Exercise-1

✍ Marked Questions can be used as Revision Questions.
✍ चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

PART - I : SUBJECTIVE QUESTIONS

भाग - I : विषयात्मक प्रश्न (SUBJECTIVE QUESTIONS)

Subjective Easy, only learning value problems

Section (A) : Photoelectric Effect

खण्ड़ (A) : प्रकाश विद्युत प्रभाव

A-1. When a light of wavelength 400 nm falls on a metal of workfunction 2.5 eV, what will be the maximum magnitude of linear momentum of emitted photoelectron?
जब 400 nm तरंगदैर्ध्य वाला प्रकाश 2.5 eV कार्य फलन वाले धातु पर गिरता है तो उत्सर्जित होने वाले फोटो इलेक्ट्रान के रेखीय संवेग का अधिकतम परिमाण ज्ञात करो।

Ans. $\frac{P^2}{2m} = \left(\frac{1.24\times10^4}{4000} - 2.5\right)$ $eV = 0.6$ eV ; P = $\sqrt{2\times9.1\times10^{-31}\times0.6\times1.6\times10^{-19}}$ = 4.2 ×10 $^{-25}$ kg.m/s

Sol. $KE_{max} = \frac{hc}{\lambda} - \phi$

$\frac{P^2}{2m} = \left(\frac{1.24\times10^4}{4000} - 2.5\right) eV = 0.6 eV$; P = $\sqrt{2\times9.1\times10^{-31}\times0.6\times1.6\times10^{-19}}$ = 4.2 ×10 $^{-25}$ kg.m/s

A-2. The electric field associated with a monochromatic light is given by E = E_0 sin (1.2 × 10^{15} πt - kx). Find the maximum kinetic energy of the photoelectrons when this light falls on a metal surface whose work function is 2.0 eV
एक वर्णी प्रकाश से सम्बन्धित विद्युत क्षेत्र E = E_0 sin (1.2 × 10^{15} πt - kx) द्वारा दिया जाता है। जब 2.0 eV कार्य फलन वाली धातु की सतह पर यह प्रकाश गिरता है तो फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा ज्ञात करो

Ans: $(0.6\times10^{15}h - 2e)$ J = 0.48 eV

Sol. frequency of the light प्रकाश की आवृत्ति

$= \frac{1}{2} \times 1.2 \times 10^{15} = 0.6 \times 10^{15}$ Hz

KE = hν – φ = 0.48 eV

A-3. One milliwatt of light of wavelength λ = 4560 Å is incident on a cesium metal surface. Calculate the electron current liberated. Assume a quantum efficiency of η = 0.5 %. [Work function for cesium = 1.89 eV] Take hc = 12400 eV-Å.
4560 Å तरंगदैर्ध्य वाला 1 मिली वॉट प्रकाश सिजियम सतह पर गिरता है। उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन धारा ज्ञात करो। क्वान्टम दक्षता 0.5 %. मानिये [सीजियम के लिये कार्य फलन = 1.89 eV] hc = 12400 eV-Å लीजिये।

Ans. $I = \eta \cdot \frac{P}{E_\lambda} \times \frac{e}{100} = 1.84 \times 10^{-6}$ amp एम्पियर

Sol. $I = \eta \cdot \frac{P}{E_\lambda} \times \frac{e}{100} = 1.84 \times 10^{-6}$ ampएम्पियर

A-4. Suppose the wavelength of the incident light in photoelectric effect experiment is increased from 3000 A° to 3040 A°. Find the corresponding change in the stopping potential. [Take the product hc = 12.4 × 10^{-7} eV m]
माना आपतित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य को 3000 A° से 3040 A° तक बढ़ाया जाता है। निरोधी विभव में संगत परिवर्तन ज्ञात करो। [hc = 12.4 × 10^{-7} eV m]

Ans. $dV_s = \frac{hc}{e} \cdot \frac{d\lambda}{\lambda^2} = -\frac{hc}{228e} \times 10^7 = -5.5 \times 10^{-2}$ volt

Sol. $V_s = \frac{hc}{e\lambda} - \frac{W}{e}$

On differentiating अवकलन करने पर $dV_s = -\frac{hc}{e\lambda^2}(d\lambda) = -5.5 \times 10^{-2}$ volt

$dV_s = -\frac{hc}{e}.\frac{\Delta\lambda}{\lambda^2} = -\frac{hc}{228e} \times 10^7 = -5.5 \times 10^{-2}$ volt

A-5. The magnetic field at a point associated with a light wave is $B = 2 \times 10^{-6}$ Tesla $\sin[(3.0 \times 10^{15} s^{-1})t]$ $\sin[(6.0 \times 10^{15} s^{-1})t]$. If this light falls on a metal surface having a work function of 2.0 eV, what will be the maximum kinetic energy of the photoelectrons ?
किसी बिन्दु पर प्रकाश तरंग से सम्बन्धित चुम्बकीय क्षेत्र $B = 2 \times 10^{-6}$ (टेसला) $\sin[(3.0 \times 10^{15} s^{-1})t]$ $\sin[(6.0 \times 10^{15} s^{-1})t]$ है। यदि यह प्रकाश 2.0 eV कार्य फलन वाले धातु सतह पर गिरता हो तो फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा ज्ञात करों।

Ans : $\left(\frac{9 \times 10^{15}}{2\pi e}h - 2\right)$ eV = 3.93 eV

Sol. $B = 2 \times 10^{-6}$ Tesla टेसला $\sin[3.0 \times 10^{15} s^{-1})t] \sin[(6.0 \times 10^{15} s^{-1})t]$
1×10^{-6} Tesla टेसला $[\cos\{3.0 \times 10^{15} s^{-1})t\} - \cos\{(9.0 \times 10^{15} s^{-1})t\}]$

maximum frequency of the wave तरंग की अधिकतम आवृति $\frac{9 \times 10^{15}}{2\pi} s^{-1}$

maximum kinetic energy of the photoelectrons फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा

$= \left(\frac{9 \times 10^{15}}{2\pi e}h - 2\right)$ eV = 3.93 eV **Ans.**

A-6. In an experiment on photoelectric effect, light of wavelength 800 nm (less than threshold wavelength) is incident on a cesium plate at the rate of 5.0 W .The potential of the collector plate is made sufficiently positive with respect to the emitter so that the current reaches its saturation value .Assuming that on the average one of every 10^6 photons is able to eject a photoelectron, find the photo current in the circuit.
एक प्रकाश विद्युत प्रभाव परीक्षण में 800 nm तरंगदैर्ध्य (देहली तरंगदैर्ध्य से कम) वाली प्रकाश किरण सिजियम प्लेट पर 5.0 W की दर से आपतित होती है। संग्राहक प्लेट के विभव को उत्सर्जक के सापेक्ष इस प्रकार पर्याप्त धनात्मक रखा जाता है कि धारा, इसके संतृप्त मान तक पहुँच सके। यह मानिये की औसतन 10^6 फोटॉनों में से एक फोटॉन ही फोटो इलेक्ट्रॉन निकाल सकता है। परिपथ में प्रकाश धारा ज्ञात करो।

Ans : $\frac{P\lambda}{hc \times 10^6} e$ A = 3.2 μ A

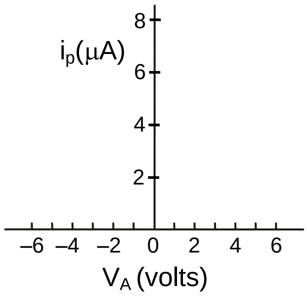
Sol. No. of Photons फोटोन की संख्या $= \frac{P}{E_\lambda} = \frac{P\lambda}{hc} \cdot s^{-1}$

no of photo electron s/s प्रति सेकण्ड फोटो इलेक्ट्रान की संख्या $= \frac{P\lambda}{hc} \cdot \frac{1}{10^6}$

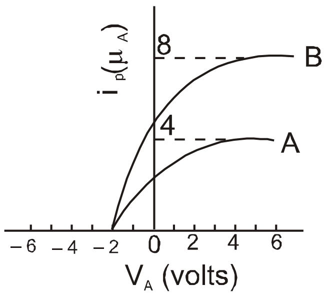
$\therefore$ Photo current फोटो धारा $= \frac{P\lambda}{hc \times 10^6} \cdot e = \frac{5 \times 800 \times 10^{-9} \times (1.6 \times 10^{-19})}{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 \times 10^6}$ A = 3.2 μ A.

A-7.# In a photoelectric effect experiment, photons of energy 5 eV are incident on the photocathode of work function 3 eV. For photon intensity $I_A = 10^{15}\ m^{-2}\ s^{-1}$, saturation current of 4.0 μ A is obtained. Sketch the variation of photocurrent i_p against the anode voltage V_a in the figure below for photon intensity I_A (curve A) and $I_B = 2 \times 10^{15}\ m^{-2}\ s^{-1}$ (curve B) (in JEE graph was to be drawn in the answer sheet itself.)

प्रकाश विद्युत परीक्षण में 5 eV ऊर्जा वाला फोटॉन 3 eV कार्य फलन वाले फोटो कैथोड़ पर आपतित होता है। फोटॉन की तीव्रता $I_A = 10^{15}\ m^{-2}\ s^{-1}$, तथा संतृप्त धारा 4.0 μ A प्रेक्षित की जाती है। प्रकाश धारा i_p का एनोड़ विभव V_a के साथ विचलन का खींचा ग्राफ नीचे चित्र में फोटॉन की तीव्रता I_A (वक्र A) और $I_B = 2 \times 10^{15}\ m^{-2}\ s^{-1}$ (वक्र B) के लिए दर्शाया गया है। (JEE में ग्राफ उत्तर पुस्तिका में बना हुआ था।)



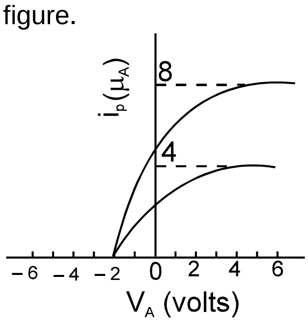
Ans.



Sol. Maximum kinetic energy of the photoelectrons would be

$$K_{max} = E - W = (5 - 3)\ eV = 2eV$$

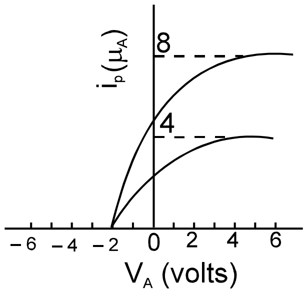
Therefore, the stopping potential is 2 Volt. Saturation current depends on the intensity of light incident. When the intensity is doubled the saturation current will also become two fold. The corresponding graphs are shown in
figure.



Sol. फोटो इलेक्ट्रान की अधिकतम गतिज ऊर्जा

$$K_{max} = E - W = (5 - 3)\ eV = 2eV$$

अतः निरोधी विभव 2 वोल्ट है सन्तृप्त धारा आपतित प्रकाश की तीव्रता पर निर्भर करती है। जब तीव्रता दुगनी की जाती है तो सतृप्त धारा भी दुगनी हो जाऐगी। सम्बन्धित आरेख चित्र में दर्शाया गया है।



Section (B) : Photon emission from a source and radiation pressure
खण्ड़ (B) : एक स्रोत से फोटॉन उत्सर्जन एवं विकिरण दाब

B-1. Intensity of sunlight falling normally on the earth surface is $1.4 \times 10^3 W/m^2$. Assume that the light is monochromatic with average wavelength 5000Å and that no light is absorbed in between the sun and the earth's surface. The distance between the sun and the earth is 1.5×10^{11}m.

(a) Calculate the number of the photons falling per second on each square meter of earth's surface directly below the sun.

(b) How many photons are there in each cubic meter near the earth's surface at any instant ?

(c) How many photons does the sun emits per second ?

पृथ्वी सतह पर लम्बवत् गिरने वाली सूर्य प्रकाश की तीव्रता $1.4 \times 10^3 W/m^2$ है। यह मानिये कि यह प्रकाश एक वर्णी है तथा औसत तरंगदैर्ध्य 5000Å है तथा पृथ्वी और सूर्य के मध्य कोई प्रकाश अवशोषित नहीं होता है। पृथ्वी तथा सूर्य के मध्य दूरी 1.5×10^{11}m है।

(a) सीधे सूर्य के ठीक नीचे प्रति वर्ग मीटर पृथ्वी सतह पर गिरने वाले फोटॉनो की संख्या ज्ञात कीजिए?

(b) किसी क्षण पृथ्वी सतह के पास प्रति मी^{3} में कितने फोटॉन है ?

(c) सूर्य से प्रति सेकण्ड उत्सर्जित फोटॉनो की संख्या कितनी है ?

Ans. **(a)** $N = \frac{7 \times 10^{-4}}{hc} = 3.5 \times 10^{21}$, **(b)** $\frac{7 \times 10^{-4}}{hc^2} = 1.2 \times 10^{13}$, **(c)** $\frac{7 \times 10^{-4} \times 4\pi (1.5 \times 10^{11})^2}{hc} = 9.9 \times 10^{44}$

Sol. (a) $n = \frac{P}{E_\lambda} = \frac{1.4 \times 10^3}{\frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{5000 \times 10^{-10}}} = 3.5 \times 10^{21}$

(b) If N be the no. of photons then these photons will fall on the surface in time

(b) यदि N फोटोन की संख्या है तो ये सभी पृष्ठ पर Δt समय में आपतित होगें

$$\Delta t = \frac{1}{C}$$

$$\therefore \quad n = \frac{N}{\Delta t} = N.\ C$$

$$\therefore \quad N = \frac{n}{C} = \frac{3.5 \times 10^{21}}{3 \times 10^8} = 1.2 \times 10^{13}$$

(c) No of photon emithed per second by the sun

सूर्य द्वारा प्रति सेकण्ड उत्सर्जित फोटान की संख्या

$$= n\ .\ 4\pi r^2 = 3.5 \times 10^{21} \times 4\pi\ (1.5 \times 10^{11})^2 = 9.9 \times 10^{44}$$

B-2. A parallel beam of monochromatic light of wavelength 663 nm is incident on a totally reflecting plane mirror. The angle of incidence is 60° and the number of photons striking the mirror per second is 5×10^{19}. Calculate the force exerted by the light beam on the mirror. ($h = 6.63 \times 10^{-34}$ J.s.)

पूर्ण परावर्तक समतल दर्पण पर 663 nm तरंगदैर्ध्य वाले एक वर्णीय प्रकाश का समानान्तर पुंज डाला जाता है। आपतन कोण 60° है तथा प्रति सैकण्ड दर्पण से टकराने वाले फॉटोन की संख्या 5×10^{19} है। दर्पण पर गिरने वाले प्रकाश पुंज के कारण लगने वाले बल की गणना कीजिए। ($h = 6.63 \times 10^{-34}$ J.s.)

Ans. 5×10^{-8} N

Sol. $F = \dfrac{\Delta P}{\Delta t}$ = change of momentum of one photon x no. of photons per second = $\left(\dfrac{h}{\lambda} \times 2 \times \cos 60^o\right) \times \dfrac{dn}{dt}$

$F = \dfrac{\Delta P}{\Delta t}$ = एक फोटॉन के संवेग में परिवर्तन x प्रति सैकंण्ड फॉटोन की संख्या = $\left(\dfrac{h}{\lambda} \times 2 \times \cos 60^o\right) \times \dfrac{dn}{dt}$

$= \dfrac{6.63 \times 10^{-34}}{663 \times 10^{-9}} \times 2 \times \dfrac{1}{2} \times (5 \times 10^{19}) = 5 \times 10^{-8}$ N

B-3. A beam of white light is incident normally on a plane surface absorbing 70% of the light and reflecting the rest. If the incident beam carries 30 W of power, find the force exerted by it on the surface.

श्वेत प्रकाश का पुंज जब लम्बवत् रूप से एक समतल सतह पर गिरता है तो यह सतह 70% प्रकाश को अवशोषित करती है तथा शेष प्रकाश को परावर्तित कर देती है। अगर सतह पर आपतित प्रकाश की शक्ति 30 W है तो इसके द्वारा सतह पर लगाए गए बल का मान बताइए ?

Ans. $\dfrac{1.3 \times 30}{3 \times 10^8} = 1.3 \times 10^{-7}$ N

Sol. change in momentum संवेग में परिवर्तन

$\Delta P = 0.7 \times \dfrac{h}{\lambda} + 2 \times 0.3 \times \dfrac{h}{\lambda}$

$= 1.3 \dfrac{P}{c} = 1.3 \times \dfrac{30}{3 \times 10^8} = 1.3 \times 10^{-7}$ N.

B-4. A sodium lamp of power 10 W is emitting photons of wavelength 590 nm. Assuming that 60% of the consumed energy is converted into light, find the number of photons emitted per second by the lamp.

10 W शक्ति का सोडियम लेम्प 590 nm तरंगदैर्ध्य का फॉटोन उत्सर्जित कर रहा है। लैम्प से प्रति सैकण्ड उत्सर्जित होने वाले फोटॉन की संख्या ज्ञात करो। यह मानिये कि 60% उपभोग ऊर्जा प्रकाश में परिवर्तित होती है।

Ans. $\dfrac{354 \times 10^{-8}}{hc} = 1.77 \times 10^{19}$

Sol. Power consumed = 10 W   उपभोग शक्ति = 10W

Power emitted = 0.6 × 10W = 6W   उत्सर्जित शक्ति = 0.6 × 10W = 6W

Number of photons emitted per second = $\dfrac{\text{Power emitted}}{\text{energy of each photon}}$

प्रति सेकण्ड उत्सर्जित फोटोन्स की संख्या = $\dfrac{\text{उपभोग शक्ति}}{\text{प्रत्येक फोटान की ऊर्जा}}$

$= \dfrac{6}{(6.63 \times 10^{-34}) \times \dfrac{(3 \times 10^8)}{590 \times 10^{-9}}} = 1.77 \times 10^{19}$

Section (C) : de–Broglie wave length
खण्ड़ (C) : डी ब्रोग्ली तरंग

C-1. Photoelectrons are liberated by ultraviolet light of wavelength 3000 Å from a metallic surface for which the photoelectric threshold wavelength is 4000 Å. Calculate the de Broglie wavelength of electrons emitted with maximum kinetic energy.
4000 Å प्रकाश वैद्युत देहली तरंगदैर्ध्य की धातु सतह से 3000 Å तरंगदैर्ध्य की पराबैंगनी किरणों द्वारा फोटो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होते है। अधिकतम गतिज ऊर्जा वाले उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनो की डी ब्रोग्ली तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो

Ans. $\lambda_d = \sqrt{\dfrac{h.\lambda.\lambda_{th}}{2m.c.(\lambda_{th}-\lambda)}} = \sqrt{\dfrac{6\times10^{-7}h}{m_e c}}$ m = 12.08 Å

Sol. Maximum K.E. of the electron इलेक्ट्रॉन की अधिकतम ऊर्जा $e^- = E_\lambda - \phi$

$$E = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_{th}}$$

λ_d = de–broglie wavelength, डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य

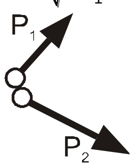
$$\frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mE}} = \frac{h}{\sqrt{2m.hc.\dfrac{\lambda_{th}-\lambda}{\lambda.\lambda_{th}}}}$$

$$\lambda_d = \sqrt{\frac{h.\lambda.\lambda_{th}}{2m.c.(\lambda_{th}-\lambda)}}$$

= 12.08 Å.

C-2. Two identical nonrelativistic particles move at right angles to each other, possessing de-Broglie wavelengths, λ_1 & λ_2. Find the de-Broglie wavelength of each particle in the frame of their centre of mass.
दो समान तथा एक दूसरे से असंबंद्ध कण परस्पर समकोण पर गति करते हैं तथा उनकी डी ब्रोगली तरंगदैर्ध्य λ_1 व λ_2 है। इनके द्रव्यमान केन्द्र के निर्देश तंत्र के सापेक्ष प्रत्येक कण की डी ब्रोगली तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो?

Ans. $\lambda = \dfrac{2\lambda_1 \lambda_2}{\sqrt{\lambda_1^2 + \lambda_2^2}}$



Sol.
Let $\vec{P}_1$ and $\vec{P}_2$ be the momenta of the two particles.
माना $\vec{P}_1$ तथा $\vec{P}_2$ दोंनो कणों के संवेग है
The velocity of the centre of mass द्रव्यमान केन्द्र का वेग

$$\vec{V}_{cm} = \frac{\vec{P}_1 + \vec{P}_2}{2m}$$

Hence, momentum of particle 1 in c.m. frame अतः द्रव्यमान केन्द्र फ्रेम मे कण 1 का संवेग

$$\vec{P}_1^{\,1} = m(\vec{v}_1 - \vec{v}_{cm})$$

$$= m\vec{v}_1 - m\frac{\vec{P}_1+\vec{P}_2}{2m} = \frac{\vec{P}_1+\vec{P}_2}{2}$$

$$|\vec{P}_1| = \frac{1}{2}\sqrt{P_1^2 + P_2^2 - 2P_1P_2\cos 90^o}$$

$$\frac{h}{\lambda} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{h^2}{\lambda_1^2} + \frac{h^2}{\lambda_2^2}} \Rightarrow \lambda = \frac{2\lambda_1\lambda_2}{\sqrt{\lambda_1^2+\lambda_2^2}}$$

Section (D) : Bohr's Theory for hydrogen, hydrogen like atoms (properties)
खण्ड़ (D) : हाइड्रोजन, हाइड्रोजन जैसे परमाणुओं के लिये बोहर सिद्धान्त

D-1. Find the numerical value of de-Broglie wavelength of an electron in the 1st orbit of hydrogen atom assuming Bohr's atomic model. You can use standard values of the constants. Leave your answer in terms of π.
बोहर के परमाणु प्रतिरूप के अनुसार हाइड्रोजन परमाणु की प्रथम कक्षा में स्थित इलेक्ट्रॉन की डी ब्रोगली तरंगदैर्ध्य का संख्यात्मक मान ज्ञात करो। सभी स्थिरांक के मानक मान प्रयुक्त करें। आपके उत्तर को स्थिरांक 'π' के पदों में लिखे।

Ans. $\lambda = 2\pi r = 2\pi \times 0.529$ Å $= 1.058\ \pi$ Å

Sol. $\lambda = 2\pi r = 2\pi \times 0.529$ Å $= 1.058\ \pi$ Å

D-2. Find the radius and energy of a He^+ ion in the states (a) n = 2, (b) n = 3.
He^+ आयन की त्रिज्या व ऊर्जा निम्न स्तरो में ज्ञात करो। (a) n = 2, (b) n = 3.

Ans : (a) $r = 0.529 \times \frac{2^2}{2} = 1.058$ Å

$E = -13.6 \times \frac{2^2}{2^2} = -13.6$ eV

(b) $r = 0.529 \times \frac{3^2}{2} = 2.38$ Å

$E = -13.6 \times \frac{2^2}{3^2} = -6.04$ eV.

Sol. r = 0.529 ;

(a) $r\ (n = 2) = 0.529 \times \frac{2^2}{2} = 1.058$ Å

$E(n = 2) = -13.6 \times \frac{2^2}{2^2} = -13.6$ eV

(b) $r\ (n = 3) = 0.529 \times \frac{3^2}{2} = 2.38$ Å

$E\ (n = 3) = -13.6 \times \frac{2^2}{3^2} = -6.04$ eV.

