তি যোগন দেয়া হয়েছে।

(ii) কেন্দ্রমুখী বলে বিপরীত কাজ সম্পাদন করতে হয়েছে। সুতরাং আমরা সংখ্যামান ব্যবহার করে সিদ্ধান্ত নেব। যেহেতু ফোটনের শক্তি > আঘাত প্রাপ্ত ইলেকট্রনের মোট শক্তি সুতরাং হাইড্রোজেনের e^- টি পরমানু হতে বিচ্ছিন্ন হয়ে পড়বে এবং প্রোটন $(H)^+$ উৎপন্ন করবে।