D-3. A positive hydrogen like ion having electron at its ground state ejects it, if a photon of wavelength 228 Å or less is absorbed by it. Identify the ion.
एक धनात्मक हाइड्रोजन के समान आयन जिसके पास मूल अवस्था में इलेक्ट्रान है, इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करता है, यदि यह 228Å या कम तरंग दैर्ध्य का फोटॉन अवशोषित करता है। आयन पहचानो

Ans. He^{+1}

Sol. BE of last electron अन्तिम इलेक्ट्रान की बंधन ऊर्जा

$E = 13.6 \times Z^2 = \frac{hc}{\lambda} \quad \Rightarrow \quad Z^2 = \frac{1.24 \times 10^4}{13.6 \times 228} \approx 4 \quad \Rightarrow Z = 2$

D-4. Find the temperature at which the average kinetic energy of the molecules of hydrogen equals the binding energy of its electron in ground state, assuming average kinetic energy of hydrogen gas molecule = $\frac{3}{2}kT$.
वह ताप ज्ञात करो जिस पर हाइड्रोजन अणुओं की औसत गतिज ऊर्जा मूल अवस्था में इसके इलेक्ट्रॉन की बन्धन ऊर्जा के समान है। यह मानिये कि हाइड्रोजन गैस के अणुओं की औसत गतिज ऊर्जा = $\frac{3}{2}kT$

Ans. $K = T = \frac{2E_0}{3K} = 1.05 \times 10^5$ K

Sol. 1.5 KT = 13.6 eV

$$T = \frac{13.6\times1.6\times10^{-19}}{1.5\times1.38\times10^{-23}}\ K = 1.05 \times 10^5\ K$$

D-5. A monochromatic light source of frequency ν illuminates a metallic surface and ejects photoelectrons. The photoelectrons having maximum energy are just able to ionize the hydrogen atoms in ground state. When the whole experiment is repeated with incident radiations of frequency $\left(\frac{5}{6}\right)\nu$ the photoelectrons so emitted are able to excite the hydrogen atom which then emits a radiation of wavelength of 1215 Å. Find the frequency ν.

ν आवृत्ति वाला एक वर्णीय प्रकाश स्त्रोत जब धातु सतह पर गिरता है तो फोटो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करता है। उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम ऊर्जा, मूल अवस्था वाले हाइड्रोजन परमाणु के आयनन के लिये ठीक पर्याप्त है। जब पूरा परीक्षण दुबारा $\left(\frac{5}{6}\right)\nu$ आवृत्ति वाले प्रकाश के आपतित विकिरण के साथ दोहराया जाता है तो उत्सर्जित फोटोइलेक्ट्रॉन हाइड्रोजन परमाणु पुंज को उत्तेजित करता है जो 1215 Å तरंगदैर्ध्य वाली विकिरण उत्सर्जित करता है। आवृत्ति ν ज्ञात करो।

Ans. $\upsilon = \frac{6}{h}\left[13.6e - \frac{hc\times10^{10}}{1215}\right] = 5\times10^{15}$ Hz,

Sol. K_{1max} = maximum K.E. of ejected electron in first case प्रथम स्थिति में उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम गतिज ऊर्जा = 13.6 eV

$\therefore \quad E_\lambda = \phi + K_{1max}$

$\Rightarrow \quad h\nu = \phi + 13.6\ eV$ ....(i)

$K_{2max} = E_\lambda - \phi = h..\ \frac{5}{6}\upsilon - \phi$

$= \frac{5}{6}h\upsilon - (h\upsilon - 13.6\ eV)$ ....(ii)

The energy of radiation of λ = 1215 Å is λ = 1215 Å के विकिरण की ऊर्जा

$= \frac{12400}{1215}\ eV = 10.2\ eV$

This is the energy of the e^- यह इलेक्ट्रॉनों की ऊर्जा है

$10.2\ eV = -\frac{h\upsilon}{6} + 13.6eV$

$\Rightarrow \quad \nu = \frac{(13.6-10.2)\times6eV}{h} = 5 \times 10^{15}$ Hz.

Section (E) : Electronic Transition in the H/H-Like atom/Species & Effect of motion of Nucleus

खण्ड़ (E) : हाइड्रोजन/हाइड्रोजन जैसे परमाणु में इलेक्ट्रॉन संक्रमण तथा नाभिक की गति का प्रभाव

E-1. Find the smallest wavelength in emission spectra of (a) hydrogen, (b) He^+

निम्न के उत्सर्जन स्पेक्ट्रम में न्यूनतम तरंगदैर्ध्य बताइये (a) हाइड्रोजन (b) He^+

Ans: (a) 91 nm (b) 23 nm

Sol. The smallest wavelength corresponds to transition from n = 1 to n = ∞.

n = 1 से n = ∞ संक्रमण के संगत न्यूनतम तरंगदैर्ध्य

(a) $\Delta E = 13.6\ eV \Rightarrow \lambda = \frac{1.24\times10^4}{13.6}$ Å = 911 Å = 91 nm.

(b) $\Delta E = 13.6 \times 2^2$ ev

$\lambda = \frac{124\times10^4}{13.6\times4}$ Å = 228 Å = 23 nm.

E-2. Calculate the angular frequency of revolution of an electron occupying the second Bohr orbit of He^+ ion.
He^+ आयन के दूसरी बोहर कक्ष में उपस्थित इलेक्ट्रॉन के चक्कर की कोणीय आवृत्ति बताइये।

Ans. $\frac{v_0}{r_0}.\frac{z^2}{n^3} = \frac{2.19\times10^6}{0.529\times10^{-10}}\times\frac{Z^2}{n^3} = 2.07 \times 10^{16}\ s^{-1}$

Sol. $v = 2.19 \times 10^6 \times \frac{z}{n}$ m/sec

$r = 0.529 \times 10^{-10} \times \frac{n^2}{z}$ m On putting values मान रखने पर,

$\frac{v}{r} = \frac{2.19\times10^6}{0.529\times10^{-10}}\times\frac{Z^2}{n^3} = 2.07 \times 10^{16}\ s^{-1}$

E-3. Find the quantum number n corresponding to the excited state of He^+ ion, if on transition to the ground state that ion emits two photons in succession with wave lengths 108.5 and 30.4 nm.
He^+ आयन की उत्तेजन अवस्था के संगत क्वांटम संख्या n बताइये, यदि आयन मूल अवस्था में संक्रमण के लिये दो 108.5 और 30.4 nm तरंगदैर्ध्य वाले क्रमागत फोटॉन उत्सर्जित करता है।

Ans. n = 5

Sol. Total energy of radiation विकिरण की कुल ऊर्जा

$$E = \frac{hc}{\lambda_1}+\frac{hc}{\lambda_2}$$

$$13.6 \times 4 \times \left(1-\frac{1}{n^2}\right) = \left(\frac{1240}{108.5}+\frac{1240}{30.4}\right)eV$$

$$1-\frac{1}{n^2} = \frac{1}{13.6\times4} \times 52.22$$

n = 5.

E-4. Consider a gas of hydrogen like ions in an excited state A. It emits photons having wavelength equal to the wavelength of the first line of the Lyman series together with photons of five other wavelengths. Identify the gas and find the principal quantum number of the state A.
किसी उत्तेजित स्तर A में हाइड्रोजन समान आयन की गैस पर विचार कीजिए। यह लाइमन श्रेणी की पहली रेखा के बराबर तरंगदैर्ध्य वाला फोटॉन पाँच अन्य तरंगदैर्ध्य वाले फोटॉनो के साथ उत्सर्जित करती है। गैस को पहचानिये तथा स्तर A की मुख्य क्वांटम संख्या बताइये।

Ans: He^+ 4,

Sol. Since there are six transition
चूंकि छः संक्रमण है

$^nC_2 = 6 \Rightarrow n = 4$

since one of the photons matches with first line of lyman series
चूंकि एक फोटान लाइमन श्रेणी की प्रथम रेखा से संबध है।

$$13.6\left(1-\frac{1}{4}\right) = 13.6\ z^2\left(\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2}\right)$$

$$\frac{1}{Z^2}-\frac{1}{(2z)^2} = \left(\frac{1}{n_1^2}-\frac{1}{n_2^2}\right)$$

since n cannot be more than 4, hence
चूकि यह चार से अधिक नही हो सकता अतः

Z = 2

The ion is आयन He^+ हैं

E-5. A stationary hydrogen atom emits a photon corresponding to first line of the Lyman series. What velocity does the atom acquire ?
एक स्थिर हाइड्रोजन परमाणु लाइमन श्रेणी की पहली रेखा के सगंत फोटॉन उत्सर्जित करता है। परमाणु का वेग क्या होगा ?

Ans. $\frac{E}{c}.\frac{1}{m} = \frac{13.6\times 3e}{4cm_p}$ = 3.25 m/s

Sol. Energy of the first line in Lyman series लाइमन श्रेणी में प्रथम रेखा की ऊर्जा

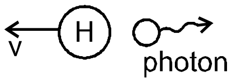
$$E = 13.6 \times \left(1-\frac{1}{4}\right)eV = 10.2\ eV$$

velocity of atoms परमाणु का वेग $= \frac{p}{m} = \frac{E}{c}.\frac{1}{m} = \frac{10.2\times 1.6\times 10^{-19}}{3\times 10^{8}\times 1.67\times 10^{-24}}$ m/s = 3.25 m/s.

E-6. From the condition of the foregoing problem, find how much (in %) the energy of the emitted photon differs from the energy of the corresponding transition in a hydrogen atom.
उपरोक्त प्रश्न के अनुसार ज्ञात कीजिए, उत्सर्जित फोटॉन की ऊर्जा हाइड्रोजन परमाणु में संगत संक्रमण की ऊर्जा से कितनी (% में) भिन्न है?

Ans. $\frac{(E - E')}{E} \times 100 = 0.55 \times 10^{-6}$ %

Sol.



From momentum conservation संवेग संरक्षण से

$$mv = \frac{E}{C} \text{ .... I}$$

From energy consideration ऊर्जा संरक्षण से

$$E_H = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\times \frac{(1.67\times 10^{-27})\times(3.25)^2}{1.6\times 10^{-19}} \text{ ev} = 5.5 \times 10^{-8} \text{ ev}$$

% change in energy ऊर्जा परिवर्तन $= \frac{E_H}{E} \times 100$

$$= \frac{5.5\times 10^{-8}}{10.2} \times 100 = 0.55 \times 10^{-6}\ \%$$

E-7. Consider a gas consisting Li^{+2} (which is hydrogen like ion).
(a) Find the wavelength of radiation required to excite the electron in Li^{++} from n = 1 and n = 3. (Ionisation energy of the hydrogen atom equals 13.6 eV).
(b) How many spectral lines are observed in the emission spectrum of the above excited system ?
एक गैस में द्वि आयनित लिथियम आयन जो हाइड्रोजन के समान है, जिसका परमाणु क्रमांक 3 है ।
(a) Li^{++} आयन के इलेक्ट्रॉन को पहले से तीसरे बोहर कक्ष तक उत्तेजन के लिये आवश्यक विकिरण का तरंगदैर्ध्य बताइये (हाइड्रोजन परमाणु की आयनन ऊर्जा13.6 eV है)
(b) उपरोक्त उत्तेजित निकाय के उत्सर्जन स्पेक्ट्रम में कितनी स्पेक्ट्रम रेखाएं दिखायी देंगी ।

Ans. (a) $\frac{hc}{13.6\times 8e}$ = 113.7 Å (b) 3

Sol. (a) $\Delta E = 13.6 \times 3^2 \times \left(\frac{1}{1}-\frac{1}{3^2}\right)$ eV = 13.6 × 8 eV

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{12400}{13.6\times 8} \text{ Å} = 113.7 \text{ Å}$$

(b) no. of spectral lines स्पेक्ट्रम रेखाओं की संख्या = ${}^{n}C_2$
$= {}^{3}C_2 = 3$.

E-8. A free atom of iron emits a photon of energy 6.4 keV. Then find the recoil kinetic energy of the atom. (Take mass of iron atom = 9.3×10^{-26} kg).
लोहे का मुक्त परमाणु 6.4 keV ऊर्जा का फोटॉन उत्सर्जित करता है। शेष परमाणु की प्रतिक्षिप्त गतिज ऊर्जा ज्ञात करो। (लोहे के एक परमाणु का द्रव्यमान = 9.3×10^{-26} kg)

Ans: $K_{recoil} = \left(\dfrac{6.4\times10^3 e}{c}\right)^2 \times \dfrac{1}{2\times(9.3\times10^{26})}$ J = 3.9×10^{-4} eV

Sol. Momentum of recoiling atom प्रतिक्षिप्त परमाणु का संवेग
= momentum of the photon फोटॉन का संवेग

$= \dfrac{E}{c}$

K.E. of recoiling atom प्रतिक्षिप्त परमाणु की गतिज ऊर्जा = $\dfrac{P^2}{2m} = \dfrac{E^2}{2mc^2}$

$= \left(\dfrac{6.4\times10^3\times1.6}{3\times10^8}\right)^2 \times \dfrac{1}{2\times(9.3\times10^{-26})}$ J

$= 0.63 \times 10^{-22}$ J $= 3.9 \times 10^{-4}$ eV.

Section (F) : Atomic Collisions
खण्ड़ (F) : परमाणवीय टक्कर (संघट्ट)

F-1. At what minimum kinetic energy must a hydrogen atom move for its inelastic headon collision with another stationary hydrogen atom so that one of them emits a photon? Both atoms are supposed to be in the ground state prior to the collision.
हाइड्रोजन परमाणु की न्यूनतम गतिज ऊर्जा क्या होनी चाहिये जिससे यह दूसरे स्थिर हाइड्रोजन परमाणु से सम्मुख अप्रत्यास्थ टक्कर कर दोनो में से कोई एक परमाणु फोटॉन उत्सर्जन कर सके। दोनों परमाणु टक्कर से पहले मूल अवस्था में माने ।

Ans. $T_{min} = \dfrac{T}{2} = 10.2 = 20.4$ eV

Sol. The loss in kinetic energy should be 10.2 eV so that the hydrogen atom may be excited to first excited state. For minimum kinetic energy case, the two atoms will move together.
हाइड्रोजन के प्रथम उत्तेजित अवस्था में आने के लिए 10.2 eV की गतिज ऊर्जा हानि अभिष्ट है। न्यूनतम गतिज ऊर्जा के प्रकरण के लिए ये दो परमाणु साथ गति करेगे।

$mv_0 = (m + m)\, v \Rightarrow v = v_0/2$

loss in kinetic energy गतिज ऊर्जा में हानि = $\dfrac{1}{2} mv_0^2 - \dfrac{1}{2}(2m)\left(\dfrac{v_0}{2}\right)^2$

$10.2\text{eV} = \dfrac{1}{4}.\, mv_0^2 = \dfrac{1}{4}.T$

$\therefore T = 2 \times 10.2$ eV $= 20.4$ eV

Section (G) : X-rays
खण्ड़ (G) : X-किरणें

G-1. Find the cutoff wavelength for the continuous X-rays coming from an X-ray tube operating at 40 kV.
एक X-किरण नलिका, जिस पर 40 kV विभव आरोपित है, से निकलने वाली (सतत्) : X-किरण के लिये देहली तरंगदैर्ध्य ज्ञात कीजिये ?

Ans. $\lambda = \dfrac{hc}{40\times10^3 e}$ m = 31.05 pm

Sol. $\lambda = \dfrac{hc}{40\times10^3 e}$ m = 31.05 pm

G-2. If the operating potential in an X -ray tube is increased by 0.1%, by what percentage does the cutoff wavelength decrease?

यदि X -किरण नलिका, में आरोपित विभव 0.1% से बढ़ा दिया जाये तो देहली तरंगदैर्ध्य कितनी प्रतिशत कम होगी ?

Ans: approximately 0.1% लगभग 0.1%

Sol. $\lambda_{\text{cut off}} = \dfrac{hc}{eV}$

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = -\frac{\Delta V}{V}$$

$\Rightarrow$ % decrease in cut off wavelength अन्तक तरंगदैर्ध्य में % कमी = 0.1%.

G-3. On increasing the operating voltage in an x-ray tube to 1.5 times, the shortest wavelength decreases by 26 pm. Find the original value of operating voltage.

यदि X किरण नलिका पर कार्यकारी विभव वास्तविक मान का 1.5 गुना कर दिया जाय, तो छोटी तरंगदैर्ध्य 26 pm तक घट जाती है। कार्यकारी विभव का वास्तविक मान ज्ञात करों।

Ans: $v_1 = \dfrac{hc}{1.5e(\lambda_1 + 26 \times 10^{-12})}$ V = 15.9 kV

Sol. $KE = \dfrac{hc}{\lambda_{min}}$

$$\lambda_{min} = \frac{hc}{KE}$$

$$\lambda_1 - \lambda_2 = 1.24 \times 10^4 \left(\frac{1}{v} - \frac{1}{1\cdot 5v}\right) {}^{o}A$$

$$26 \times 10^{-2} = 1.24 \times 10^4 \times \frac{1}{3V}$$

$$\therefore V = \frac{1.24 \times 10^4}{3 \times 26 \times 10^{-2}} = 15.9 \times 10^3 \text{ V}$$

G-4. An X-ray tube operates at 20 kV. Suppose the electron converts 70% of its energy into a photon at each collision. Find the lowest three wavelength emitted from the tube. Neglect the energy imparted to the atom with which the electron collides.

एक X-किरण नलिका 20 kV पर कार्य करती है। माना इलेक्ट्रान प्रत्येक टक्कर में अपनी ऊर्जा की 70% ऊर्जा फोटॉन में परिवर्तित करता है। नलिका द्वारा उत्सर्जित न्यूनतम तीन तरंगदैर्ध्य बताइये। इलेक्ट्रान की परमाणु के साथ टक्कर में परमाणु को दी गयी ऊर्जा नगण्य मानें।

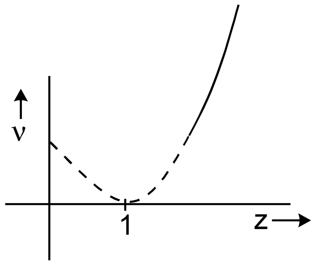
Ans. $\lambda_1 = \dfrac{hc}{20 \times 10^3 \times (0.7)e}$ = 88.6 pm , $\lambda_2 = \dfrac{hc}{20 \times 10^3 \times (0.7 \times 0.3)e}$ = 295.6 pm,

$\lambda_3 = \dfrac{hc}{20 \times 10^3 \times 0.7 \times (0.3)^2 e}$ = 985.6 pm,

Sol. $\lambda_1 = \dfrac{hc}{20 \times 10^3 \times (0.7)e}$ = 88.6 pm , $\lambda_2 = \dfrac{hc}{20 \times 10^3 \times (0.7 \times 0.3)e}$ = 295.6 pm,

$\lambda_3 = \dfrac{hc}{20 \times 10^3 \times 0.7 \times (0.3)^2 e}$ = 985.6 pm,

G-5.# Figure shows the variation of frequency of a characteristic x-ray and atomic number.
(i) Name the characteristic x-ray
(ii) Find the energy of photon emitted when this x-ray is emitted by a metal having z = 101.
चित्र में अभिलाक्षणिक x-किरण की आवृति तथा परमाणु क्रमांक का विचलन दर्शाया गया है -
(i) अभिलाक्षणिक x-किरण का नाम बताओ–
(ii) जब यह x-किरण z = 101 वाली धातु से उत्सर्जित होती है, तो उत्सर्जित फोटॉन की ऊर्जा ज्ञात करो।



Ans (i) k_α (ii) 102 keV.

Sol. From graph $\gamma = K(z-1)^2$ where K is constant
ग्राफ से $\gamma = K(z-1)^2$ जहां K नियत है।

$\sqrt{\nu} = a(z-1)$ $a = \sqrt{K}$

we get हम प्राप्त करते है b = 1

So अतः its K_α – x-ray यह K_α – x-किरण है

Energy of photon फोटॉन की ऊर्जा $= 13.6 \times (z-b)^2$

For के लिए K_α $n_1 = 1$
$n = 2$

$$E = 13.6 \times (100)^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) = 102 \text{ KeV}$$ **Ans.**

G-6. Find the wavelength of the K_α line in copper (Z = 29), if the wave length of the K_α line in iron (Z = 26) is known to be equal to 193 pm. (Take b = 1)
यदि लोहे (Z = 26) की K_α रेखा की तरंगदैर्ध्य 193 pm हो तो ताँबे (Z = 29) की K_α रेखा की तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो।

Ans. $\lambda_1 = \left(\frac{26-1}{29-1}\right)^2$ 193 pm = 154 pm

Sol. $\frac{1}{\lambda} = R(Z-b)^2 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right)$

apply this equation we get, इस समीकरण का उपयोग करने पर हम प्राप्त करते है

$$\lambda_1 = \left(\frac{26-1}{29-1}\right)^2 \text{ 193 pm} = 154 \text{ pm}$$

G-7. A hydrogen like atom (atomic number Z) is in a higher excited state of quantum number n. This excited atom can make a transition to the first excited state by successively emitting two photons of energies 10.20 eV & 17.00 eV respectively. Alternatively, the atom from the same excited state can make a transition to the second excited state by sucessively emitting two photons of energies 4.25 eV & 5.95 eV respectively. Determine the values of n & Z. (Ionization energy of hydrogen atom = 13.6 eV)
एक हाइड्रोजन के समान परमाणु (परमाणु संख्या Z) क्वान्टम संख्या n वाले उच्च उत्तेजित स्तर पर है। यह उत्तेजित परमाणु क्रमशः 10.20 eV व 17.00 eV ऊर्जाओं के दो क्रमिक फोटॉन उत्सर्जित कर प्रथम उत्तेजित स्तर तक संचरण कर सकता है। इसके अलावा समान उत्तेजित स्तर से यह परमाणु क्रमशः 4.25 eV व 5.95 eV के दो क्रमिक प्रोटॉन उत्सर्जित कर द्वितीय उत्तेजित स्तर तक संचरण कर सकता है। n व Z के मान ज्ञात करो। (हाइड्रोजन परमाणु की आयनीकरण ऊर्जा = 13.6 eV)

Ans. n = 6, Z = 3

Sol. From the given conditions : दी गई स्थिति के लिए

$E_n - E_2 = (10.2 + 17)eV = 27.2$ eV.

and तथा $E_n - E_3 = (4.25 + 5.95)$ eV = 10.2 eV

Equations (i) – (ii) gives.

समी० (i) – (ii) से

$$E_3 - E_2 = 17.0 \text{ eV}$$

or या $Z^2 (13.6) \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right) = 17.0$

$\Rightarrow$ $Z^2(13.6)(5/36) = 17.0$

$\Rightarrow$ $Z^2 = 9.$

or $Z = 3.$

From equation (i) , समी० (i) से

$$Z^2 (13.6) \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right) = 27.2$$

or या $(3)^2 (13.6) \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right) = 27.2.$

or या $\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right) = 0.222$

or या $\frac{1}{n^2} = 0.0278.$

or या $n^2 = 36.$

$\therefore$ $n = 6.$

G-8. Characteristic X-rays of frequency 4.2×10^{18} Hz are emitted from a metal due to transition from L- to K-shell. Find the atomic number of the metal using Moseley's law. Take Rydberg constant $R = 1.1 \times 10^7$ m^{-1}.

जब एक धातु में L से K कक्ष में स्थानान्तरण होता है तो 4.2×10^{18} Hz आवृत्ति वाली अभिलाक्षणिक X किरण उत्सर्जित होती है। मोजले नियम का उपयोग करके परमाणु क्रमांक ज्ञात करो। रिडबर्ग नियतांक $R = 1.1 \times 10^7$ m^{-1} लें।

Ans. 42

Sol. $\Delta E = hv = Rhc\,(z - b)^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$

For K-series b = 1 K-श्रेणी के लिए b = 1

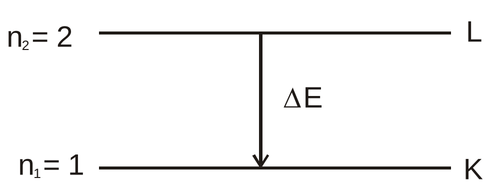
$\therefore$ $v = Rc\,(z - 1)^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$

Substituting the values मान प्रति स्थापित करने पर

$4.2 \times 10^{18} = (1.1\times 10^7)(3 \times 10^8)(z - 1)^2 \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{4}\right)$

$\therefore$ $(z - 1)^2 = 1697$

or $z - 1$ 41 or $z = 42$



Section (H) : for JEE Main
खण्ड़ (H) : JEE Main के लिए

H-1 . An electron beam of energy 10 KeV is incident on metallic foil. If the interatomic distance is 0.55Å . Find the angle of diffraction.
एक धातु की पन्नी पर एक इलेक्ट्रॉन पुंज गिरता है जिसकी ऊर्जा 10 KeV है। यदि दो परमाणुओं के बीच दूरी 0.55Å तो विवर्तन का कोण बताइये।

Sol. $\lambda = D\sin\phi$ and तथा $\lambda = \frac{12.27}{\sqrt{V}}$ Å so अतः $\frac{12.27}{\sqrt{V}} = D\sin\phi$

$\therefore \frac{12.27 \times 10^{-10}}{\sqrt{10 \times 10^{3}}} = 0.55 \times 10^{-10} \sin\phi$

$\sin\phi = \frac{12.27}{0.53 \times 100} = 0.2231$ or $\phi = \sin^{-1}(0.2231) \approx 12.89^{o}$

PART - II : ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE
भाग - II : केवल एक सही विकल्प प्रकार (ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE)

Single Choice Objective, straight concept/formula oriented
Section (A) : Photoelectric Effects
खण्ड़ (A) : प्रकाश विद्युत प्रभाव

A-1. In a photoelectric experiment, if stopping potential is applied, then photocurrent becomes zero. This means that :
(A) the emission of photoelectrons is stopped
(B*) the photoelectrons are emitted but are reabsorbed by the emitter metal
(C) the photoelectrons are accumulated near the collector plate
(D) the photoelectrons are dispersed from the sides of the apparatus.
एक प्रकाश विद्युत प्रभाव प्रयोग में यदि निरोधी विभव लगाते हैं तो प्रकाश धारा शून्य हो जाती है। इसका अर्थ है कि
(A) फोटो इलेक्ट्रॉन का उत्सर्जन रूक गया हैं।
(B*) फोटो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित हो रहे है परन्तु उत्सर्जक धातु द्वारा पुनः अवशोषित हो जाते है।
(C) फोटो इलेक्ट्रॉन सग्राहंक प्लेट के पास एकत्रित हो जाते हैं।
(D) फोटो इलेक्ट्रॉन उपकरण के किनारो से बाहर निकल जाते हैं।

Sol Emission of photo electron is independent of external factor. It depends only on the nature of the material and wavelength of incident light
फोटो इलेक्ट्रॉन का उत्सर्जन बाह्य कारको पर निर्भर नही है। वह केवल पदार्थ की प्रकृति व आपतित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य पर ही निर्भर करता है।

A-2. If the frequency of light in a photoelectric experiment is doubled then maximum kinetic energy of photoelectron
(A) be doubled (B) be halved
(C*) become more than double (D) become less than double
यदि प्रकाश विद्युत प्रभाव प्रयोग में प्रकाश की आवृत्ति को दुगना करें तो फॉटोइलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा
(A) दुगुनी हो जाएगी (B) आधी हो जाएगी
(C*) दुगुने से ज्यादा हो जाएगी (D) दुगुने से कम हो जाएगी

Sol. Einstein's formula आइन्स्टीन का सूत्र

$k_{max\ 1} = eV_1 + \phi$

if frequency is doubled, यदि आवृत्ति दुगुनी की जाए

$k_{max\ 2} = eV_2 + \phi > 2\ K_{max\ 1}$

A-3. Two separate monochromatic light beams A and B of the same intensity (energy per unit area per unit time) are falling normally on a unit area of a metallic surface. Their wavelength are λ_A and λ_B respectively. Assuming that all the incident light is used in ejecting the photoelectrons, the ratio of the number of photoelectrons from beam A to that from B is

समान तीव्रता के दो अलग अलग एक वर्णी प्रकाश पुंज A व B में किसी धातु सतह के इकाई क्षेत्रफल पर अभिलम्बवत् आपतित होते हैं। इनकी तरंग दैर्ध्य क्रमशः λ_A और λ_B हैं। यह मानिये कि आपतित पूरा प्रकाश फोटो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जन के काम आता है, पुंज A व B से उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रॉनों की संख्या का अनुपात है।

(A*) $\left(\frac{\lambda_A}{\lambda_B}\right)$ (B) $\left(\frac{\lambda_B}{\lambda_A}\right)$ (C) $\left(\frac{\lambda_A}{\lambda_B}\right)^2$ (D) $\left(\frac{\lambda_B}{\lambda_A}\right)^2$

Sol. The number of photo electron depends on the number of photons

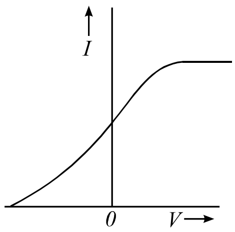
फोटो इलेक्ट्रॉनो की संख्या फोटॉन की संख्या पर निर्भर करती है।

Number of photon फोटॉन की संख्या $= \frac{I}{hc/\lambda} = \frac{\lambda \cdot I}{hc} \propto \lambda$

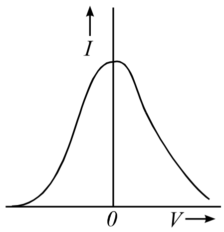
Ratio of no. of Photoelectrons फोटो इलेक्ट्रॉन की संख्या का अनुपात $= \frac{\lambda_A}{\lambda_B}$

A-4. Which one of the following graphs in figure shows the variation of photoelectric current (I) with voltage (V) between the electrodes in a photoelectric cell ?

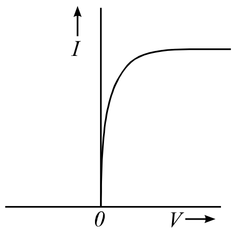
(A*)



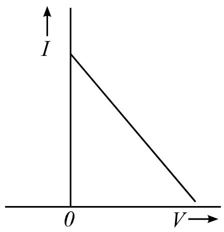
(B)



(C)

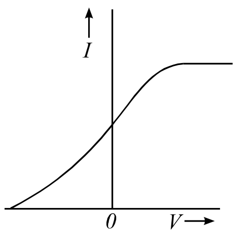


(D)

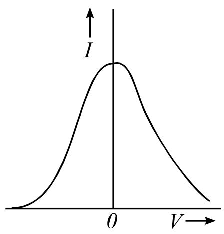


निम्न में से कौनसा ग्राफ फोटो विद्युत सेल के इलेक्ट्रोडों के मध्य प्रकाश विद्युत धारा (I) तथा विभव (V) के बीच परिवर्तन दर्शाता हैं।

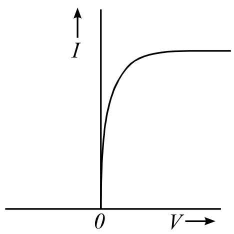
(A*)



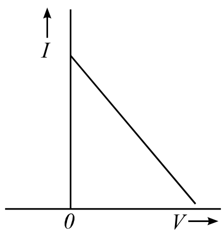
(B)



(C)



(D)



Sol. Experimental obervation. प्रायोगिक प्रेक्षण

A-5. When a centimetre thick surface is illuminated with light of wavelength λ, the stopping potential is V. When the same surface is illuminated by light of wavelength 2λ, the stopping potential is V/3. The threshold wavelength for the surface is :

(A) $\frac{4\lambda}{3}$ (B*) 4λ (C) 6λ (D) $\frac{8\lambda}{3}$

जब एक सेमी मोटी सतह को λ तरंगदैर्ध्य वाले प्रकाश से प्रकाशित करते है तो निरोधी विभव V हैं। जब समान सतह को 2λ तरंगदैर्ध्य वाले प्रकाश से प्रकाशित करते है तो निरोधी विभव V/3 हैं। सतह की देहली तरंग दैर्ध्य हैं।

(A) $\frac{4\lambda}{3}$ (B*) 4λ (C) 6λ (D) $\frac{8\lambda}{3}$

Sol. $\frac{hC}{\lambda} = \phi + eV$ ....(i) $\frac{hC}{2\lambda} = \phi + \frac{eV}{3}$ ....(ii)

$3 \cdot ii - i$

$\Rightarrow \left(\frac{3}{2} - 1\right)\frac{hc}{\lambda} = 2\phi \quad \Rightarrow \phi = \frac{hc}{4\lambda}$

$\therefore \lambda_{th} = 4\lambda$

A-6. The anode plate in an experiment on photoelectric effect is kept vertically above the cathode plate. Light source is put on and a saturation photocurrent is recorded. An electric field is switched on which has vertically downward direction

(A) The photocurrent will increase (B*) The kinetic energy of the electrons will increase
(C) The stopping potential will decrease (D) The threshold wavelength will increase

एक प्रकाश विद्युत प्रभाव प्रयोग में ऐनोड प्लेट को कैथोड प्लेट के ऊपर ऊर्ध्वाधर रखते हैं। प्रकाश स्त्रोत को चालु करते हैं और संतृप्त प्रकाश धारा प्रेक्षित करते हैं। एक विद्युत क्षेत्र जो उर्ध्वाधर नीचे की ओर है, को चालु करते हैं।

(A) प्रकाश धारा बढ़ेगी (B*) इलेक्ट्रॉनो की गतिज ऊर्जा बढेगी
(C) निरोधी विभव घटेगा (D) देहली तरंग दैर्ध्य बढेगी

Sol. The electrons will get accelerated in the electric field. Hence, kinetic energy will increase.
इलेक्ट्रॉन विद्युत क्षेत्र में त्वरित होगा। अतः गतिज ऊर्जा बढ़ेगी।

A-7. The maximum kinetic energy of photoelectrons emitted from a surface when photons of energy 6 eV fall on it is 4 eV. The stopping potential is :
जब 6 eV ऊर्जा वाले फोटॉन किसी सतह पर गिरते है तब धातु की सतह से उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रोन की अधिकतम गतिज ऊर्जा 4 eV है, तो निरोधी विभव हैं।

(A) 2V (B*) 4V (C) 6V (D) 10V

Sol. Stopping potential = maximum kinetic energy of e = 4V.
निरोधी विभव = इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा = 4V.

A-8. Ultraviolet light of wavelength 300 nm and intensity 1 W/m^2 falls on the surface of a photosensitive material. If one percent of the incident photons produce photoelectrons then the number of photoelectrons emitted per second from an area of 1 cm^2 of the surface is nearly
एक प्रकाश सुग्राही पदार्थ की सतह पर 300 nm तंरगदैर्घ्य एवं 1 W/m^2 तीव्रता का पराबैंगनी प्रकाश आपतित होता है। यदि आपतित फोटोन का एक प्रतिशत फोटो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करता है, तब सतह के निकट 1 cm^2 क्षैत्रफल से प्रति सेकण्ड उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रॉनों की लगभग संख्या होगी–

(A) 1.51×10^{13} (B*) 1.51×10^{12} (C) 4.12×10^{13} (D) 2.13×10^{11}

Ans. **(B)**

Sol. $\frac{(IA)}{100} = \frac{Nhc}{\lambda}$

$\frac{1 \times 10^{-4}}{100} = N \times \frac{12400}{3000} \times 1.6 \times 10^{-19}$

N = 1.5×10^{12} (approx लगभग)

Section (B) : Photon Emission from a source and radiation pressure
खण्ड़ (B) : एक स्रोत से फोटॉन उत्सर्जन एवं विकिरण दाब

B-1. A photon of light enters a block of glass after travelling through vacuum. The energy of the photon on entering the glass block
(A) increases because its associated wavelength decreases
(B) Decreases because the speed of the radiation decreases
(C) Stays the same because the speed of the radiation and the associated wavelength do not change
(D*) Stays the same because the frequency of the radiation does not change
प्रकाश का एक फोटॉन निर्वात से चलता हुआ एक कॉच के ब्लॉक में प्रवेश करता है। कॉच के ब्लॉक में प्रवेश करने पर फोटॉन की ऊर्जा
(A) बढेगी क्योंकि इससे सम्बन्धित तरंगदैर्ध्य घटेगी।
(B) घटेगी क्योंकि विकिरण की चाल घटेगी।
(C) समान रहेगी क्योंकि विकिरण की चाल और सम्बन्धित तरंगदैर्ध्य नहीं बदलती है।
(D*) समान रहती है क्योंकि विकिरण की आवृत्ति नहीं बदलती है।

Sol. Frequency of light does not change with medium.
प्रकाश की आवृति माध्यम बदलने पर नही बदलती

Section (C) : de-Broglie waves
खण्ड़ (C) : डी ब्रोग्ली तरंग

C-1. The energy of a photon of frequency ν is E = hν and the momentum of a photon of wavelength λ is p = h/λ. From this statement one may conclude that the wave velocity of light is equal to :

(A) 3×10^8 ms^{-1} (B*) $\frac{E}{p}$ (C) E p (D) $\left(\frac{E}{p}\right)^2$

ν आवृति वाले फोटॉन की ऊर्जा E = hν हैं तथा λ तरंगदैर्ध्य वाले फोटॉन का संवेग p = h/λ है। इस कथन से यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि प्रकाश तरंग का वेग बराबर हैं–

(A) 3×10^8 ms^{-1} (B*) $\frac{E}{p}$ (C) E p (D) $\left(\frac{E}{p}\right)^2$

Sol. $C = \lambda \cdot \nu = \frac{h}{p} \cdot \frac{E}{h} = \frac{E}{p}$

C-2. The de Broglie wavelength of an electron moving with a velocity 1.5×10^8 ms^{-1} is equal to that of a photon. The ratio of the kinetic energy of the electron to that of the energy of photon is (apply non relativistic formula for electron) :

(A) 2 (B) 4 (C) $\frac{1}{2}$ (D*) $\frac{1}{4}$

1.5×10^8 ms^{-1} से गति कर रहे इलेक्ट्रॉन की डी ब्रोग्ली तरंगदैर्ध्य फोटॉन के बराबर हैं। इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा तथा फोटॉन की ऊर्जा का अनुपात हैं। (इलेक्ट्रॉन के लिए असापेक्षवाद के सूत्र का उपयोग करें।)

(A) 2 (B) 4 (C) $\frac{1}{2}$ (D*) $\frac{1}{4}$

Sol. $\lambda_d = \frac{h}{mv}$

E_λ = energy of photon फोटॉन की ऊर्जा = $\frac{hc}{\lambda}$ and energy of तथा इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा $e^- = \frac{p^2}{2m} = \frac{hv}{2\lambda}$

The required ratio आवश्यक अनुपात = . $\frac{\frac{hv}{2\lambda}}{\frac{hc}{\lambda}} = \frac{1}{4}$

C-3. A particle of mass M at rest decays into two particles of masses m_1 and m_2 having non zero velocities. The ratio of the de Broglie wavelengths of the particles, λ_1/λ_2 is :
M द्रव्यमान का स्थिर कण m_1 व m_2 द्रव्यमान के दो टुकडो में विभक्त हो जाता हैं तथा इनका वेग शून्य नहीं है। कणों की डी–ब्रोग्ली तरंगदैर्ध्य का अनुपात अर्थात λ_1/λ_2 हैं।

(A) $\frac{m_1}{m_2}$ (B) $\frac{m_2}{m_1}$ (C*) 1 : 1 (D) $\sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$

Sol $\lambda = \frac{h}{p}$

Since the momenta of the two particles are equal, λ are same.
चूंकि दोनो कणो का संवेग तुल्य है अतः इनके λ भी तुल्य होगे।

C-4. Let p and E denote the linear momentum and the energy of a photon. For another photon of smaller wavelength (in same medium)
(A*) both p and E increase (B) p increases and E decreases
(C) p decreases and E increases (D) both p and E decreases
माना p तथा E फोटॉन के रेखीय संवेग तथा ऊर्जा को व्यक्त करते हैं। लघु तरंगदैर्ध्य के अन्य फोटॉन के लिए (समान माध्यम में)
(A*) दोनों p और E बढ़ते हैं (B) p बढ़ता है तथा E घटता है
(C) p घटता है तथा E बढ़ता है (D) दोनो p और E घटते हैं

Sol. Applying $p = \frac{h}{\lambda}$ and $E = \frac{hc}{\lambda}$

प्रयुक्त करने पर $p = \frac{h}{\lambda}$ तथा $E = \frac{hc}{\lambda}$

If λ decreases E and p increases.
यदि λ घटता है तो E तथा p बढते है।

C-5. The de Broglie wavelength of a neutron correspoding to root mean square speed at 927ºC is λ. What will be the de Broglie wavelength of the neutron correspoding to root mean square speed at 27ºC?

(A) $\frac{\lambda}{2}$ (B) λ (C*) 2λ (D) 4λ

वर्ग माध्य मूल चाल के संगत 927ºC पर न्यूट्रॉन की डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य λ हैं। वर्ग माध्य मूल चाल के संगत 27ºC पर न्यूट्रॉन की डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य होगी –

(A) $\frac{\lambda}{2}$ (B) λ (C*) 2λ (D) 4λ

Sol. K.E. of neutron $E = \frac{3}{2}kT$ न्यूट्रॉन की गतिज ऊर्जा $E = \frac{3}{2}kT$

$$\lambda_d = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2mE}} = \frac{h}{\sqrt{2m \times \frac{3}{2}kT}}$$

$$\Rightarrow \quad \lambda_2 = \lambda.\sqrt{\frac{(927+273)}{27+273}} = 2\lambda.$$

C-6. The wavelength λ of de Broglie waves associated with an electron (mass m, charge e) accelerated through a potential difference of V is given by (h is Planck's constant) :
(A) $\lambda = h/mV$ (B) $\lambda = h/2\ meV$ (C) $\lambda = h/\sqrt{meV}$ (D*) $\lambda = h/\sqrt{2meV}$
V विभव से त्वरित इलेक्ट्रॉन (द्रव्यमान m, आवेश e) से सम्बन्धित डी–ब्रोग्ली तरंगदैर्ध्य λ से दी जाती है (h प्लांक नियतांक)
(A) $\lambda = h/mV$ (B) $\lambda = h/2\ meV$ (C) $\lambda = h/\sqrt{meV}$ (D*) $\lambda = h/\sqrt{2meV}$

Sol. **(D)** $\lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{\sqrt{2mK}} = \frac{h}{\sqrt{2meV}}$

Section (D) : Bohr's atomic model of H-atom & H-Like species (Properties)
खण्ड़ (D) : हाइड्रोजन, हाइड्रोजन जैसे परमाणुओं के लिये बोहर सिद्धान्त (गुणधर्म)

D-1. If a_0 is the Bohr radius, the radius of the n = 2 electronic orbit in triply ionized beryllium is -
(A) $4a_0$ (B*) a_0 (C) $a_0/4$ (D) $a_0/16$
यदि a_0 बोहर त्रिज्या हो तो त्रि आयनित बेरिलियम के लिये n = 2 कक्ष की त्रिज्या है -
(A) $4a_0$ (B*) a_0 (C) $a_0/4$ (D) $a_0/16$

Ans. B

Sol. $r = a_0 \dfrac{n^2}{Z} = a_0 . \dfrac{2^2}{4} = a_0$

D-2. Consider 2 hydrogen like ions A and B. Ionization energy of A is greater than that of B. Let r, u, E and L represent the radius of the orbit, speed of the electron, energy of the atom and orbital angular momentum of the electron respectively. In ground state:
(A) $r_A > r_B$ (B*) $u_A > u_B$ (C) $E_A > E_B$ (D) $L_A > L_B$
हाइड्रोजन जैसे दो आयन A तथा B पर विचार कीजिए। A की आयनन ऊर्जा हाइड्रोजन जैसे अन्य आयन B से अधिक है। माना r, u, E तथा L क्रमशः कक्ष की त्रिज्या, इलेक्ट्रॉन की चाल, परमाणु की ऊर्जा और इलेक्टॉन के कक्षीय कोणीय संवेग को प्रदर्शित करते हैं। मूल अवस्था में
(A) $r_A > r_B$ (B*) $u_A > u_B$ (C) $E_A > E_B$ (D) $L_A > L_B$

Sol. ΔE = ionization energy आयनन ऊर्जा

$= 13.6 \times z^2$ eV

$\Delta E_A > \Delta E_B \Rightarrow Z_A > Z_B$

$L = \dfrac{nh}{2\pi}$

$\therefore L_A = L_B$

E = energy of the orbit कक्षक की ऊर्जा $E \propto -\dfrac{Z^2}{n^2}$

$E_A < E_B$

$u \,\alpha\, \dfrac{Z}{n}$

$\therefore u_A > u_B$

$r \,\alpha\, \dfrac{n^2}{Z}$

$\therefore r_A < r_B$.

D-3. Which energy state of doubly ionized lithium (Li^{++}) has the same energy as that of the ground state of hydrogen ? Given Z for lithium = 3 :
(A) n = 1 (B) n = 2 (C*) n = 3 (D) n = 4
द्वि आयनित लिथियम (Li^{++}) आयन के किस ऊर्जा तल की ऊर्जा हाइड्रोजन की मूल अवस्था में ऊर्जा के समान है ? दिया है लिथियम के लिए Z = 3 :
(A) n = 1 (B) n = 2 (C*) n = 3 (D) n = 4

Sol. $E_n (Li^{2+}) = E_1 (H)$

$\Rightarrow -13.6 \dfrac{3^2}{n^2} = -13.6 \times \dfrac{1}{1}$

$\Rightarrow n = 3$

D-4. In Bohr's model of hydrogen atom, the centripetal force is provided by the Coulomb attraction between the proton and the electron. If a_0 is the radius of the ground state orbit, m is the mass and e the charge of an electron and ε_0 is the vacuum permittivity, the speed of the electron is :

(A) zero (B) $\frac{e}{\sqrt{\varepsilon_0 a_0 m}}$ (C*) $\frac{e}{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 a_0 m}}$ (D) $\frac{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 a_0 m}}{e}$

हाइड्रोजन परमाणु के बोहर प्रतिरूप में इलेक्ट्रॉन तथा प्रोटॉन के बीच लगने वाला कूलॉम बल अभिकेन्द्रीय बल प्रदान करता है। यदि a_0 मूल अवस्था के कक्ष की त्रिज्या, m द्रव्यमान और e एक इलेक्ट्रॉन पर आवेश तथा ε_0 निर्वात की पारगम्यता हो तो इलेक्ट्रॉन की चाल है -

(A) शून्य (B) $\frac{e}{\sqrt{\varepsilon_0 a_0 m}}$ (C*) $\frac{e}{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 a_0 m}}$ (D) $\frac{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 a_0 m}}{e}$

Sol. $\frac{mv^2}{a_0} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}.\frac{e^2}{a_0^2}$

$\Rightarrow \quad v = \frac{e}{\sqrt{4\pi \epsilon_0 \, a_0 m}}$.

D-5. If an orbital electron of the hydrogen atom jumps from the ground state to a higher energy state, its orbital speed reduces to half its initial value. If the radius of the electron orbit in the ground state is r, then the radius of the new orbit would be :

(A) 2r (B*) 4r (C) 8r (D) 16r

यदि हाइड्रोजन परमाणु में एक कक्षीय इलेक्ट्रॉन मूल स्तर से उच्च स्तर में जाता है तो चाल प्रारम्भिक की आधी हो जाती है। यदि इलेक्ट्रॉन की मूल अवस्था की त्रिज्या r हो तो नये कक्ष की त्रिज्या होगी :–

(A) 2r (B*) 4r (C) 8r (D) 16r

Sol. Since speed reduces to half , KE reduced to

चूंकि चाल घटकर आधी रह जाती है, तो गतिज ऊर्जा घटकर

$\frac{1}{4}$th रह जायगी $\Rightarrow$ n = 2

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

$mv_0 r = 1.\frac{h}{2\pi}$ I

$m\frac{v_0}{2} r` = 2 \cdot \frac{h}{2\pi}$ II

I व II से

$r' = 4.r$

D-6. In the Bohr model of the hydrogen atom, the ratio of the kinetic energy to the total energy of the electron in a quantum state n is :

(A*) – 1 (B) + 1 (C) $\frac{1}{n}$ (D) $\frac{1}{n^2}$

हाइड्रोजन परमाणु के बोहर नमूने में क्वाण्टम अवस्था n में इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा तथा कुल ऊर्जा का अनुपात है :

(A*) – 1 (B) + 1 (C) $\frac{1}{n}$ (D) $\frac{1}{n^2}$

Sol. According to the Bohr model बोहर प्रतिरूप के अनुसार

P.E. = – 2 K.E. = 2 T. E. $\Rightarrow$ K.E. = – T.E.

Where जहाँ T.E. = $\frac{-me^4}{8\epsilon_0^2 n^2h^2}$

K. E.= – $\frac{-me^4}{8\epsilon_0^2 n^2h^2}$ $\Rightarrow$ $\frac{K.E.}{T.E.} = -1$

D-7. The innermost orbit of the hydrogen atom has a diameter of 1.06 Å. What is the diameter of the tenth orbit ?
(A) 5.3 Å (B) 10.6 Å (C) 53 Å (D*) 106 Å
हाइड्रोजन परमाणु के सबसे अन्दर वाले कक्ष का व्यास 1.06 Å है। दसवें कक्ष का व्यास है -
(A) 5.3 Å (B) 10.6 Å (C) 53 Å (D*) 106 Å

Sol. $r \propto n^2$ $\therefore$ $r_{10} = 10^2 \times 1.06$ Å = 106 Å.

D-8. The orbital speed of the electron in the ground state of hydrogen is v. What will be its orbital speed when it is excited to the energy state – 3.4 eV ?
(A) 2 v (B*) $\frac{v}{2}$ (C) $\frac{v}{4}$ (D) $\frac{v}{8}$
हाइड्रोजन की मूल अवस्था में इलेक्ट्रॉन की कक्षीय चाल v है। जब इसको – 3.4 eV ऊर्जा तल तक उत्तेजित किया जाता है तो इसकी कक्षीय चाल होगी।
(A) 2 v (B*) $\frac{v}{2}$ (C) $\frac{v}{4}$ (D) $\frac{v}{8}$

Sol. $E \propto \frac{1}{n^2}$

$\frac{13.6}{3.4} = \frac{n_2^2}{n_1^2}$ $n_2 = 2$

$v \propto \frac{z}{n}$ (z = 1) $\Rightarrow$ $v_2 = \frac{v}{2}$

D-9. The total energy of the electron in the first excited state of hydrogen is – 3.4 eV. What is the kinetic energy of the electron in this state ?
(A) + 1.7 eV (B*) + 3.4 eV (C) + 6.8 eV (D) – 13.4 eV
हाइड्रोजन की पहली उत्तेजन अवस्था में इलेक्ट्रॉन की कुल ऊर्जा – 3.4 eV. है। इस अवस्था में इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा है-
(A) + 1.7 eV (B*) + 3.4 eV (C) + 6.8 eV (D) – 13.4 eV

Sol. In quantum state of a bohr atom $-T.E = KE$
बोहर परमाणु की क्वांटम अवस्था में $-(-3.4) = KE$
3.4 ev = KE

D-10. In above Q., the potential energy of the electron is :
(A) – 1.7 eV (B) – 3.4 eV (C*) – 6.8 eV (D) – 13.4 eV
उपरोक्त प्रश्न में इलेक्ट्रॉन की स्थितिज ऊर्जा है :
(A) – 1.7 eV (B) – 3.4 eV (C*) – 6.8 eV (D) – 13.4 eV

Sol. P.E = 2(T.E.)
= 2 (– 3.4)
= – 6.8 eV

D-11. Imagine an atom made of a proton and a hypothetical particle of double the mass as that of an electron but the same charge. Apply Bohr theory to consider transitions of the hypothetical particle to the ground state. Then, the longest wavelength (in terms of Rydberge constant for hydrogen atom) is
(A) $\frac{1}{2R}$ (B) $\frac{5}{3R}$ (C) $\frac{1}{3R}$ (D*) $\frac{2}{3R}$

एक अधिकल्पित परमाणु एक प्रोटोन तथा एक इलेक्ट्रॉन के दोगुने द्रव्यमान लेकिन समान आवेश के एक अधिकल्पित कण से मिलकर बना हुआ है। अधिकल्पित कण से मूल अवस्था के संक्रमण के लिए बोहर सिद्धान्त उपयोग लिजिये। तब दीर्घतम तंरगदैर्घ्य होगा–(हाइड्रोजन परमाणु के लिए रिडबर्ग नियतांक के पदों में)

(A) $\frac{1}{2R}$ (B) $\frac{5}{3R}$ (C) $\frac{1}{3R}$ (D*) $\frac{2}{3R}$

Sol. **(d)**

$$\frac{1}{\lambda} = R'\left[\frac{1}{1} - \frac{1}{4}\right]$$

$$\frac{1}{\lambda} = 2R\left[\frac{3}{4}\right]$$

$$\lambda = \frac{2}{3R}$$

D-12. The force of attraction between the positively charged nucleus and the electron in a hydrogen atom is given by f = $k\frac{e^2}{r^2}$. Assume that the nucleus is fixed. The electron, initially moving in an orbit of radius R_1 jumps into an orbit of smaller radius R_2. The decrease in the total energy of the atom is.

(A) $\frac{ke^2}{2}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$ (B) $\frac{ke^2}{2}\left(\frac{R_1}{R_2^2} - \frac{R_2}{R_1^2}\right)$ (C*) $\frac{ke^2}{2}\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right)$ (D) $\frac{ke^2}{2}\left(\frac{R_2}{R_1^2} - \frac{R}{R_2^2}\right)$

एक हाइड्रोजन परमाणु के धनात्मक आवेशित नाभिक एवं इलेक्ट्रॉन के मध्य आकर्षण बल f = $k\frac{e^2}{r^2}$ द्वारा दिया गया है। मानिये कि नाभिक जड़वत् है। इलेक्ट्रॉन प्रारम्भ में R_1 त्रिज्या की कक्षा में गतिशील है तथा छोटी त्रिज्या R_2 की कक्षा में कूदता है। परमाणु की कुल ऊर्जा में कमी होगी–

(A) $\frac{ke^2}{2}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$ (B) $\frac{ke^2}{2}\left(\frac{R_1}{R_2^2} - \frac{R_2}{R_1^2}\right)$ (C*) $\frac{ke^2}{2}\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right)$ (D) $\frac{ke^2}{2}\left(\frac{R_2}{R_1^2} - \frac{R}{R_2^2}\right)$

Ans. **(C)**

Sol. $F = \frac{ke^2}{r^2}$

$\frac{ke^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$ T.E. = $\frac{ke^2}{2r} + -\frac{ke^2}{r}$

$mv^2 = \frac{ke^2}{r}$ $T.E_i = mv^2 = \frac{-ke^2}{2r_1}$

$\Rightarrow$ $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{ke^2}{2r}$ $T.E_f = \frac{-ke^2}{2r_2}$

decrease ऊर्जा में कमी = $T.E._i - T.E._f = \frac{-ke^2}{2r_1} - \left(\frac{-ke^2}{2r_2}\right) = \frac{ke^2}{2}\left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right)$

D-13. It is observed that some of the spectral lines in hydrogen spectrum have wavelengths almost equal to those of the spectral lines in He^+ ion, Out of the following the transitions in He^+ that will make this possible is

(A) n = 3 to n = 1 (B*) n = 6 to n = 4 (C) n = 5 to n = 3 (D) n = 3 to n = 2

यह प्रेक्षित किया गया है कि हाइड्रोजन परमाणु की कुछ स्पेक्ट्रम रेखाओं के तंरगदैर्घ्य He^+ आयन में स्पेक्ट्रम रेखाओं के तंरगदैर्घ्य के लगभग समान है। निम्न में से कौनसा He^+ आयन में संक्रमण इसको संभव बनाता है।

(A) n = 3 से n = 1 (B*) n = 6 से n = 4 (C) n = 5 से n = 3 (D) n = 3 से n = 2

Ans. **(B)**

Sol. $13.6 \times 4 \times \left(\frac{1}{16}-\frac{1}{36}\right)=13.6\times\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{9}\right)$

ΔE in 6 to 4 in He+

matches with ΔE in H of 3 to 2

He+ में 6 से 4 में ΔE हाइड्रोजन में 3 से 2 में ΔE से मिलान करता है।

Section (E) : Electronic transition in the H/H-like atom/Species of effect of motion of Nucleus

खण्ड़ (E) : हाइड्रोजन/हाइड्रोजन जैसे परमाणु में इलेक्ट्रॉन संक्रमण तथा नाभिक की गति का प्रभाव

E-1. Three photons coming from emission spectra of hydrogen sample are picked up. Their energies are 12.1eV, 10.2eV and 1.9eV. These photons must come from

(A) a single atom (B) two atoms

(C) three atom (D*) either two atoms or three atoms

हाइड्रोजन नमूने के उत्सर्जन स्पेक्ट्रॅम से तीन फोटॉन को लिया जाता है। इनकी ऊर्जा 12.1eV, 10.2eV तथा 1.9eV. है। यह फोटॉन आने चाहिये -

(A) एक परमाणु से (B) दो परमाणु से

(C) तीन परमाणु से (D*) या तो दो या तीन परमाणु से

Sol. 12.1 = E(n = 3) – E (n = 1)

10.2 = E(n = 2) – E (n = 1)

1.9 = E(n = 3) – E (n = 2)

At least two atoms must be enveloped as there connot be two transition from same level from same atom.

चूंकि एक ही परमाणु के समान स्तरो के मध्य दो संक्रमण नही हो सकते अतः न्यूनतम दो परमाणु आबद्ध होने चाहिए।

E-2. In a hypothetical atom, if transition from n = 4 to n = 3 produces visible light then the possible transition to obtain infrared radiation is :

(A) n = 5 to n = 3 (B) n = 4 to n = 2 (C) n = 3 to n = 1 (D*) none of these

एक काल्पनिक परमाणु में यदि n = 4 से n = 3 में संक्रमण से दृश्य प्रकाश उत्पन्न होता है तो अवरक्त विकिरण प्राप्त करने के लिये संभावित संक्रमण है -

(A) n = 5 से n = 3 (B) n = 4 से n = 2 (C) n = 3 से n = 1 (D*) इनमें से कोई नहीं

Sol. All the transition energies in option (A), (B) and (C) are greater than corresponding to n = 4 to n = 3. Hence, option (D).

(A),(B) तथा (C) विकल्पों में सभी संक्रमण ऊर्जाऐं n = 4 से n = 3 संक्रमण से अधिक होती है। अतः विकल्प (D) है।

E-3. The ionization energy of hydrogen atom is 13.6 eV. Hydrogen atoms in the ground state are excited by electromagnetic radiation of energy 12.1 eV. How many spectral lines will be emitted by the hydrogen atoms?

(A) one (B) two (C*) three (D) four

हाइड्रोजन परमाणु की आयनन ऊर्जा 13.6 eV. है। मूल अवस्था वाले हाइड्रोजन परमाणु को 12.1 eV. वाले विद्युत चुम्बकीय विकिरण द्वारा उत्तेजित किया जाता है। हाइड्रोजन परमाणु द्वारा कितनी स्पेक्ट्रम रेखाऐं उत्सर्जित होगी ?

(A) एक (B) दो (C*) तीन (D) चार

Sol 12.1 eV radiation will excite a hydrogen atom in ground state to n = 3
12.1 eV ऊर्जा विकिरण हाइड्रोजन परमाणु को मूलस्तर से n = 3 स्तर तक उत्तेजित करेगा।
state number of possible transition = ${}^nC_2 = {}^3C_2 = 3$.
संभाव्य संक्रमण = ${}^nC_2 = {}^3C_2 = 3$.

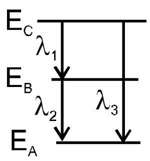
E-4. Energy levels A, B and C of a certain atom correspond to increasing values of energy, i.e. $E_A < E_B < E_C$. If λ_1, λ_2 and λ_3 are the wavelengths of radiations corresponding to transitions C to B, B to A and C to A respectively, which of the following relations is correct ?

(A) $\lambda_3 = \lambda_1 + \lambda_2$ (B*) $\lambda_3 = \frac{\lambda_1\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$ (C) $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 0$ (D) $\lambda_3^2 = \lambda_1^2 + \lambda_2^2$

ऊर्जा के बढते हुऐ मान के संगत एक निश्चित परमाणु A, B और C के ऊर्जा स्तर अर्थात् $E_A < E_B < E_C$ है। यदि λ_1, λ_2 तथा λ_3 क्रमशः C से B, B से A तथा C से A संक्रमण के संगत विकिरण की तरंगदैर्ध्य है तो निम्न में कौनसा संबंध सही है

(A) $\lambda_3 = \lambda_1 + \lambda_2$ (B*) $\lambda_3 = \frac{\lambda_1\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$ (C) $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 0$ (D) $\lambda_3^2 = \lambda_1^2 + \lambda_2^2$

Sol.



$$E_C - E_A = (E_C - E_A) + (E_B - E_A)$$

$$\Rightarrow \quad \frac{hc}{\lambda_3} = \frac{hc}{\lambda_1} + \frac{hc}{\lambda_2}$$

$$\Rightarrow \quad \lambda_3 = \frac{\lambda_1\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}.$$

E-5. The wavelength of the first line in balmer series in the hydrogen spectrum is λ. What is the wavelength of the second line :

(A*) $\frac{20\lambda}{27}$ (B) $\frac{3\lambda}{16}$ (C) $\frac{5\lambda}{36}$ (D) $\frac{3\lambda}{4}$

हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम की बामर श्रेणी की पहली रेखा की तरंगदैर्ध्य λ है। दूसरी रेखा की तरंगदैर्ध्य है –

(A*) $\frac{20\lambda}{27}$ (B) $\frac{3\lambda}{16}$ (C) $\frac{5\lambda}{36}$ (D) $\frac{3\lambda}{4}$

Sol. $\frac{1}{\lambda_1} = R\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right)$ $\Rightarrow \lambda_1 = \frac{4 \times 9}{5R}$

similarly इसी प्रकार $\frac{1}{\lambda_2} = R\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{4^2}\right)$ $\Rightarrow \lambda_2 = \frac{16}{3R} = \frac{16}{3} \times \frac{5\lambda}{4 \times 9} = \frac{20}{27}\lambda$

E-6. The frequency of the first line in Lyman series in the hydrogen spectrum is ν. What is the frequency of the corresponding line in the spectrum of doubly ionized Lithium ?

(A) ν (B) 3ν (C*) 9ν (D) 27ν

हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम की लाइमन श्रेणी की पहली रेखा की आवृत्ति ν है। द्वि आयनित लिथियम आयन के स्पेक्ट्रम के संगत रेखा की आवृत्ति है -

(A) ν (B) 3ν (C*) 9ν (D) 27ν

Sol. $E = 13.6\left(\frac{Z^2}{n^2}\right)$

$\Delta E_H = \frac{13.6(1)^2}{(1)^2} - \frac{13.6(1)^2}{(2)^2} = 10.2 \text{ eV} = h\nu$

$\Delta E_{Li} = \frac{13.6(3)^2}{(1)^2} - \frac{13.6(3)^2}{(2)^2} = 91.80 \text{ eV} = h\,(9\,\nu)$

E-7. A sodium atom emits a photon of wavelength 590 nm and recoils with velocity v equal to

(A*) 0.029 m/s (B) 0.048 m/s (C) 0.0023 m/s (D) data inadequate

एक सोडियम परमाणु 590 nm तंरगदैर्घ्य का एक फोटॉन उत्सर्जित करता है और प्रतिक्षेप वेग v के बराबर होगा–

(A*) 0.029 m/s (B) 0.048 m/s (D) 0.0023 m/s (D) आंकडे अपर्याप्त है

Sol. **(A)**

$\frac{h}{\lambda} = mv$

$v = \frac{h}{m\lambda} = \frac{6.63\times10^{-34}}{23\times1.67\times10^{-27}\times590\times10^{-9}}$

$= \frac{66.3}{23\times1.67\times59}$

= 0.029 m/s

Section (F) : Atomic Collisions
खण्ड़ (F) : परमाणवीय टक्कर (संघट्ट)

F-1. An electron with kinetic energy 10 eV is incident on a hydrogen atom in its ground state. The collision

(A*) must be elastic (B) may be partially elastic

(C) must be completely inelastic (D) may be completely inelastic

एक 10 eV गतिज ऊर्जा वाला इलेक्ट्रॉन मूल अवस्था वाले हाइड्रोजन परमाणु पर आपतित होता है। टक्कर –

(A*) प्रत्यास्थ होनी चाहिए। (B) आंशिक प्रत्यास्थ हो सकती है।

(C) पूर्णतया अप्रत्यास्थ होनी चाहिए। (D) पूर्णतया अप्रत्यास्थ हो सकती है।

Sol. 10 eV electron cannot excite a hydrogen atom Hence collision is elastic.
10 eV इलेक्ट्रॉन हाइड्रोजन परमाणु को उत्तेजित नही कर सकता अतः टक्कर प्रत्यास्तथ है।

Section (G) : X-rays
खण्ड़ (G) : X-किरणें

G-1. Consider a photon of continuous X-ray coming from a Coolidge tube. Energy of photon comes from

(A*) the kinetic energy of the striking electron
(B) the kinetic energy of the free electrons of the target
(C) the kinetic energy of the ions of the target
(D) an atomic transition in the target

कूलिज नलिका से निकलने वाली सतत् X-किरण के फोटॉन की कल्पना करो। फोटॉन की ऊर्जा किससे प्राप्त होती है -

(A*) टकराने वाले इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा से
(B) लक्ष्य के मुक्त इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा से
(C) लक्ष्य के आयन की गतिज ऊर्जा से
(D) लक्ष्य में परमाण्विक संक्रमण से

Sol. The continuous x-ray comes out because the striking electron loses its kinetic energy
सतत् x-किरणे उत्सर्जित होगी क्योकि टकराने वाला इलेक्ट्रॉन गतिज ऊर्जा खोएगा।

G-2. If the voltage across the filament is increased, the cutoff wavelength
(A) will increase (B) will decrease (C*) will remain unchanged (D) will change
यदि तन्तु के सिरो पर विभव बढाया जाये तो दैहली तरंगदैर्ध्य -
(A) बढ़ेगी (B) घटेगी (C*) अपरिवर्तित रहेगी (D) बदलेगी

Sol. The cut off wavelength depends on the accelerating potential difference which is unchanged. Hence, the wavelength will remain unchanged.
अन्तक तरंगदैर्ध्य त्वरित विभवान्तर जो अपरिवर्तित है, पर निर्भर करती है। अतः तरंगदैर्ध्य अपरिवर्तित रहेगी।

G-3. The characteristic X-ray spectrum is emitted due to transition of
(A) valence electrons of the atom
(B*) inner electrons of the atom
(C) nucleus of the atom
(D) both, the inner electrons and the nucleus of the atom
अभिलाक्षिणक X-किरण स्पेक्ट्रम निम्न के उत्तेजन के कारण उत्सर्जित होता है।
(A) परमाणु के संयोजक इलेक्ट्रॉन के कारण (B*) परमाणु के आन्तरिक इलेक्ट्रॉन के कारण
(C) परमाणु के नाभिक के कारण (D) आन्तरिक इलेक्ट्रॉन तथा परमाणु के नाभिक दोंनो के कारण

Sol. The characteristic x-rays are obtained due to the transition of electron from inner orbits.
सतत् x-किरण आन्तरिक कोशो के इलेक्ट्रान के संक्रमण के कारण उत्पन्न होती है।

G-4. When ultraviolet light is incident on a photocell, its stopping potential is V_0 and the maximum kinetic energy of the photoelectrons is K_{max}. When X-rays are incident on the same cell, then :
(A*) V_0 and K_{max} both increase (B) V_0 and K_{max} both decrease
(C) V_0 increases but K_{max} remains the same (D) K_{max} increases but V_0 remains the same
जब प्रकाश सेल पर पराबैंगनी प्रकाश आपतित होता है तो निरोधी विभव V_0 तथा फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम ऊर्जा K_{max} है। जब इसी सेल पर X-किरण आपतित होती है, तब :
(A*) V_0 तथा K_{max} दोनों बढ़ते हैं (B) V_0 तथा K_{max} दोनों घटते हैं
(C) V_0 बढ़ता है परन्तु K_{max} समान रहती है (D) K_{max} बढ़ती है परन्तु V_0 समान रहता है

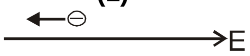
Sol. The energy of x–ray is more that of U.V. light. Hence, the K.E. of emitted photoelectron is more and hence stopping potential required is also more.
x–किरण की ऊर्जा U.V. प्रकाश से अधिक होती है। अतः उत्सर्जित फोटॉन की गतिज ऊर्जा अधिक होगी तथा आवश्यक निरोधी विभव भी अधिक होगा।

Section (H) : for JEE Main
खण्ड़ (H) : JEE Main के लिए

H-1. In Davisson-Germer experiment, the filament emits
(A) Photons (B) Protons (C) X-rays (D*) Electrons
डेविन्सन जर्मर के प्रयोग में फिलामेन्ट उत्सर्जित करता है–
(A) फोटॉन (B) प्रोटॉन (C) X-किरणें (D) इलेक्ट्रॉन

H-2. In the Davisson and Germer experiment, the velocity of electrons emitted from the electron gun can be increased by :
(A*) increasing the potential difference between the anode and filament
(B) increasing the filament current
(C) decreasing the filament current
(D) decreasing the potential difference between the anode and filament
डेविसन और जर्मर के प्रयोग में 'इलेक्ट्रॉन गन,' द्वारा उत्सर्जित इलेक्ट्रोनों के वेग को बढ़ाया जा सकता है :
(A) एनोड और फिलामेंट के बीच विभवान्तर का मान बढ़ाकर
(B) फिलामेंट – धारा का मान बढ़ा कर
(C) फिलामेंट – धारा का मान कम करके
(D) एनोड (धनाग्र) और फिलामेंट (तन्तु) के बीच विभवान्तर का मान कम करके

Sol. **(1)**



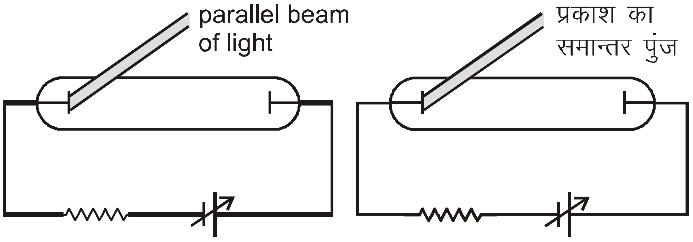
Sol. **(1)**

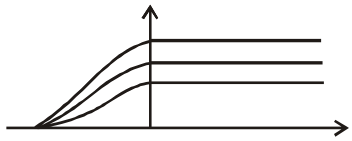
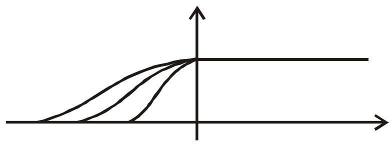
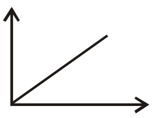
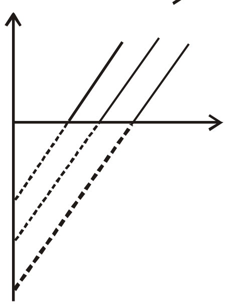
PART - III : MATCH THE COLUMN

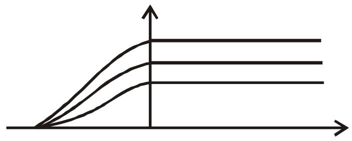
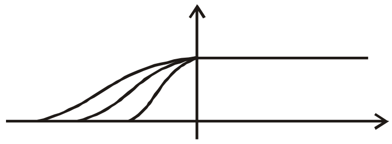
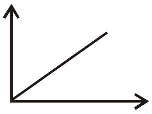
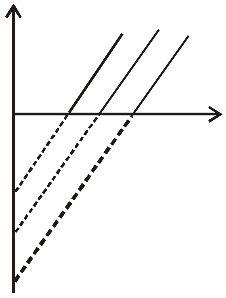
भाग - III : कॉलम को सुमेलित कीजिए (MATCH THE COLUMN)

1.# In the shown experimental setup to study photoelectric effect, two conducting electrodes are enclosed in an evacuated glass-tube as shown. A parallel beam of monochromatic radiation, falls on photosensitive electrode. Assume that for each photons incident, a photoelectron is ejected if its energy is greater than work function of electrode. Match the statements in column I with corresponding graphs in column II.

प्रकाश वैद्युत प्रभाव के अध्ययन के लिए दिखाये गये प्रयोगिक व्यवस्था में, दो चालक इलेक्ट्रोड दिखायी गई एक निर्वातित काँच की नली में बन्द है। एकवर्णी प्रकाश का एक समान्तर पुंज प्रकाश संवेदी इलेक्ट्रॉड पर गिरता है। यह मानिए कि प्रत्येक आपतित फोटोन के लिए, फोटोइलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होता है यदि इसकी ऊर्जा इलेक्ट्रॉड के कार्यफलन से अधिक होती है। कॉलम-I में कथनों को कॉलम-II में दिये ग्राफ से सुमेलित कीजिए।



	Column-I		**Column-II**
(A)	Saturation photocurrent (for same metal) versus intensity of radiation is represented by	(p)	
(B)	Maximum kinetic energy of ejected photoelectrons versus frequency for electrodes of different work function is represented by	(q)	
(C)	Photo current versus applied voltage for different intensity of radiation (for same metal) is represented by	(r)	
(D)	Photo current versus applied voltage at constant intensity of radiation for electrodes of different work function.	(s)	

	कॉलम-I		कॉलम-II
(A)	संतृप्त प्रकाश धारा (समान धातु के लिए) का विकिरण की तीव्रता के साथ ग्राफ	(p)	
(B)	उत्सर्जित फोटोइलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा का आवृति के साथ ग्राफ (जिसमें इलेक्ट्राड के अलग अलग कार्यफलन है।)	(q)	
(C)	विकिरण (समान धातु के लिए) की अलग अलग तीव्रता के लिए प्रकाश धारा का आरोपित वोल्टता के साथ ग्राफ	(r)	
(D)	अलग–अलग कार्यफलनों के इलेक्ट्रॉड के लिए विकिरण की नियत तीव्रता पर प्रकाश धारा का आरोपित वोल्टता के साथ ग्राफ	(s)	

Ans. (A) r, (B) s, (C) p (D) q

Sol. Saturation photo current is directly proportional to intensity.
संतृप्त प्रकाश धारा तीव्रता के सीधे समानुपाती होती है।
$K_{max} = h\upsilon - \phi$
Stopping voltage is independent of intensity.
निरोधी विभव तीव्रता पर निर्भर नही करता है।

2. The energy, the magnitude of linear momentum, magnitude of angular momentum and orbital radius of an electron in a hydrogen atom corresponding to the quantum number n are E, p, L and r respectively. Then according to Bohr's theory of hydrogen atom, match the expressions in column-I with statement in column-II.
क्वांटम संख्या n के संगत हाइड्रोजन परमाणु में इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा, रेखीय संवेग का परिमाण, कोणीय संवेग का परिमाण तथा कक्ष त्रिज्या क्रमशः E, p, L व r है। तब हाइड्रोजन परमाणु के बोहर सिद्धान्त के अनुसार कॉलम-I को कॉलम-II से सुमेलित करिये।

Column-I	Column-II
(A) Epr	(p) is independent of n.
(B) $\frac{p}{E}$	(q) is directly proportional to n
(C) Er	(r) is inversely proportional to n.
(D) pr	(s) is directly proportional to L.

कॉलम-I	कॉलम-II
(A) Epr	(p) n से स्वतन्त्र है।
(B) $\frac{p}{E}$	(q) n के सीधे समानुपाती है।
(C) Er	(r) n के व्युत्क्रमानुपाती है।
(D) pr	(s) L के सीधे समानुपाती है।

Ans. (A) r (B) q,s (C) p (D) q,s

Sol. $E \propto \frac{1}{n^2}$, $V \propto \frac{1}{n}$ and तथा $r \propto n^2$

(A) $Epr \propto \frac{1}{n^2} \times \frac{1}{n} \times n^2$ or या $Epr \propto \frac{1}{n}$

(B) $\frac{p}{E} \propto \frac{1}{n} \times n^2$ or या $\frac{p}{E} \propto n$

(C) $Er \propto \frac{1}{n^2} \times n^2$ or या Er is independent of n

(C) $Er \propto \frac{1}{n^2} \times n^2$ या Er , n से स्वतन्त्र है

(D) $Pr \propto \frac{1}{n} \times n^2$ or या $pr \propto n$

3. In each situation of column I a physical quantity related to orbiting electron in a hydrogen like atom is given.The terms 'Z' and 'n' given in column-II have usual meaning in Bohr's theory. Match the quantities in column-I with the terms which depend on quantity given in column-II.

कॉलम - I की प्रत्येक स्थिति में हाइड्रोजन सदृश परमाणु की कक्षा में घूमते हुये इलेक्ट्रॉन से संबंधित भौतिक राशि दी गई है। कॉलम II में दिये गये पद 'Z' तथा 'n' का बोहर अवधारणा में प्रचलित अर्थ है। कॉलम-II में दिये गये पदों को कॉलम-**I** से सुमेलित करिये।

Column I	**Column II**
(A) Frequency of orbiting electron	(p) is directly proportional to Z^2
(B) Angular momentum of orbiting electron	(q) is directly proportional to n.
(C) Magnetic moment of orbiting electron	(r) is inversely proportional to n^3
(D) The average current due to orbiting of electron	(s) is independent of Z
कॉलम I	**कॉलम II**
(A) कक्षा में घूमते हुये इलेक्ट्रॉन की आवृत्ति	(p) Z^2 के सीधे समानुपाती होता (होती) है।
(B) कक्षा में घूमते हुये इलेक्ट्रॉन का कोणीय संवेग	(q) n के सीधे समानुपाती होता (होती) है।
(C) कक्षा में घूमते हुये इलेक्ट्रॉन का चुम्बकीय आघूर्ण	(r) n^3 के व्युत्क्रमानुपाती होता (होती) है।
(D) कक्षा में घूमते हुये इलेक्ट्रॉन के कारण औसत धारा	(s) Z से स्वतंत्र होता (होती) है।

Ans. (A) p,r (b) q,s (C) q,s (D) p,r

Sol. (A) Frequency of orbiting electron $v_n \propto \frac{z^2}{n^3}$ $f = \frac{v}{2\pi r}$.

(B) angular momentum of orbiting electron $L = \frac{nh}{2\pi}$.

(C) Magnetic moment of orbiting electron $\propto$ n. $M = i \times \pi R^2 = \frac{e}{T}\pi R^2$

(D) Average current due to orbiting of electron $i \propto \frac{z^2}{n^3}$.

हल: (A) घूमते हुए इलेक्ट्रॉन की आवृति $v_n \propto \frac{z^2}{n^3}$. $f = \frac{v}{2\pi r}$.

(B) चक्कर काटते हुए इलेक्ट्रॉन का कोणीय संवेग $L = \frac{nh}{2\pi}$.

(C) चक्कर काटते हुए इलेक्ट्रॉन का चुम्बकीय आघूर्ण $\propto$ n. $M = i \times \pi R^2 = \frac{e}{T}\pi R^2$

(D) चक्कर काटते हुए इलेक्ट्रॉन के कारण औसत धारा $i \propto \frac{z^2}{n^3}$. $f = \frac{v}{2\pi r}$.

Exercise-2

✍ **Marked Questions can be used as Revision Questions.**
✍ **चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।**

PART - I : ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE

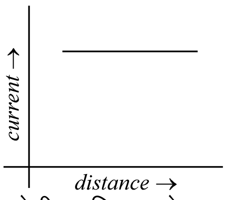
भाग-I : केवल एक सही विकल्प प्रकार (ONLY ONE OPTION CORRECT TYPE)

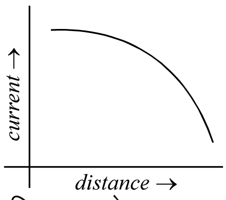
Section (A) : Photoelectric Effect प्रकाश विद्युत प्रभाव

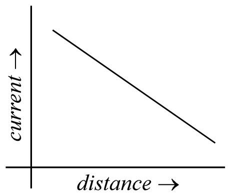
1. The photoelectrons emitted from a metal surface :
(A) Are all at rest
(B) Have the same kinetic energy
(C) Have the same momentum
(D*) Have speeds varying from zero up to a certain maximum value
धात्विक सतह से उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रॉन
(A) सभी विराम अवस्था में होते हैं
(B) सभी की गतिज ऊर्जा समान होती हैं
(C) सभी का संवेग समान होता हैं
(D*) शून्य से निश्चित अधिकतम चाल के होते हैं।

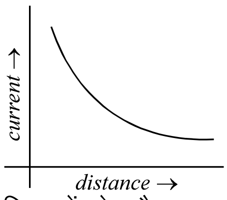
Sol. Have speeds varying from zero up to a certain maximum value
चाल शून्य से निश्चित अधिकतम मान तक बदलती है।

2.# A point source causes photoelectric effect from a small metal plate. Which of the following curves may represent the saturation photocurrent as a function of the distance between the source and the metal?

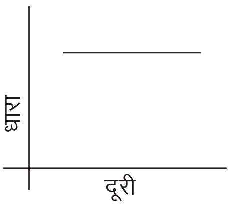
(A) 

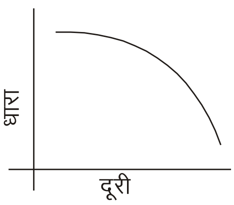
(B) 

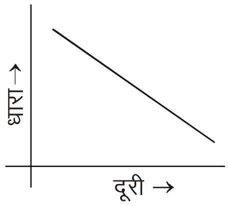
(C) 

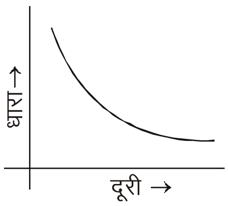
(D*) 

एक छोटी धात्विक प्लेट पर एक बिन्दुवत स्रोत द्वारा प्रकाश विद्युत प्रभाव उत्पन्न करते हैं। निम्न में से कौनसा वक्र स्रोत तथा धातु के बीच दूरी के फलन के रूप में संतृप्त प्रकाश धारा को प्रदर्शित कर सकता हैं।

(A) 

(B) 

(C) 

(D*) 

Sol. With distance intensity will fall as $\frac{1}{r^2}$
दूरी के साथ तीव्रता $\frac{1}{r^2}$ अनुसार घटती है।

3.✍ In a photoelectric experiment, with light of wavelength λ, the fastest electron has speed v. If the exciting wavelength is changed to $\frac{3\lambda}{4}$, the speed of the fastest emitted electron will become
(A) $v\sqrt{\frac{3}{4}}$
(B) $v\sqrt{\frac{4}{3}}$
(C) less than $v\sqrt{\frac{3}{4}}$
(D*) greater than $v\sqrt{\frac{4}{3}}$
प्रकाश विद्युत प्रयोग में प्रयुक्त λ तरंगदैर्ध्य के प्रकाश से उत्सर्जित सबसे तेज इलेक्ट्रान की चाल v है। यदि प्रयुक्त प्रकाश की तरंगदैर्ध्य $\frac{3\lambda}{4}$ कर दी जाऐ, तो सबसे तेज उत्सर्जित इलेक्ट्रान की चाल होगी–
(A) $v\sqrt{\frac{3}{4}}$
(B) $v\sqrt{\frac{4}{3}}$
(C) $v\sqrt{\frac{3}{4}}$ से कम
(D*) $v\sqrt{\frac{4}{3}}$ से अधिक

Sol. In photoelectric experiment, speed of fastest emitted electron is given by –
प्रकाश विद्युत प्रयोग में , तेज उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन की चाल

$$\frac{1}{2}mv^2_{max} = \frac{hc}{\lambda} - w$$

Case स्थिति - I : $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{hc}{\lambda} - w$ ....(i)

Case स्थिति - II : $\frac{1}{2}mv'^2 = \frac{hc}{3\lambda/4} - w$

$\frac{1}{2}mv'^2 = \frac{4hc}{3\lambda} - w$ ....(ii)

From eqn. (i) & (ii)
समी० (i) तथा (ii) से

$$v'^2 = \frac{4}{3}v^2 + \frac{w}{3}$$

Hence, अतः . $v' > v\sqrt{\frac{4}{3}}$

4. In a photoelectric experiment, the frequency and intensity of a light source are both doubled. Then consider the following statements.
(i) The saturation photocurrent remains almost the same.
(ii) The maximum kinetic energy of the photoelectrons is doubled.
(A) Both (i) and (ii) are true (B*) (i) is true but (ii) is false
(C) (i) is false but (ii) is true (D) both (i) and (ii) are false
प्रकाश विद्युत प्रयोग में यदि प्रकाश स्रोत की आवृति तथा तीव्रता दोनो को दुगना कर दें तो निम्न कथनों पर विचार कीजिये
(i) संतृप्त प्रकाश विद्युत धारा लगभग समान रहेगी
(ii) फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा दुगनी हो जायेगी
(A) (i) और (ii) दोनों सही है (B*) (i) सही है परन्तु (ii) गलत है
(C) (i) गलत है परन्तु (ii) सही है (D) (i) और (ii) दोनों गलत है

Sol. Since frequency of light solurce is double, the energy carried by each photon will be doubled. Hence intensity will be doubled even if number of photons remains constant. Hence saturation current is constant. Since frequency is doubled, maximum KE increases but it is not doubled.
चूंकि प्रकाश स्रोत की आवृति दुगुनी है, प्रत्येक फोटान की ऊर्जा भी दुगुनी हो जाएगी।
अतः तीव्रता दुगुती हो जाएगी जबकि फोटान संख्या नियत रहेगी। अतः संतृप्त धारा नियत है।
चूंकि आवृति दुगुनी है, KE बढता है परन्तु दुगुना नही होता है।

5. When a monochromatic point source of light is at a distance of 0.2 m from a photoelectric cell, the cut-off voltage and the saturation current are respectively 0.6 V and 18 mA. If the same source is placed 0.6 m away from the cell, then :
(A) the stopping potential will be 0.2 V (B) the stopping potential will be 1.8 V
(C) the saturation current will be 6.0 mA (D*) the saturation current will be 2.0 mA
जब एक एकवर्णीय प्रकाश बिन्दु स्रोत प्रकाश विद्युत सेल से 0.2 m दूरी पर है, निरोधी विभव तथा संतृप्त धारा क्रमशः 0.6 V तथा 18 mA है। यदि यह स्रोत सेल से 0.6 m दूरी पर रखा जाये तो :
(A) निरोधी विभव 0.2 V होगा। (B) निरोधी विभव 1.8 V होगा।
(C) संतृप्त धारा 6.0 mA होगी। (D*) संतृप्त धारा 2.0 mA होगी।

Sol. When the source is 3 times farther, number of photons falling on the surface becomes $\frac{1}{9}$th but the frequency remains same. Hence stopping potential will be same i.e. 0.6V and saturation current become

$\frac{1}{9} \times 18$ mA = 2mA,

जब स्रोत 3 गुना दूर होगा तो पृष्ठ पर गिरने वाले फोटान की संख्या $\frac{1}{9}$ रह जाएगी किन्तु आवृति समान ही रहेगी। अतः निरोधी विभव समान 0.6V रहेगा व संतृप्त धारा

$\frac{1}{9} \times 18$ mA = 2mA,

6. An image of the sun is formed by a lens of focal length 30 cm on the metal surface of a photo-electric cell and it produces a current I. The lens forming the image is then replaced by another lens of the same diameter but of focal length 15 cm. The photoelectric current in this case will be : (In both cases the plate is kept at focal plane and normal to the axis lens). (Assume saturation current only).
एक 30 cm की फोकस दूरी वाले लैंस के द्वारा प्रकाश विद्युत सेल की धातु सतह पर सूर्य का प्रतिबिम्ब बनता हैं तथा इससे उत्पन्न धारा I है। इस लैंस को दूसरे लैंस से बदल दिया जाता है, जिसका व्यास समान है परन्तु फोकस दूरी 15 cm है। इस स्थिति में प्रकाश विद्युत धारा होगी (इन दोनो स्थितियो में प्लेट फोकस तल में तथा लेंस की अक्ष के लम्बवत रखी है।) (केवल संतृप्त धारा मानिये)

(A) I/2 (B) 2 I (C*) I (D) 4 I

Sol. The current I is proportional to light energy falling on the lens per second which is same in the two cases. Hence same I.
धारा I लैन्स पर आपतित प्रति सैकण्ड प्रकाश ऊर्जा के समानुपाती है जो दोंनो स्थितियों में समान है अर्थात् समान I है।

7. The work function of a certain metal is $\frac{hC}{\lambda_0}$. When a monochromatic light of wavelength $\lambda < \lambda_0$ is incident such that the plate gains a total power P. If the efficiency of photoelectric emission is η% and all the emitted photoelectrons are captured by a hollow conducting sphere of radius R already charged to potential V, then neglecting any interaction between plate and the sphere, expression of potential of the sphere at time t is (e= 1.6×10^{-19} C) :
किसी प्लेट का कार्यफलन $\frac{hC}{\lambda_0}$ है। जब $\lambda < \lambda_0$ तरंगदैर्ध्य का एक वर्णीय प्रकाश प्लेट पर इस प्रकार आपतित होता है, कि इससे प्लेट पर कुल शक्ति P प्राप्त होती है। यदि प्रकाश – विद्युत उत्सर्जन की दक्षता η % हो तथा सभी उत्सर्जित फोटो –इलेक्ट्रॉन R त्रिज्या तथा V विभव तक आवेशित खोखले सुचालक गोले द्वारा ग्रहण किये जाते है। प्लेट तथा गोले के बीच अन्योन्य क्रिया नगण्य माने । किसी भी समय t पर गोले के विभव का व्यंजक है –

(A) $V + \frac{100\eta\ \lambda Pe\ t}{4\pi\varepsilon_0 RhC}$ (B*) $V - \frac{\eta\ \lambda Pe\ t}{400\pi\varepsilon_0 RhC}$ (C) V (D) $\frac{\lambda Pe\ t}{4\pi\varepsilon_0 RhC}$

Sol. Number of photons emitted per second. प्रति सेकण्ड उत्सर्जित फोटन की संख्या

$$N = \frac{\eta}{100} \times \frac{P\lambda}{hc}$$

Potential of the sphere after time t is सयम t पश्चात गोले का विभव

$$V' = V - \frac{(Ne)t}{4\pi\varepsilon_0 R} = V - \frac{\eta P\lambda et}{400\pi\varepsilon_0 Rhc}$$

Photon emission from a source and radiation pressure
एक स्रोत से फोटॉन उत्सर्जन एवं विकिरण दाब

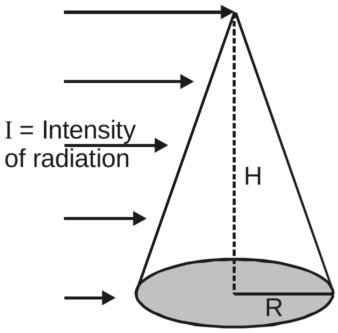
8. Radiation pressure on any surface (for a given intensity):
(A) is dependent on wavelength of the light used
(B*) is dependent on nature of surface
(C) is dependent on frequency and nature of surface
(D) depends on the nature of source from which light is coming and on nature of surface on which it is falling.
किसी सतह पर विकिरण दाब (दी गई तीव्रता के लिए) :
(A) उपयोग में लिये गये प्रकाश की तरंगदैर्ध्य पर निर्भर करता है
(B*) यह सतह की प्रकृति पर निर्भर करता है
(C) यह सतह की प्रकृति तथा आवृत्ति पर निर्भर करता है
(D) यह प्रकाश स्रोत की प्रकृति पर जिससे प्रकाश आता है तथा जिस सतह पर प्रकाश गिरता है, उसकी प्रकृति पर निर्भर करता है

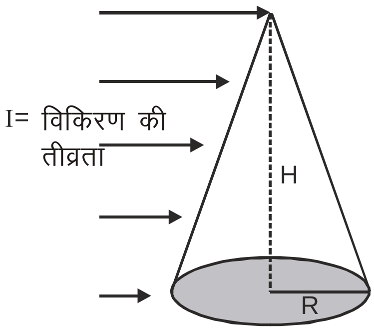
Sol. The radiation pressure विकिरण दाब

$$P = \frac{F}{A} = \left(\frac{2h}{\lambda}\right)\frac{N}{A} = 2\frac{I}{C}$$

if reflected completely. It is independent of wavelength. It will depend on the nature of the surface and the intensity of light.
यदि पूर्ण परावर्तित हो जाये तो। यह तरंगदैर्ध्य पर निर्भर नही करता है। यह पृष्ठ की प्रकृति व प्रकाश तीव्रता पर निर्भर करता है।

9.# The radiation force experienced by body exposed to radiation of intensity I, assuming surface of body to be perfectly absorbing is :
I तीव्रता वाली विकिरण द्वारा वस्तु पर विकिरण बल आरोपित है। मानिये वस्तु की सतह पूर्ण अवशोषक है :





(A) $\frac{\pi R^2 I}{c}$ (B) $\frac{\pi RHI}{c}$ (C) $\frac{IRH}{2c}$ (D*) $\frac{IRH}{c}$

Sol. Radiation force विकिरण बल

$$= \frac{I}{C} \times \text{Area क्षैत्रफल} = \frac{I}{C} \cdot \frac{1}{2} \cdot 2R \cdot H = \frac{IRH}{C}$$

de–Broglie wave length डी ब्रोग्ली तरंग

10. Which one of the following statements is NOT true for de Broglie waves ?
(A) All atomic particles in motion have matter waves of some de-Broglie wavelengths associated with them
(B*) The higher the momentum, the longer is the wavelength
(C) The faster the particle, the shorter is the wavelength
(D) For the same velocity, a heavier particle has a shorter wavelength
डी–ब्रोगली तरंगों के लिये कौनसा कथन सही नहीं है ?
(A) प्रत्येक परमाण्वीय कण की गति के लिये उनसे कुछ डी–ब्रोग्ली तरंगदैर्ध्य सम्बन्धित होती है।
(B*) अधिक संवेग के लिए अधिक लम्बी तरंगदैर्ध्य होती है।
(C) तेज कण के लिये छोटी तरंगदैर्ध्य होती है।
(D) समान वेग के लिये भारी कण की तरंगदैर्ध्य छोटी होती है।

Sol. $\lambda = \frac{h}{p}$
Hence, higher the momentum, smaller the wavelength.
अतः जितना अधिक संवेग होगा उतनी ही कम तरंगदैर्ध्य होगी।

Bohr's Theory for hydrogen, hydrogen like atoms (properties)
हाइड्रोजन, हाइड्रोजन जैसे परमाणुओं के लिये बोहर सिद्धान्त

11. An α-particle of energy 5 MeV is scattered through 180° by a fixed uranium nucleus. The distance of closest approach is of the order of :
5 MeV ऊर्जा वाला एक α-कण स्थिर युरेनियम नाभिक के कारण 180° पर विचलित होता है। नाभिक तथा α-कण के मध्य न्यूनतम दूरी की कोटि कितनी होगी।:
(A) 1 Å (B) 10^{-10} cm (C*) 10^{-12} cm (D) 10^{-15} cm

Sol. The distance of closest approach is given by न्यूनतम दूरी के लिए

$$r_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{2Ze^2}{E_k}$$

Here जहाँ Z = 92 for uranium and (युरेनियम के लिए तथा) E_k = 5MeV = $5 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J.
Also एवं e = 1.6×10^{-19} C and तथा

$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 98 \times 10^9$ Nm^2C^{-2}. Using these values, we get $r_0 \cong 10^{-12}$ cm, which is choice (C)

$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 98 \times 10^9$ Nm^2C^{-2}. उपरोक्त मानों का उपयोग करके हल करने पर $r_0 \cong 10^{-12}$ cm, जो विकल्प (C) है।

12. An energy of 24.6 eV is required to remove one of the electrons from a neutral helium atom. The energy (In eV) required to remove both the electrons from a neutral helium atom is :
उदासीन हीलियम परमाणु से एक इलेक्ट्रॉन को हटाने के लिये आवश्यक ऊर्जा 24.6 eV है। उदासीन हीलियम परमाणु से दोनों इलेक्ट्रॉन को हटाने के लिये आवश्यक ऊर्जा (eV में) है -
(A) 38.2 (B) 49.2 (C) 51.8 (D*) 79.0

Sol. Energy required to remove the second e^-
दूसरे e^- को हटाने के लिए अभिष्ट ऊर्जा
$\therefore$ TE = (54.4 + 24.6) = 79.0 eV.

13. An atom consists of three energy levels given by a ground state with energy $E_0 = 0$, the first excited state with energy $E_1 = K$ and the second excited state with energy $E_2 = 2K$ where $K > 0$. The atom is initially in the ground state. Light from a laser which emits photons with energy 1.5K is shined on the atom. Which of the following is/are correct ?

एक परमाणु में तीन ऊर्जा स्तर है तथा मूल अवस्था की ऊर्जा $E_0 = 0$, है। पहली उत्तेजन अवस्था की ऊर्जा $E_1 = K$ तथा दूसरी उत्तेजन अवस्था की ऊर्जा $E_2 = 2K$ है जहाँ $K > 0$ है। परमाणु प्रारम्भ में मूल अवस्था में है लेसर (जिससे 1.5K ऊर्जा का फोटॉन निकलता है) से परमाणु पर प्रकाश डाला जाता है। निम्न में से कौनसा/कौनसे कथन सही है?

(A) The photons are absorbed, putting one atom in a state E_1 and one atom in a state E_2.
(B) A photon will always be absorbed, but half the time the atom will go into the state with energy K and the other half into the state with energy 2K. In this way, energy will be conserved on the average.
(C) The atom absorbs a photon, goes into the first excited state with energy K and emits a photon with energy 0.5 K to conserve energy.
(D*) The atom does not absorb any photon and stays in the ground state.

(A) एक परमाणु को E_1 अवस्था तथा एक परमाणु को E_2 अवस्था में रखने पर फोटॉन अवशोषित होता है।
(B) फोटॉन हमेशा अवशोषित होगा, परन्तु परमाणु आधे समय K ऊर्जा वाली अवस्था में तथा आधे समय 2K ऊर्जा वाली अवस्था में जायेगा। इस प्रक्रिया में औसतन ऊर्जा संरक्षित रहेगी।
(C) परमाणु फोटॉन को अवशोषित करता है तथा K ऊर्जा के साथ प्रथम उत्तेजित अवस्था में जाता है तथा संरक्षण के कारण 0.5 K ऊर्जा का फोटॉन उत्सर्जित करता है।
(D*) परमाणु कोई फोटॉन अवशोषित नहीं करता तथा मूल अवस्था में रहता है।

Sol. The atom will absorb photon whose energy is equal to the energy gap between two energy levels of the atom.
परमाणु उस फोटॉन को अवशोषित करेगा जिसकी ऊर्जा परमाणु के ऊर्जा स्तर के मध्य ऊर्जा अन्तराल के बराबर है।

14. In a hydrogen like atom electron makes transition from an energy level with quantum number n to another with quantum number (n – 1). If n >> 1, the frequency of radiation emitted is proportional to :
हाइड्रोजन सदृश्य परमाणु में इलेक्ट्रॉन ऊर्जा स्तर के क्वांटम संख्या n से अन्य क्वांटम संख्या (n – 1) में संक्रमण करता है। यदि n >> 1 है, उत्सर्जित विकिरण की आवृत्ति समानुपाती है :

(A) $\frac{1}{n^2}$ (B*) $\frac{1}{n^3}$ (C) n^2 (D) $\frac{1}{n^4}$

Ans. **(B)**

Sol. $E_n - E_{n-1}$

$$= \frac{-13.6\ \ Z^2}{n^2} + \frac{-13.6\ \ Z^2}{(n-1)^2}$$

$$= 13.6Z^2\left[\frac{1}{(n-1)^2} - \frac{1}{n^2}\right]$$

$$h\nu = 13.6Z^2\left[\frac{n^2-(n-1)^2}{n^2(n-1)^2}\right]$$

$$= \frac{13.6Z^2}{n^2}\left[\frac{1}{(1-1/n)^2} - 1\right]$$

$$= \frac{13.6Z^2}{n^2}\left[\left(1-\frac{1}{n}\right)^{-2} - 1\right]$$

$$= \frac{13.6Z^2}{n^2}\left[1+\frac{2}{n}-1\right] \qquad = \frac{2\times 13.6\ \ Z^2}{n^3} \qquad \nu \propto \frac{1}{n^3} \qquad \text{(b)}$$

15. The relation between λ_1: wavelength of series limit of Lyman series, λ_2: the wavelength of the series limit of Balmer series & λ_3: the wavelength of first line of Lyman series is :
यदि λ_1 : लाइमन श्रेणी की सीमान्त तरंगदैर्ध्य है, λ_2 : बामर श्रेणी की सीमान्त तरंगदैर्ध्य तथा λ_3 : लाइमन श्रेणी की प्रथम रेखा की तरंगदैर्ध्य हो तो :
(A) $\lambda_1 = \lambda_2 + \lambda_3$ (B) $\lambda_3 = \lambda_1 + \lambda_2$
(C) $\lambda_2 = \lambda_3 - \lambda_1$ (D*) $\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{\lambda_3}$

STaRT-2012

Sol. $\frac{K}{\lambda_1} = E_\infty - E_1 \Rightarrow \frac{K}{\lambda_2} = E_\infty - E_2$
$\frac{K}{\lambda_3} = E_2 - E_3 \Rightarrow \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{\lambda_3}$

16. Ultraviolet light of wavelengths λ_1 and λ_2 when allowed to fall on hydrogen atoms in their ground state is found to liberate electrons with kinetic energy 1.8 eV and 4.0 eV respectively. Find the value of $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$.
आद्य अवस्था में उपस्थित हाइड्रोजन परमाणुओं पर जब λ_1 तथा λ_2 तरंगदेर्ध्य वाला पराबैंगनी प्रकाश आपतित होता है, तो क्रमशः 1.8 eV तथा 4.0 eV गतिज ऊर्जा वाले इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होता है। $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ का मान ज्ञात करें।
(A) $\frac{7}{8}$ (B*) $\frac{8}{7}$ (C) $\frac{9}{20}$ (D) $\frac{20}{9}$

Sol. K = E – 13.6 (in eV) or
$(1.8 \times 1.6 \times 10^{-19}) = \frac{hc}{\lambda_1} - 13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}$ ......(1)
Similarly for the second wavelength : इसी प्रकार λ_2 के लिए
$(4.0 \times 1.6 \times 10^{-19}) = \frac{hc}{\lambda_2} - 13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}$ ......(2)
Solving these two equations , we get हल करने पर
$= \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{8}{7}$

X-rays X-किरणें

17. In a discharge tube when 200 volt potential difference is applied 6.25×10^{18} electrons move from cathode to anode and 3.125×10^{18} singly charged positive ions move from anode to cathode in one second. Then the power of tube is:
एक विसर्जन नलिका में 200 वोल्ट विभवान्तर आरोपित करने पर 6.25×10^{18} इलेक्ट्रॉन कैथोड़ से एनोड़ की तरफ तथा 3.125×10^{18} एकल आवेशित धनात्मक आयन एनोड़ से कैथोड़ की तरफ एक सैकण्ड में गति करते है तो नलिका की शक्ति होगी:
(A) 100 watt वॉट (B) 200 watt वॉट (C*) 300 watt वॉट (D) 400 watt वॉट

Sol. $P = P_- + P_+$
$= 200 \times (6.25 \times 10^{18} + 3.125 \times 10^{18}) \times 1.6 \times 10^{-19}$ W
= 300 W.

18. An X-ray photon of wavelength λ and frequency ν collides with an intially stationary electron (but free to move) and bounces off. If λ' and ν' are respectively the wavelength and frequency of the scattered photon, then :
एक X-किरण फोटॉन जिसकी तरंगदैर्ध्य λ तथा आवृति ν है, प्रारम्भ में स्थिर इलेक्ट्रॉन (जो गति के लिये स्वतंत्र है) से टकरा कर लौटता है। यदि विकर्णित फोटॉन की तरंगदैर्ध्य तथा आवृति क्रमशः λ' तथा ν' है तो :
(A) $\lambda' = \lambda; \nu' = \nu$ (B) $\lambda' < \lambda; \nu' > \nu$ (C) $\lambda' > \lambda; \nu' > \nu$ (D*) $\lambda' > \lambda; \nu' < \nu$

Sol. Some of the energy of photon will be absorbed by the electron. Hence, energy of the photon will reduce correspendingly wavelength will increase and frequency decreases.
फोटॉन की कुछ ऊर्जा इलेक्ट्रॉन द्वारा अवशोषित होगी। अतः फोटॉन की ऊर्जा तरंगदैर्ध्य बढ़ने पर तथा आवृत्ति घटने पर घटेगी।

19. The wavelengths of K_α x-rays of two metals 'A' and 'B' are $\frac{4}{1875R}$ and $\frac{1}{675R}$ respectively, where 'R' is rydberg constant. The number of elements lying between 'A' and 'B' according to their atomic numbers is
दो धातुओं A तथा B की K_α x-किरणों की तरंगदैर्ध्य क्रमशः $\frac{4}{1875R}$ तथा $\frac{1}{675R}$ हैं, जहाँ R रिडबर्ग नियतांक है। A तथा B के बीच स्थित परमाणु क्रमांक के अनुसार तत्वों की संख्या है–
(A) 3 (B) 6 (C) 5 (D*) 4

Sol. $\frac{1}{\lambda} = R\,(Z-1)^2 \times \left(1-\frac{1}{4}\right)$

$\Rightarrow \frac{1875R}{4} = R\,(Z_1-1)^2\,\frac{3}{4}$ $\quad \Rightarrow Z_1 = 26$

and तथा $675\,R = R\,.\,(Z_2-2)^2\,\frac{3}{4}$ $\quad \Rightarrow Z_2 = 31$

Hence number of elements अतः तत्वो की संख्या = 4

20. An X-ray tube is operated at 66 kV. Then, in the continuous spectrum of the emitted X-rays :
(A) wavelengths 0.01 nm and 0.02 nm will both be present
(B) wavelengths 0.01 nm and 0.02 nm will both be absent
(C) wavelengths 0.01 nm will be present but wavelength 0.02 nm will be absent
(D*) wavelength 0.01 nm will be absent but wavelength 0.02 nm will be present
एक X-किरण नलिका 66 kV विभव पर कार्यरत है तो उत्सर्जित X-किरण के सतत् स्पैक्ट्रम में :
(A) 0.01 nm तथा 0.02 nm दोनों तरंगदैर्ध्य उपस्थित होगी
(B) 0.01 nm तथा 0.02 nm दोनों तरंगदैर्ध्य अनुपस्थित होगी
(C) 0.01 nm वाली तरंगदैर्ध्य उपस्थित होगी लेकिन 0.02 nm वाली अनुपस्थित होगी
(D*) 0.01 nm वाली तरंगदैर्ध्य अनुपस्थित होगी लेकिन 0.02 nm वाली उपस्थित होगी

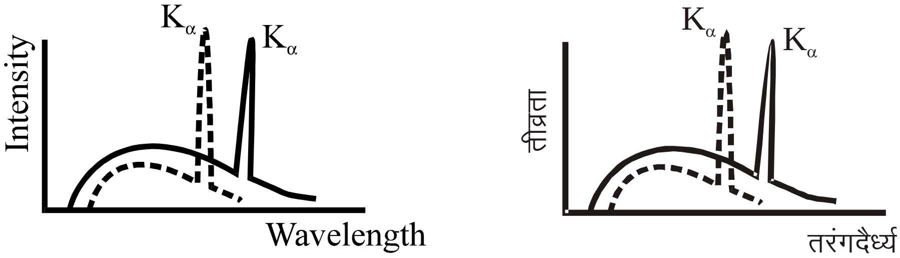
Sol. $\lambda_{min} = \frac{hC}{E} = \frac{1.24\times10^4}{66\times10^3}$ Å

Since 0.01 nm is less than λ_{min}, it will be absent but 0.02 nm and longer wavelength will be present
चूंकि 0.01 nm λ_{min} से कम है, यह अनुपस्थित रहेगा किन्तु 0.02 nm व इसके लंबी तरंगदैर्ध्य उपस्थित होगी।

21. For the structural analysis of crystals, X-rays are used because :
(A*) X-rays have wavelength of the order of the inter-atomic spacing
(B) X-rays are highly penetrating radiations
(C) Wavelength of X-rays is of the order of nuclear size
(D) X-rays are coherent radiations
क्रिस्टल की संरचना अध्ययन के लिये X-किरण का उपयोग किया जाता है क्योंकि -
(A*) X-किरण की तरंगदैर्ध्य की कोटी अन्तः परमाणविक दूरी के बराबर होती है
(B) X-किरण की भेदन क्षमता अधिक होती है
(C) X-किरण की तरंगदैर्ध्य की कोटि नाभिक के आकार की होती है
(D) X-किरण कला सम्बद्ध विकिरण होते हैं

22.# Given curve shows the intensity-wavelength relations of X-rays coming from two different Coolidge tubes A and B. The dark curve represents the relation for the tube A in which the potential difference between the target and the filament is V_A and the atomic number of the target material is Z_A. Similarly dotted curve is for tube B. Respective quantities are V_B and Z_B for the tube B. Then,

दिये गये वक्र में दो विभिन्न कूलिज नलिकाओं A तथा B से प्राप्त X-किरण की तीव्रता तथा तरंगदैर्ध्य में संबंध दर्शाया गया है। गहरा वक्र नलिका A के लिए संबंध प्रदर्शित करता है जिसमें लक्ष्य तथा तंतु के मध्य विभवान्तर V_A तथा लक्ष्य के धातु का परमाणु क्रमांक Z_A है। इसी प्रकार बिन्दुवत वक्र नलिका B के लिए है। ये राशियाँ दूसरी नलिका के लिये क्रमशः V_B तथा Z_B है तो -



(A) $V_A > V_B$, $Z_A > Z_B$ (B*) $V_A > V_B$, $Z_A < Z_B$ (C) $V_A < V_B$, $Z_A > Z_B$ (D) $V_A < V_B$, $Z_A < Z_B$

Sol. $(\lambda_{k\alpha})_A > (\lambda_{k\alpha})_B \Rightarrow Z_B > Z_A$

$(\lambda_{cut\ off})_A < (\lambda_{cut\ off})_B \Rightarrow V_A > V_B$.

23. If λ_{min} is minimum wavelength produced in X-ray tube and $\lambda_{k\alpha}$ is the wavelength of k_α line. As the operating tube voltage is increased.

(A*) $(\lambda_k - \lambda_{min})$ increases (B) $(\lambda_k - \lambda_{min})$ decreases

(C) $\lambda_{k\alpha}$ increases (D) $\lambda_{k\alpha}$ decreases

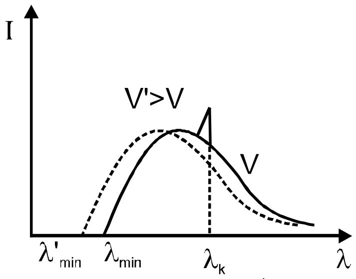
यदि λ_{min}, X-किरण नलिका में उत्पन्न न्यूनतम तरंगदैर्ध्य है तथा $\lambda_{k\alpha}$, k_α रेखा की तरंगदैर्ध्य है। यदि नलिका पर आरोपित विभावान्तर बढ़ाये तो -

(A*) $(\lambda_k - \lambda_{min})$ बढ़ता है (B) $(\lambda_k - \lambda_{min})$ घटता है

(C) $\lambda_{k\alpha}$ बढ़ता है (D) $\lambda_{k\alpha}$ घटता है

Sol. By increasing the operating voltage, λ_k does not change but λ_{min} decreases

आरोपित विभव बढ़ाने पर λ_k परिवर्तित नहीं होगा परन्तु λ_{min} घट जाएगा।



Hence अतः, $\lambda_k - \lambda_{min}$ बढ़ेगा।

24. According to Moseley's law the ratio of the slopes of graph between $\sqrt{\nu}$ and Z for K_β and K_α is :

मौज़ले के नियमानुसार $\sqrt{\nu}$ तथा Z के मध्य ग्राफ की ढाल का अनुपात K_β और K_α के लिये हैं :

(A*) $\sqrt{\frac{32}{27}}$ (B) $\sqrt{\frac{27}{32}}$ (C) $\sqrt{\frac{33}{22}}$ (D) $\sqrt{\frac{22}{33}}$

Sol. $\sqrt{\nu_{K_\alpha}} = K(Z - \alpha) \times \sqrt{1 - \frac{1}{4}}$ $\sqrt{\nu_{K_\beta}} = K(z - \alpha) \times \sqrt{1 - \frac{1}{9}}$

Ratio for $\frac{K_\beta}{K_\alpha}$ के अनुपात $= \frac{\sqrt{\frac{8}{9}}}{\sqrt{\frac{3}{4}}} = \sqrt{\frac{32}{27}}$

25. If the frequency of K_α X-ray emitted from element with atomic number 31 is f, then the frequency of K_α X-ray emitted from the element with atomic number 51 would be (assume that screening constant for K_α is 1) :
यदि परमाणु क्रमांक 31 वाले तत्व से निकलने वाली K_α X-किरण की आवृति f है तो परमाणु क्रमांक 51 वाले तत्व से निकलने वाली K_α X-किरण की आवृत्ति होगी (मानिऐ की K_α के लिए परीरक्षण नियतांक 1 है) -

(A) $\frac{5}{3}f$ (B) $\frac{51}{31}f$ (C) $\frac{9}{25}f$ (D*) $\frac{25}{9}f$

Sol. $hf = 13.6(Z-1)^2 \cdot \left(1-\frac{1}{4}\right)$

$= 13.6 \times \frac{3}{4}(31-1)^2$

$hf' = 13.6 \times \frac{3}{4}(51-1)^2$

$\Rightarrow \quad \frac{f'}{f} = \frac{50^2}{30^2} \quad \Rightarrow \quad f' = \frac{25}{9}.f$

Atomic Collisions परमाणवीय टक्कर (संघट्ट)

26. An α particle with a kinetic energy of 2.1 eV makes a head on collision with a hydrogen in ground state atom moving towards it with a kinetic energy of 8.4 eV. The collision.
(A) must be perfectly elastic (B) may be perfectly inelastic
(C*) may be inelastic (D) must be perfectly inelastic
2.1eV गतिज ऊर्जा का एक α–कण, हाइड्रोजन परमाणु से मूल अवस्था मे जो कि 8.4 eV गतिज ऊर्जा से उसकी तरफ गतिमान है, सम्मुख टक्कर करता है। तब टक्कर -
(A) पूर्ण प्रत्यास्थ होगी। (B) पूर्ण अप्रत्यास्थ हो सकती है।
(C*) अप्रत्यास्थ हो सकती है। (D) पूर्ण अप्रत्यास्थ टक्कर होगी।

Sol. The maximum kinetic energy avaiable for transition to potential energy/excitation energy is :
स्थितिज ऊर्जा या उत्तेजन ऊर्जा के संक्रमण के लिए उपलब्ध अधिकतम गतिज ऊर्जा

$\frac{1}{2} \cdot \frac{m_\alpha m_H}{m_\alpha + m_H} \cdot (v_{rel})^2$

$= \frac{4m,m_H}{5m}.(v_\alpha + v_H)^2 = \frac{2m}{5}.(v_\alpha^2 + v_H^2 + 2v_\alpha v_H)$

$= \frac{2m}{5}\left[\frac{2.E_\alpha}{4m} + \frac{2E_4}{m} + 2.\sqrt{\frac{2E.\alpha}{4m}.\frac{2E_H}{m}}\right] = \frac{2}{5}\left[\frac{2.1}{2} + 2\times 8.4 + 2\times\sqrt{2.1\times 8.4}\right] = 10.5 \text{ eV} > 10.2 \text{ eV}$

Hence, inelastic collision is possible. अतः अप्रत्यास्थ टक्कर सम्भव है।

27._ The photoelectric threshold wavelength of tungsten is 230 nm. The energy of electrons ejected from its surface by ultraviolet light of wavelength 180 nm is
टंगस्टन की प्रकाश विद्युत देहली तरंगदैर्ध्य 230 nm है। 180 nm तरंगदैर्ध्य के पराबैंगनी प्रकाश द्वारा इसके तल से उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों की ऊर्जा है –

(A) 0.15 eV (B*) 1.5 eV (C) 15 eV (D) 1.5 keV

Ans. **(B)**

Sol. $\frac{hc}{1800} - \frac{hc}{2300} = \frac{12400\text{eV}[500]}{1800\times 2300} = 1.5\text{eV}$

28._ In an X ray tube the electrons are expected to strike the target with a velocity that is 10% of the velocity of light. The applied voltage should be

X किरण नलिका में इलेक्ट्रॉन प्रकाश के वेग के 10% वेग के साथ वाले लक्ष्य के टकराने वाला है। आरोपित विभव होना चाहिए

(A) 517.6 V (B) 1052 V (C) 2.559 kV (D) 5.680 kV

Ans. **(C)**

Sol. $v_e = 0.1C = 0.3 \times 10^8$ m/s

Assuming non-relatioistic case :

$$v = \frac{9.1 \times 9 \times 10^{-17}}{2 \times 1.6 \times 10^{-19}} = \frac{81.9}{3.2} \times 100$$

= 2559 volt = 2.559 kv

29._ In and atom an electron excites to the fourth orbit. When it jumps back to the energy levels a spectrum is formed. Total number of spectral lines in this spectrum would be

एक परमाणु में एक इलेक्ट्रॉन चौथी कक्षा से उत्तेजित होता है। जब यह वापस ऊर्जा स्तरों से कूदता है, तो एक वर्णक्रम बनाता है। इस वर्णक्रम में वर्णक्रमीय रेखाओं की कुल संख्या होगी

(A) 3 (B) 4 (C) 5 (D) 6

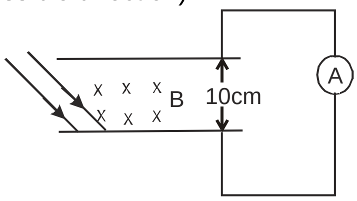
Ans. **(A)**

Sol. Since there is only one atom, so number of line will be 3

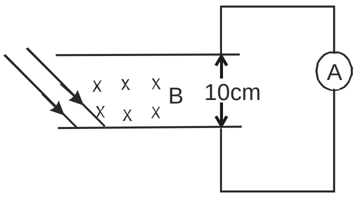
PART - II : SINGLE AND DOUBLE VALUE INTEGER TYPE

भाग - II : एकल एवं द्वि–पूर्णांक मान प्रकार (SINGLE AND DOUBLE VALUE INTEGER TYPE)

1.# In an experiment on photoelectric effect, the separation between emitter and the collector plates is 10 cm. Plates are connected through an ammeter without any cell. A Magnetic field B exists parallel to the plates. The work function of the emitter is 2.39eV and the light of wavelengths between 400 nm and 600 nm is incident on it. If minimum value of B for which the current registered by the ammeter is zero is $n \times 10^{-6}$ T. Then find out value of n (Neglect any effect of space charge). (Assume emission of photo electron to be randomly every possible direction)



एक प्रकाश विद्युत प्रभाव परीक्षण में उत्सर्जक तथा संग्राहक प्लेटों के मध्य दूरी 10 cm है तथा इनको बिना सैल के एक अमीटर से जोड़ते हैं।



प्लेटों के मध्य तथा इनके समानान्तर चुम्बकीय क्षेत्र B उपस्थित है। उत्सर्जक का कार्य फलन 2.39 eV है तथा आपतित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य 400 nm तथा 600 nm के मध्य है। B का न्यूनतम मान $n \times 10^{-6}$ T है तो n का मान ज्ञात करिये जिसके लिये अमीटर द्वारा दर्शायी धारा शून्य है। अन्तराक्षेत्र के अन्य आवेशों का प्रभाव नगण्य मानें। (फॉटोइलक्ट्रॉन का उत्सर्जन प्रत्येक सम्भव दिशा में यादृच्छिक मानिये)

Ans. 57

Sol. If the electron emitted with maximum velocity and tangentially does not reach collector plate, no other electron will reach and the ammeter reading will be zero maximum kinetic energy of the emitted electron.

यदि अधिकतम तथा स्पर्श रेखीय वेग वाला उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन संग्राहक प्लेट पर नहीं पहुँचता है, कोई भी इलेक्ट्रॉन नहीं पहुँचेगा तथा अमीटर का पाठ्यांक शून्य होगा तथा उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा

$$\frac{1}{2}mv_{max}^2 = \left(\frac{hc}{400\text{ nm}} - 2.39\text{eV}\right) \qquad ....(i)$$

For electrons not to reach the collector plate, B should be such that

इलेक्ट्रॉन के संग्राहक प्लेट तक नहीं पहुँचने के लिए B इस प्रकार होना चाहिए

$$eV_{max}B = \frac{mv_{max}^2}{R} \qquad R = \frac{10}{2} = 5\text{ cm}$$

$$B = \frac{mV_{max}}{e.(5\text{cm})} = \frac{m}{e\times(5\text{ cm})}.\sqrt{\frac{2}{m}\left(\frac{hc}{400\text{ nm}} - 2.39\text{ eV}\right)} = 57 \times 10^{-6}\text{ T.}$$

2. A light beam of wavelength 400 nm is incident on a metal plate of work function 2.2 eV. A particular electron absorbs a photon and makes some collisions before coming out of the metal. Assuming that 10% of the instantaneous energy is lost to the metal in each collision. Find the minimum number of collisions the electron can suffer before it becomes unable to come out of metal. (use hc = 12400 eV Å)

एक 400 nm तरंगदैर्ध्य वाला प्रकाश पुंज 2.2 eV कार्य फलन वाली धात्विक प्लेट पर आपतित होता है। कोई निश्चित इलेक्ट्रॉन एक फोटॉन का अवशोषण करता है तथा धात्विक प्लेट से बाहर निकलने से पहले कुछ टक्कर करता है। यह मानिये की प्रत्येक टक्कर में तात्क्षणिक ऊर्जा का 10% धातु में ह्रास होता है। उपरोक्त अवधारणा में इलेक्ट्रॉन की टक्करों की न्यूनतम संख्या बताइये ताकि यह धातु से बाहर नहीं आये। (hc = 12400 eV Å उपयोग करे)

Ans. 4

Sol. E_λ = Energy of the photon फोटोन की ऊर्जा $= \dfrac{hc}{\lambda} = \dfrac{1.24\times10^4}{4000}$ eV

KE of e = 3.1 eV

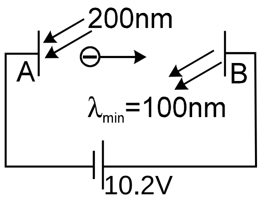
For e^- not to come out, its energy should be less then 2.2 eV.

e^- के बाहर नही आने के लिए इसकी ऊर्जा 2.2 eV से कम होनी चाहिए।

i.e., $(3.1) \times (0.9)^n < 2.2 \quad n > 4$

3.# In the figure shown electromagnetic radiations of wavelength 200nm are incident on the metallic plate A. The photo electrons are accelerated by a potential difference 10.2 eV. These electrons strike another metal plate B from which electromagnetic radiations are emitted. The minimum wavelength of the emitted photons is 100nm. Find the work function of the metal 'A' (in eV). Use hc = 12400 eVÅ,

चित्रानुसार 200nm तरंगदैर्ध्य वाली विद्युत चुम्बकीय विकिरण धात्विक प्लेट A पर आपतित होती है। फोटो इलेक्ट्रॉन को 10.2 eV विभवान्तर से त्वरित किया जाता है। यह इलेक्ट्रॉन दूसरी धात्विक प्लेट B से टकराते हैं, जिससे विद्युत चुम्बकीय तरंगे निकलती है। उत्सर्जित होने वाले फोटॉन की न्यूनतम तरंगदैर्ध्य 100nm है। धातु 'A' का कार्य फलन (eV में) ज्ञात करो। (hc = 12400 eVÅ, का प्रयोग करो)



Ans. $\mathbf{W} = \left(\dfrac{hc}{200\times10^{-9}e} - \dfrac{hc}{100\times10^{-9}e} + 10.2\right)\text{eV} = \mathbf{4\ eV}$

Sol. W = work function of plate A प्लेट A का कार्य फलन

$$\frac{hc}{\lambda} - w = KE_{max}$$

Energy of the electron before striking the plate B is
प्लेट B से टकराने से पहले इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा

$$K.E. = \left(\frac{hc}{\lambda} - w\right) + eV = \frac{hc}{\lambda_{min}}$$

$$\therefore \quad w = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_{min}} + eV$$

$$= \left[\left(\frac{12400}{200 \times 10} - \frac{12400}{100 \times 10}\right) + 10.2\right] eV = 4 \text{ eV}.$$

4. Consider Bohr's theory for hydrogen atom. The magnitude of angular momentum, orbit radius and frequency of the electron in n^{th} energy state in a hydrogen atom are, r & f respectively. Find out the value of 'x', if ($fr\ell$) is directly proportional to n^x.
हाइड्रोजन परमाणु के लिये बोहर सिद्धान्त को मानिये। हाइड्रोजन परमाणु के n वे ऊर्जा स्तर वाले इलेक्ट्रॉन के कोणीय संवेग का परिमाण, कक्षीय त्रिज्या तथा आवृति के मान क्रमशः ℓ, r और f है। 'x', का मान ज्ञात करिये यदि पद ($fr\ell$) सीधे n^x के समानुपाती है।

Ans. **0**

Sol. $fr\ell$ $\quad f = \frac{1}{T} = \frac{\upsilon}{2\pi r}$

$$= \frac{\upsilon}{2\pi r} \times r \times \ell = \frac{\upsilon}{2\pi} \times \frac{nh}{2\pi}$$

$$= \frac{v_0 \times \frac{z}{n}}{2\pi} \times \frac{nh}{2\pi} = \text{independen of 'n' से स्वतंत्र}$$

So अतः, $\quad fr\ell \; \alpha \; n^o$.

5. The first excitation potential of He^+ ion is n, and the ionization potential of Li^{++} ion is m then find out value of m/n.
He^+ आयन का पहला उत्तेजन विभव n है एवं Li^{++} आयन का आयनन विभव m है तो m/n का मान ज्ञात करो।

Ans. 3

Sol. For I^{st} excitation potential at of He
He के प्रथम उत्तेजन विभव के लिए

$n_i = 1 \quad n_f = 2 \quad z = 2$

$$\Delta E = E_f - E_i = -13.6\,(z)^2 \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right) = 40.8 \text{ eV}$$

So excitation potential = 40.8 volt अतः उत्तेजन विभव = 40.8 volt

For the ionisation of Li^{++} $\quad$ Li^{++} के आयनन के लिए

$n_1 = 1 \quad n_f = \infty \quad z = 3$

$$\Delta E = E_f - E_i = -13.6\,(z)^2 \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right) = \frac{+13.6z^2}{n_i^2}$$

$$= \frac{13.6(3)^2}{(1)^2} = 1.224 \times 10^2 \text{ eV}$$

So excitation potential = 1.224×10^2 Volt अतः उत्तेजन विभव = 1.224×10^2 Volt

$$\frac{122.4}{40.8} = 3$$

6. A neutron moving with a speed v strikes a hydrogen atom in ground state moving towards it with the same speed. If the minimum speed of the neutron for which elastic collision dose not take place is 3.13×10^{n} m/s, then find out the value of n. (The mass of neutron = mass of hydrogen = 1.67×10^{-27}kg)
एक v चाल से गतिशील न्यूट्रॉन, समान चाल से इसकी ओर गति करते हुए मूल अवस्था वाले हाइड्रोजन परमाणु से टकराता है। न्यूट्रॉन की न्यूनतम चाल 3.13×10^{n} m/s है, तो n का मान ज्ञात करिये, जिसके लिए टक्कर प्रत्यास्थ न हो। (न्यूट्रॉन का द्रव्यमान = हाइड्रोजन का द्रव्यमान = 1.67×10^{-27}kg)

Ans. 4

Sol. In case of inelastic callision, the H-atom will be in excited state. The minimum energy will be when it is perfectly inelastic is, the two (n) and (H) both come to rest will move will same velocity i.e.
अप्रत्यास्थ टक्कर में, H-परमाणु उत्तेजित अवस्था में होगा। जब यह पूर्णतः अप्रत्यास्थ होगी तब न्यूनतम ऊर्जा होगी अर्थात (n) व (H) दोनो स्थिर हो जाए अथवा समान वेग से गति करें।

$$nV + vH \rightarrow \quad n + H$$

from energy conservation ऊर्जा संरक्षण से

$$2 \times \frac{1}{2} mv^2 = E \quad v = \sqrt{\frac{E}{m}} \qquad ;$$

$$v = \sqrt{\frac{10.2 \quad e}{1.67 \times 10^{-27}}} = 3.13 \times 10^4 \text{ m/s}$$

where E is the excitation energy जहां E उत्तेजित ऊर्जा है।

7. Electrons in hydrogen-like atoms (Z = 3) make transitions from the fifth to the fourth orbit and from the fourth to the third orbit. The resulting radiations are incident normally on a metal plate and eject photoelectrons. The stopping potential for the photoelectrons ejected by the shorter wavelength is 3.95 V. The work function of the metal = x ev. Then find x (Rydberg constant = 1.094×10^{7} m^{-1})
हाइड्रोजन सदृश परमाणु (Z = 3) में इलेक्ट्रॉन पंचम से चतुर्थ तथा चतुर्थ से तृतीय कक्षा में जाता है। उत्सर्जित विकीरण धातु प्लेट से प्रकाश इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करते है। लघु तरंगदैर्ध्य द्वारा उत्सर्जित किए गये प्रकाश इलेक्ट्रॉन का निरोधी विभव 3.95 V है। धातु का कार्यफलन = x eV है तब x ज्ञात करों। (रिडबर्ग नियतांक = 1.094×10^{7} m^{-1})

Ans. 2

Sol. The stopping potential for shorter wavelength is 3.95 volt i.e., maximum kinetic energy of photoelectrons corresponding to shorter wavelength will be 3.95 eV. Further energy of incident photons corresponding to shorter wavelength will be in transition from n = 4 to n = 3.

$$E_{4-3} = E_4 - E_3 = \frac{-(13.6)(3)^2}{(4)^2} - \left[\frac{-(13.6)(3)^2}{(3)^2}\right] = 5.95 \text{ eV}$$

Now from the equation,

$$K_{max} = E - W$$

we have, $W = E - K_{max} = E_{4-3} - K_{max}$

$= (5.95 - 3.95)$ eV = 2 eV

हलः लघु तरंगदैर्ध्य के लिये निरोधी विभव 3.95 volt है, अर्थात् लघु तरंगदैर्ध्य के संगत उत्सर्जित प्रकाश इलैक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा 3.95 eV तथा यह n = 4 से n = 3 संक्रमण के कारण होगा।

$$E_{4-3} = E_4 - E_3 = -\frac{-(13.6)(3)^2}{(4)^2} - \left[\frac{-(13.6)(3)^2}{(3)^2}\right] = 5.95 \text{ eV}$$

$$K_{max} = E - W$$

अतः $W = E - K_{max} = E_{4-3} - K_{max}$

$= (5.95 - 3.95)$ eV = 2 eV

8. An electron of energy 20 eV collides with a hydrogen atom in the ground state. As a result of the colision, the atom is excited to a higher energy state and the electron is scattered with reduced velocity. The atom subsequently returns to its ground state with emission of radiation of wavelength 1.216×10^{-7} m. If the velocity of the scattered electron is 1.86×10^{n} m/s then find n.

20 eV ऊर्जा वाला इलेक्ट्रॉन आद्य अवस्था में स्थिर हाइड्रोजन परमाणु से टकराता है। फलस्वरूप हाइड्रोजन उत्तेजित अवस्था में पहुँच जाता है तथा इलेक्ट्रॉन घटी हुई चाल से प्रकीर्णित हो जाता है। परमाणु 1.216×10^{-7} m तरंगदैर्ध्य वाले विकिरण को उत्सर्जित करके आद्य अवस्था में आता है। अगर प्रकीर्णित इलेक्ट्रॉन की अंतिम चाल 1.86×10^{n} m/s है, तब n ज्ञात किजिऐ।

Ans n = 6

Sol. The energy lost by the electron in exciting the hydrogen atom equals the energy corresponding to radiation of $\lambda = 1.21 \times 10^{-7}$.

इलैक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा में हानि $\lambda = 1.216 \times 10^{-7}$ m वाले तरंगदैर्ध्य के संगत ऊर्जा के बराबर होगी।

$$= h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.0 \times 10^{8}}{1.216 \times 10^{-7}}$$

$$= 16.36 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Reduced energy of 'e' इलेक्ट्रॉन की घटी हुई ऊर्जा

$E = 20 \times 1.6 \times 10^{-19} - 16.36 \times 10^{-19}$

$E = 15.64 \times 10^{-19}$

The velocity v of the scattered electron is given by प्रकीर्णित इलेक्ट्रॉन की चाल

$$\frac{1}{2}mv^2 = E$$

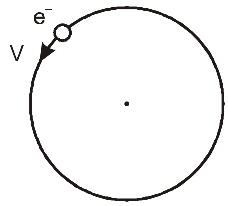
or $$v = \left(\frac{2E}{m}\right)^{1/2} = \left(\frac{2 \times 15.64 \times 10^{-19}}{9.11 \times 10^{-31}}\right)^{1/2}$$

$$= 1.86 \times 10^{6} \text{ ms}^{-1}$$

9. Calculate the value of X if magnetic field strength at the centre of a hydrogen atom caused by an electron moving along the first Bohr orbit is $\frac{x}{2}$T :

हाइड्रोजन परमाणु की पहली बोहर कक्षा में गतिशील इलेक्ट्रॉन के कारण इसके केन्द्र पर चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता $\frac{x}{2}$T है तो X का मान ज्ञात करो।

Ans. 25



Sol.

Effective current प्रभावी धारा

$$I = \frac{e\omega}{2\pi}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{e\omega}{2\pi R} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{eV}{R^2}$$

$$= 10^{-7} \times 1.6 \times 10^{-19} \times \frac{(2.19 \times 10^{6})}{(0.529 \times 10^{-10})^2} \text{ T}$$

$$= 12.5 \text{ T} = \frac{25}{2} \text{ T}$$

10. Radiation from a hydrogen discharge tube (energy of photons $\le$ 13.6 eV) goes through a filter which transmits only waves of wavelength greater than 4400 Å and is incident on a metal of work function 2.0 eV. If stopping potential is $n \times 10^{-2}$ volts. Find the value of 'n'

हाइड्रोजन विसर्जन नलिका से विकिरण (फॉटोन की ऊर्जा $\le$ 13.6 eV) एक फिल्टर से गुजरती है जो केवल 4400 Å से अधिक तरंगदैर्ध्य वाली विकिरणों को पारगमित करती है तथा 2.0 eV कार्य फलन वाले धातु पर आपतित होती है। यदि निरोधी विभव $n \times 10^{-2}$ वोल्ट है तो n का मान ज्ञात करो।

Ans. 55

Sol. $V_0 = \frac{h.c}{\lambda \cdot e} - 2$

$= \left(\frac{1.2 \times 10^4}{4400} - 2\right)$ volt

$= 0.55$ volts $= 55 \times 10^{-2}$ volts; $n = 55$

11. The ionization energy of a hydrogen like Bohr atom is 4 Rydberg.
If the wavelength of radiation emitted when the electron jumps from the first excited state to the ground state is N-m and if the radius of the first orbit of this atom is r-m then the value of $\frac{N}{r} = P \times 10^2$ then, value of P. (Bohr radius of hydrogen = 5×10^{-11} m; 1 Rydberg = 2.2×10^{-18} J)

हाइड्रोजन समान बोहर परमाणु की आयनन ऊर्जा 4 रिडबर्ग है। जब इलेक्ट्रॉन पहली उत्तेजन अवस्था से मूल अवस्था में आता है तो उत्सर्जित विकिरण की तरंगदैर्ध्य N-m है एवं इस परमाणु के पहले कक्ष की त्रिज्या r-m है तब $\frac{N}{r} = P \times 10^2$ हो तो P का मान होगा (हाइड्रोजन की बोहर त्रिज्या = 5×10^{-11} m; 1 रिडबर्ग = 2.2×10^{-18} J)

Ans. **12**

Sol. (a) In energy units, 1 rydberg = 13.6 eV. The energy needed to detach the electron is 4 × 13.6 eV. The energy in the ground state is, therefore, $E_1 = -4 \times 13.6$ eV. The energy of the first excited state (n = 2) is $E_2 = \frac{E_1}{4} = 13.6$ eV . $\Delta E = 40.8$ eV. The wavelength of the radiation emitted is

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$$

(b) The energy of a hydrogen-like ion in ground state is $E = Z^2E_0$ where Z = atomic number and $E_0 = -13.6$ eV. Thus, Z = 2. The radius of the first orbit is $\frac{a_0}{Z}$ where $a_0 = 5 \times 10^{-11}$ m. Thus,

$r = \frac{a_0}{Z} = 2.5 \times 10^{-11}$ m

Sol. (a) ऊर्जा मात्रक में, 1 रिडबर्ग = 13.6 eV इलेक्ट्रान को अलग करने के लिए अभिष्ट ऊर्जा 4 × 13.6 eV अतः मूल अवस्था में ऊर्जा $E_1 = -4 \times 13.6$ eV हो प्रथम उत्तेजित अवस्था (n = 2) की ऊर्जा $E_2 = \frac{E_1}{4} = 13.6$ eV. $\Delta E = 40.8$ eV उत्सर्जित विकिरण की तरंगदैर्ध्य है।

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$$

(b) हाइड्रोजन सदृश परमाणु की मूल अवस्था में ऊर्जा $E = Z^2E_0$ है जहां Z = परमाणु क्रमांक व $E_0 = -13.6$ eV है।
अतः Z = 2 प्रथम कक्षा की त्रिज्या $\frac{a_0}{Z}$ जहां $a_0 = 5 \times 10^{-11}$ m. इस प्रकार

$r = \frac{a_0}{Z} = 2.5 \times 10^{-11}$ m

PART - III : ONE OR MORE THAN ONE OPTIONS CORRECT TYPE
भाग - III : एक या एक से अधिक सही विकल्प प्रकार

1. Photoelectric effect supports particle nature of light because
(A*) there is a minimum frequency below which no photoelectrons are emitted
(B*) the maximum kinetic energy of photoelectrons depends only on the frequency of light and is independent of intensity.
(C*) even when the metal surface is illuminated with very small intensity the photoelectrons (if $\nu \geq \nu_{th}$) leave the surface immediately
(D) electric charge of the photoelectrons is quantized
प्रकाश विद्युत प्रभाव प्रकाश के कण प्रकृति का समर्थन करता है, क्योंकि –
(A*) एक न्यूनतम आवृत्ति के नीचे कोई फोटो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित नही होते है।
(B*) फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा केवल आपतित प्रकाश की आवृत्ति पर निर्भर करती है तथा इसकी तीव्रता पर निर्भर नहीं करती है।
(C*) जब धातु की सतह को बहुत कम तीव्रता के प्रकाश से प्रकाशित करते है तो फोटो इलेक्ट्रॉन (यदि $\nu \geq \nu_{th}$) तुरन्त सतह से बाहर निकलते हैं।
(D) फोटो इलेक्ट्रॉन पर विद्युत आवेश क्वान्टीकृत होता हैं।

Sol. The photo electric effect can be explained if photon is considered as particle i.e.quantum nature
प्रकाश वैद्युत प्रभाव की व्याख्या फोटान को कण मानने पर संभव है। (अर्थात क्वाण्टम प्रकृति)

2. Select the correct alternative(s):
When photons of energy 4.25 eV strike the surface of a metal A, the ejected photo electrons have maximum kinetic energy T_A eV and de Broglie wave length λ_A. The maximum kinetic energy of photo electrons liberated from another metal B by photons of energy 4.70 eV is $T_B = (T_A - 1.50)$ eV. If the de-Brogleie wave length of these photo electrons is $\lambda_B = 2\lambda_A$, then:
(A*) the work function of A is 2.25 eV   (B*) the work function of B is 4.20 eV
(C*) T_A = 2.00 eV   (D) T_B = 2.75 eV
सही विकल्प/विकल्पों को चुनिये :
जब किसी धातु A की सतह पर 4.25 eV ऊर्जा का फोटॉन टकराता है तो उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा T_A eV तथा डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य λ_A है। यदि एक अन्य सतह B से 4.70 eV ऊर्जा के फोटॉन द्वारा मुक्त फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा $T_B = (T_A - 1.50)$ eV है। यदि इन फोटो इलेक्ट्रॉनों की डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य $\lambda_B = 2\lambda_A$ है, तब :
(A*) A का कार्यफलन 2.25 eV है   (B*) B का कार्यफलन 4.20 eV है
(C*) T_A = 2.00 eV   (D) T_B = 2.75 eV   **[JEE 1994, 2]**
Ans. ABC

Sol. $K_{max} = E - W$
Therefore इसलिए ,

$T_A = 4.25 - W_A$ ......(i)

$T_B = (T_A - 1.50) = 4.70 - W_B$ ......(ii)

Equation (i) and (ii) gives,
समी० (i) तथा (ii) से,

$W_B - W_A = 1.95$ eV ......(iii)

de-Broglie wavelength is given by
डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2Km}} \text{ or या } \lambda \propto \frac{1}{\sqrt{K}}$$

K = KE of elecron इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा .

$$\therefore \quad \frac{\lambda_B}{\lambda_A} = \sqrt{\frac{K_A}{K_B}}$$

or या $2 = \sqrt{\dfrac{T_A}{T_A - 1.5}}$ or या $T_A = 2eV$

From equation (i) समी० (i) से

$W_A = 4.25 - T_A = 2.25$ eV

From equations (iii) , समी० (iii) से

$W_B + 1.95$ eV = (2.25 + 1.95) eV

or या $W_B = 4.20$ eV.

$T_B = 4.70 - W_B = 4.70 - 4.20 = 0.50$ eV.

3. Consider a hypothetical hydrogen like atom. The wavelength in Å for the spectral lines for transition from n = p to n = 1 are given by :

$\lambda = \dfrac{1500\ p^2}{p^2 - 1}$ where p = 2, 3, 4, ... (given hc = 12400 eV/Å)

(A*) The wavelength of the least energetic and the most energetic photons in this series is 2000 Å, 1500 Å.
(B*) Difference between energies of fourth and third orbit is 0.40 eV.
(C) Energy of second orbit is 6.2 eV
(D*) The ionisation potential of this element is 8.27 V.

एक काल्पनिक हाइड्रोजन समान परमाणु की कल्पना करो। n = p से n = 1 के स्थानान्तरण के लिये स्पैक्ट्रम रेखा की तरंगदैर्ध्य Å में निम्न से दी जाती है -

$\lambda = \dfrac{1500\ p^2}{p^2 - 1}$ जहाँ p = 2, 3, 4, ... (दिया गया है hc = 12400 eV/Å)

(A) इस श्रेणी के न्यूनतम ऊर्जावान व अधिकतम ऊर्जावान वाले फोटॉन की तरंगदैर्ध्य क्रमशः 2000 Å, 1500 Å है।
(B) चौथी व तीसरी कक्षा की ऊर्जाओं के मध्य अन्तर 0.40 eV है।
(C) द्वितीय कक्षा की ऊर्जा 6.2 eV है।
(D) इस तत्व का आयनन विभव 8.27 V है।

Ans. (a) 2000 Å, 1500 Å,
(b) Assume energy of level 1 to be zero

स्तर 1 की ऊर्जा शून्य मानिए

------------------$E_4 = 7.75$ eV
------------------$E_3 = 7.35$ eV
------------------$E_2 = 6.2$ eV
------------------$E_1 = 0$ eV

(c) 8.27 volt

Sol. $\lambda = \dfrac{1500\ p^2}{p^2 - 1} = \dfrac{1500}{1 - 1/p^2}$

(a) $\lambda_{max} = \dfrac{1500}{1 - 1/2^2} = \dfrac{4}{3} \times 1500$ Å = 2000 Å

$\lambda_{min} = \dfrac{1500}{1 - \frac{1}{\infty^2}} = 1500$ Å.

(b) $\lambda_{2\to 1} = \dfrac{1500}{1 - \frac{1}{4}} = 2000$ Å

$\Delta E_{2\to 1} = \dfrac{hc}{\lambda} = \dfrac{12400}{2000}$ eV = 6.2 eV

$\lambda_{3\to 1} = \dfrac{1500}{1 - \frac{1}{9}} = \dfrac{9}{8} \times 1500$ Å

$\Delta E_{3\to1} = \dfrac{12400}{\frac{9}{8}\times1500}$ eV = 7.35 eV

$\Delta E_{4\to1} = \dfrac{12400}{\frac{16}{15}\times1500}$ eV = 7.75 eV.

Assume energy of level 1 to be zero स्तर 1 की ऊर्जा शून्य मानिए

------------------E_4 = 7.75 eV
------------------E_3 = 7.35 eV
------------------E_2 = 6.2 eV
------------------E_1 = 0 eV

(c) Ionization energy आयनन ऊर्जा

$E = (\infty - 1) = \dfrac{12400}{1500}$ eV = 8.27 eV

The ionization potential आयनन विभव = 8.27 eV.

4. A sample of hydrogen atom gas contains 100 atoms. All the atoms are excited to the same n^{th} excited state. The total energy released by all the atoms is $\frac{4800}{49}$ Rch (where Rch = 13.6 eV), as they come to the ground state through various types of transitions. Find

(A) maximum energy of the emitted photon will be less than $\frac{48}{49}$ Rch.

(B) maximum energy of the emitted photon may be grater than $\frac{48}{49}$ Rch

(C*) the value of n = 6

(D*) total number of photons that can be emitted by this sample may be less than 600.

एक हाइड्रोजन परमाणु गैस के नमूने में 100 परमाणु है। सभी परमाणु को समान $n^{वें}$ ऊर्जा अवस्था तक उत्तेजित किया गया है। जब यह परमाणु विभिन्न संक्रमण करते हुए मूल अवस्था में आते हैं तो सभी परमाणुओं द्वारा उत्सर्जित कुल ऊर्जा $\frac{4800}{49}$ Rch (जहाँ Rch = 13.6 eV), है। ज्ञात करो -

(A) उत्सर्जित फोटॉन की अधिकतम ऊर्जा $\frac{48}{49}$ Rch से कम होगी।

(B) उत्सर्जित फोटॉन की अधिकतम ऊर्जा $\frac{48}{49}$ Rch से अधिक हो सकती है।

(C) n = 6 होगा

(D) इस नमूने द्वारा उत्सर्जित हो सकने वाले अधिकतम फोटॉनो की कुल संख्या 600 से कम हो सकती है।

Ans. (i) $\frac{48}{49}$ Rch, (ii) n = 6, (iii) 600

Sol. (i) Maximum energy from one atom एक परमाणु से अधिकतम ऊर्जा

$= \frac{4800}{49}\text{Rch} \times \frac{1}{100} = \frac{48}{49}$ Rch.

(ii) $\Delta E = 13.6\left(1-\frac{1}{(n+1)^2}\right)$ eV

$= \frac{48}{49} \times 13.6 = 13.6 \times \left(1-\frac{1}{(n+1)^2}\right) \Rightarrow n = 6.$

(iii) Since n = 6 is the excited state. An atom can emit a maximum transition of 6.

चूंकि n = 6 उत्तेजित अवस्था है एक परमाणु अधिकतम संक्रमण अवस्था 6 तक उत्सर्जित कर सकता है।

$\therefore$ Total no. of photons फॉटोनों की कुल संख्या = 6 × 100 = 600.

5. One hydrogen atom in its ground state is excited by means of monochromatic radiation of wavelength 975 Å. You may assume the ionization energy for hydrogen atom is 13.6eV

आद्य अवस्था में स्थिर एक हाइड्रोजन परमाणु 975 Å वाले विकिरण द्वारा उत्तेजित किया जाता है। उत्सर्जन स्पैक्ट्रम में भिन्न–भिन्न रेखाएँ प्राप्त होगी। मानिये कि हाइड्रोजन परमाणु की आयनन ऊर्जा 13.6eV है।

(A) Total number of lines in emission spectrum would be 6.
(B*) Energy difference between 3rd and 4th orbit is 0.66 eV.
(C*) logest wavelength in emission spectrum would be 1.875 μm.
(D*) smallest wavelenth in emission spectrum would be 975 Å.
(A) उत्सर्जित स्पेक्ट्रम में रेखाओं की कुल संख्या 6 हो सकती है।
(B*) 3rd एवं 4th कक्षा के मध्य ऊर्जा का अन्तर 0.66 eV है।
(C*) उत्सर्जन स्पेक्ट्रम में उच्चतम तंरगदैर्ध्य 1.875 μm होगा।
(D*) उत्सर्जन स्पेक्ट्रम में लघुतम तरंगदैर्ध्य 975 Å होगा।

Sol. Energy corresponding to given wavelength :

$$E \text{ (in eV)} = \frac{12375}{\lambda(\text{in } Å)} = \frac{12375}{975} = 12.69 \text{ eV}$$

Now , let the electron excites to n^{th} energy state. Then ,

$$E_n - E_1 = 12.69$$

$$\therefore \quad \frac{(-13.6)}{(n^2)} - (-13.6) = 12.69 \text{ eV}$$

$$\therefore \quad n \approx 4$$

i.e., electron excites to 4th energy state. Total number of lines in emission spectrum would be :

$$\frac{n(n-1)}{2} = \frac{4 \times 3}{2} = 6$$

Longest wavelength will correspond to the minimum energy and minimum energy is released in transition from n = 4 to n = 3.

$$E_{4-3} = E_4 - E_3 = \frac{-13.6}{(4^2)} - \left(\frac{-13.6}{(3)^2}\right) = 0.66 \text{ eV}$$

$\therefore$ Longest wavelength will be ,

$$\lambda_{max} = \frac{12375}{E(\text{in eV})} = \frac{12375}{0.66} Å = 1.875 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$= 1.875 \ \mu\text{m}$$

Sol. दी गयी तरंगदैर्ध्य के संगत ऊर्जा

$$E \text{ (in eV)} = \frac{12375}{\lambda(\text{in } Å)} = \frac{12375}{975} = 12.69 \text{ eV}$$

माना की इलेक्ट्रॉन n^{th} ऊर्जा स्तर में पहुच जाता है।

$$E_n - E_1 = 12.69$$

$$\therefore \quad \frac{(-13.6)}{(n^2)} - (-13.6) = 12.69 \text{ eV}$$

$$\therefore \quad n \approx 4$$

इलेक्ट्रॉन 4th ऊर्जा स्तर में पहुचता है, अतः उत्सर्जन स्पेक्ट्रम में रेखाओं की संख्या

$$= = 6$$

अधिकतम तंरगदैर्ध्य n = 4 से n = 3 संक्रमण के संगत होगी।.

$$E_{4-3} = E_4 - E_3 = \frac{-13.6}{(4^2)} - \left(\frac{-13.6}{(3)^2}\right) = 0.66 \text{ eV}$$

$$\lambda_{max} = \frac{12375}{E(\text{in eV})} = \frac{12375}{0.66} Å = 1.875 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$= 1.875 \ \mu\text{m}$$

6. Consider an electron orbiting the nucleus with speed v in an orbit of radius r. The ratio of the magnetic moment to the orbital angular momentum of the electron is independent of :

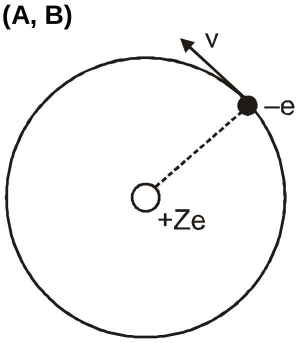
(A*) radius r (B*) speed v
(C) charge of electron e (D) mass of electron m_e

मानिए कि नाभिक की कक्षा में एक इलेक्ट्रॉन r कक्षा की त्रिज्या में चाल v से गतिशील है। इलेक्ट्रॉन का चुम्बकीय आधूर्ण एवं कोणीय संवेग का अनुपात निर्भर नहीं करता है :

(A*) त्रिज्या r (B*) चाल v
(C) इलेक्ट्रॉन का आवेश e (D) इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान m_e

Ans. **(A, B)**

Sol.



$$\frac{mv^2}{r} = \frac{k(ze)e}{r^2}$$

$$v^2 = \frac{kze^2}{mr}$$

$$v = \sqrt{\frac{kze^2}{mr}}$$

$$i = \left(\frac{ev}{2\pi r}\right)$$

$$\mu = \left(\frac{ev}{2\pi r}\right)\pi r^4 = \left(\frac{ev^r}{2}\right)$$

$$\ell = mvr$$

$$\Rightarrow \frac{\mu}{\ell} = \frac{evr}{2mvr} = \left(\frac{e}{2m}\right)$$

7. Consider a metal used to produced some charateristic X-rays. Energy of X-rays are given by E and wavelength as represented by λ. Then which of the following is true :

कुछ अभिलाक्षणिक X-किरणें उत्पन्न करने के लिए एक धातु को प्रयुक्त किया जाता है। प्रत्येक X-किरण की ऊर्जा E द्वारा दी जाती है तथा तरंगदैर्ध्य λ द्वारा प्रस्तुत की जाती है तो निम्न में से कौनसे सत्य है।

(A) $E(K_\alpha) > E(K_\beta) > E(K_\gamma)$ (B) $E(M_\alpha) > E(L_\alpha) > E(K_\alpha)$
(C*) $\lambda(K_\alpha) > \lambda(K_\beta) > \lambda(K_\gamma)$ (D*) $\lambda(M_\alpha) > \lambda(L_\alpha) > \lambda(K_\alpha)$

Sol. K_α : transition from $2 \rightarrow 1$
K_α : $2 \rightarrow 1$ संक्रमण
Similarly for $K_\beta : 3 \rightarrow 1$, $K_\gamma : 4 \rightarrow 1$; $L_\alpha : 3 \rightarrow 2$: $M_\alpha : 4 \rightarrow 3$
इसी प्रकार K_β के लिए : $3 \rightarrow 1$, $K_\gamma : 4 \rightarrow 1$; $L_\alpha : 3 \rightarrow 2$: $M_\alpha : 4 \rightarrow 3$
Now we can compare energy and λ .
अब हम ऊर्जा तथा λ की तुलना कर सकते है।

8. The potential difference applied to an X-ray tube is increased. As a result, in the emitted radiation,
(A*) the intensity increases (B) the minimum wavelength increases
(C) the intensity remains unchanged (D*) the minimum wavelength decreases
यदि X-किरण नलिका पर आरोपित विभवान्तर बढ़ाते हैं, परिणामस्वरूप उत्सर्जित विकिरण में –
(A*) तीव्रता बढ़ेगी (B) न्यूनतम तरंगदैर्ध्य बढ़ेगी
(C) तीव्रता अपरिवर्तित रहेगी (D*) न्यूनतम तरंगदैर्ध्य घटेगी

Sol. As the potential difference is increased, the kinetic energy is increased. The total energy of x-rays emitted
will also increase hence intensity will increase. Also the shorter wavelengths will also decrease.
विभवान्तर बढाने से गतिज ऊर्जा बढती है। उत्सर्जित x-किरणो की कुल ऊर्जा भी बढेगी अतः तीव्रता बढेगी। न्यूनतम तरंगदैर्ध्य भी घटेगी।

9. X-ray falling on a material
(A*) exerts a force on it (B*) transfers energy to it
(C*) transfers momentum to it (D*) transfers impulse to it
धातु पर आपतित X-किरण
(A*) इस पर बल लगाती है (B*) इसको ऊर्जा स्थानान्तरित करती है
(C*) इसको संवेग स्थानान्तरित करती है (D*) इसको आवेग स्थानान्तरित करती है

Sol. Photon exerts force due to change in momentum photon transfers its energy to the material. Photon transfers its energy to the material.
Since, it exerts force, hence imparts impulse also.
फोटॉन संवेग में परिवर्तन के कारण बल लगाता है। फोटॉन इसकी ऊर्जा पदार्थ को स्थानान्तरित करता है। अतः बल लगाता है। अतः संवेग भी लगाता है।

10. In an x–ray tube the voltage applied is 20 kV. The energy required to remove an electron from K shell is 19.9 KeV. In the x–rays emitted by the tube (hc = 12420 evÅ)
(A*) minimum wavelength will be 62.1 pm
(B*) energy of the characterstic x–rays will be equal to or less than 19.9 KeV
(C*) L_α x–ray may be emitted
(D) L_α x–ray will have energy 19.9 KeV
एक X–किरण नलिका में आरोपित वोल्टता 20 kV है। K कोश से एक इलेक्ट्रोन को हटाने के लिये आवश्यक ऊर्जा 19.9 kev है। नलिका द्वारा उर्त्सजित X–किरणों में, (hc = 12420 evÅ)
(A) न्यूनतम तरंगदैर्ध्य 62.1 Pm होगी
(B) अभिलाक्षणिक X–किरणों की ऊर्जा 19.9 kev के बराबर या इससे कम होगी ।
(C) L_α X–किरण उत्सर्जित हो सकती है।
(D) L_α X–किरण की ऊर्जा 19.9 kev होगी ।

Sol. (A) Minimum wavelength will correspond to maximum energy i.e.,from ∞ to k.
अधिकतम ऊर्जा अर्थात् अनन्त से k तक के संगत न्यूनतम तरंगदैर्ध्य होगी।

ΔE = 19.9 KeV

$$\therefore \quad \lambda_{min} = \frac{1.24 \times 10^4}{19.9 \times 10^3} \text{ Å} = 0.62 \text{ Å}$$

= 62 pm.

(B) Energy of the characteristic x–rays will be less than corresponding to ∞ to K–shell, hence than 19.9 keV.
अभिलाक्षणिक x–किरण की ऊर्जा अनन्त से K–कोश के संगत ऊर्जा से कम होगी अर्थात् 19.9 keV

11. In an X-ray tube the accelerating voltage is 20 kV. Two targets A and B are used one by one. For 'A' the wavelength of the K_α line is 62 pm. For 'B' the wavelength of the L_α line is 124 pm. The energy of the 'B' ion with vacancy in 'M' shell is 5.5 keV higher than the atom of B. [Take hc = 12400 eVÅ]
(A*) Value of λ_{min} is 0.62 Å.
(B) A will emitte K_α– photon.
(C*) B will emitte L – photons.
(D*) minimum wavelength (in Å) of the characteristic X-ray that will be emitted by 'B' is 0.8 Å.
X-किरण नलिका में त्वरित विभव का मान 20 kV है। दो लक्ष्य A तथा B क्रमशः प्रयोग में लिये जाते हैं। लक्ष्य 'A' के लिए K_α रेखा की तरंगदैर्ध्य 62 pm है। परन्तु लक्ष्य 'B' के लिए L_α रेखा की तरंगदैर्ध्य 124 pm है। 'B' आयन के लिए 'M' स्तर में रिक्ती के लिए ऊर्जा का मान परमाणु 'B' के सापेक्ष 5.5 keV ज्यादा है। [प्रयोग करें hc = 12400 eVÅ]
(A) $\lambda_{न्यूनतम}$ का मान 0.62 Å है।
(B) 'A' , K_α–फोटॉन उत्सर्जित करेगा।
(C) 'B', L-फोटॉन उत्सर्जित करेगा।
(D) 'B' द्वारा उत्सर्जित अभिलाक्षणिक X-किरण की न्यूनतम तरंगदैर्ध्य 0.8 Å होगी।

Sol. (A) $\lambda_{min} = \dfrac{hc}{\text{K.E. of } e^-} = \dfrac{12400}{20\times10^3}$ Å = 0.62 Å = 62 pm

(B) Since λ_{min} = 62 pm, K_α from A will not be obtained
चूंकि λ_{min} = 62 pm, A से K_α प्राप्त नहीं होगा।
(C) L–photons can be emitted if electron from L–shell can be removed the energy required to remove L–shell
electrons.
L–फोटॉन उत्सर्जित नहीं हो सकता है यदि L–कोश से इलेक्ट्रॉन हटा दिया जाए तो L–कोश से इलेक्ट्रॉन को हटाने के लिए
ऊर्जा आवश्यक है।

E_L = M–कोश की ऊर्जा + L तथा M–कोश के मध्य संक्रमण ऊर्जा

$$= 55.5 \text{ keV} + \frac{12400}{124\times10^{-2}} \text{ eV} = 15.5 \text{ keV}$$

As the energy of encoming electron is 20 keV > 15.5 keV, the L–shell electron can be removed. Hence, L
photon can be obtained.
चूंकि आने वाले इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा 20 keV > 15.5 keV है, L–कोश के इलेकट्रॉन हटाये जा सकते है। अतः L–फोटॉन प्राप्त
हो सकता है।
The minimum wavelength will correspond to the transimition from ∞ to L–shell.
न्यूनतम तरंगदैर्ध्य अनन्त से L–कोश तक संक्रमण के संगत होगी।

$$\lambda = \frac{12400}{15.5\times10^3} \text{ A} = 0.8 \text{ Å}.$$

12. When Z is doubled in a hydrogen like atom, which of the following statements are consistent with Bohr's theory?
(A) Energy of a state is double
(B) Radius of an orbit is doubled.
(C*) Velocity of electrons in an orbit is doubled.
(D*) Radius of an orbit is halved.
यदि किसी परमाणु के लिये Z दुगना है तो निम्न में से कौनसे कथन बोहर सिद्धान्त से सही है -
(A) स्तर की ऊर्जा दुगनी हो जाती है।
(B) कक्ष की त्रिज्या दुगनी हो जाती है।
(C) किसी कक्ष में इलेक्ट्रॉन का वेग दुगना हो जाता है।
(D) कक्ष की त्रिज्या आधी हो जाती है।

Ans. **CD**

Sol. $v \propto z$ and तथा $r \propto \dfrac{1}{z}$.

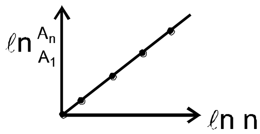
13. Let A_n be the area enclosed by the n^{th} orbit in a hydrogen atom. The graph of $\ell n\ (A_n / A_1)$ against In(n)
माना कि हाइड्रोजन परमाणु में n वें कक्ष का क्षेत्रफल A_n है। $\ell n\ (A_n / A_1)$ का $\ell n(n)$ के सापेक्ष ग्राफ

(A*) will pass through the origin मूल बिन्दु से गुजरेगा

(B*) will have certain points lying on a straight line with slope 4
सरल रेखा होगी तथा इसके किसी बिन्दु पर ढाल 4 होगा

(C) will be a monotonically increasing nonlinear curve
एकदिष्ट वर्धमान अरेखीय वक्र होगा

(D) will be a circle वृत्त होगा

Sol. 

$A_n = \pi r^2 = \pi (r_0 n^2)^2$
$= \pi r_0^2 n^4$
$\ell n \dfrac{A_n}{A_1} = \ell n\ (n^4) = 4\ \ell n\ n.$

PART - IV : COMPREHENSION

भाग - IV : अनुच्छेद (COMPREHENSION)

Comprehension-1

A physicist wishes to eject electrons by shining light on a metal surface. The light source emits light of wavelength of 450 nm. The table lists the only available metals and their work functions.

Metal		W_0(eV)
Barium	–	2.5
Lithium	–	2.3
Tantalum	–	4.2
Tungsten	–	4.5

एक भौतिकविद् किसी धातु सतह पर प्रकाश आपतित करके इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करना चाहता है। प्रकाश स्त्रोत से उत्सर्जित प्रकाश की तंरगदैर्ध्य 450 नैनोमीटर (nm) है। उसके पास केवल निम्न धातुयें उपलब्ध है , जिनके कार्य फलन सारिणी में दर्शाये है –

धातु		W_0(eV)
बेरियम	–	2.5
लीथियम	–	2.3
टेन्ट्लम	–	4.2
टंगस्टन	–	4.5

1. Which metal(s) can be used to produce electrons by the photoelectric effect from given source of light ?

(A) Barium only (B*) Barium or lithium
(C) Lithium,tantalum or tungsten (D) Tungsten or tantalum

दिये गये प्रकाश स्रोत के लिए कौन–सी धातु / धातुयें, प्रकाश विद्युत प्रभाव द्वारा इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करने के लिये उपयोग में ली जा सकती है–

(A) केवल बेरियम (B*) बेरियम या लीथियम
(C) लीथियम , टेन्टेलम या टंगस्टन (D) टंगस्टन या टेन्टेलम

Sol. $\Delta E = \dfrac{12400}{4500Å}$

$\Delta E = 2.75$ eV ....(1)

for photoelectric effect प्रकाश विद्युत प्रभाव के लिए

$\Delta E > W_0$ (work function). (कार्यफलन)

2. Which option correctly identifies the metal that will produce the most energetic electrons and their energies ?

(A*) Lithium, 0.45 eV (B) Tungusten, 1.75 eV (C) Lithium, 2.30 eV (D) Tungusten, 2.75 eV

निम्न में से कौन सा विकल्प यह प्रदर्शित करता है कि वह धातु जो अधिकतम् ऊर्जा वाले इलैक्ट्रॉन उत्पन्न करेगी तथा उसकी ऊर्जा होगी –

(A*) लीथियम, 0.45 eV (B) टंगस्टन, 1.75 eV (C) लीथियम, 2.30 eV (D) टंगस्टन, 2.75 eV

Sol. $\Delta E = W_0 + E_k$

$(E_k) = \Delta E - W_0$

for maximum value of (E_k), W_0 should be minimum.

W_0 for lithium = 2.3 eV

(E_k) के अधिकतम मान के लिए, W_0 न्यूनतम होना चाहिए।

लिथियम के लिए W_0 = 2.3 eV

$\therefore$ $(E_k) = 2.75 - 2.3 = 0.45$ eV.

3. Suppose photoelectric experiment is done separately with these metals with light of wavelength 450 nm. The maximum magnitude of stopping potential amongst all the metals is

माना कि दी गई प्रकाश तरंगदैर्ध्य (450 nm) के साथ प्रकाश विद्युत प्रयोग को इन धातुओं के साथ बारी बारी से किया जाता है तो इन सभी धातुओं में से किसमें निरोधी विभव का परिमाण अधिकतम होगा –

(A) 2.75 volt (B) 4.5 volt (C*) 0.45 volt (D) 0.25 volt

Sol. The maximum magnitude of stopping potential will be for metal of least work function.

$\therefore$ required stopping potential is

निरोधी विभव का अधिकतम परिमाण न्यूनतम कार्य–फलन वाली धातु के लिए होगा।

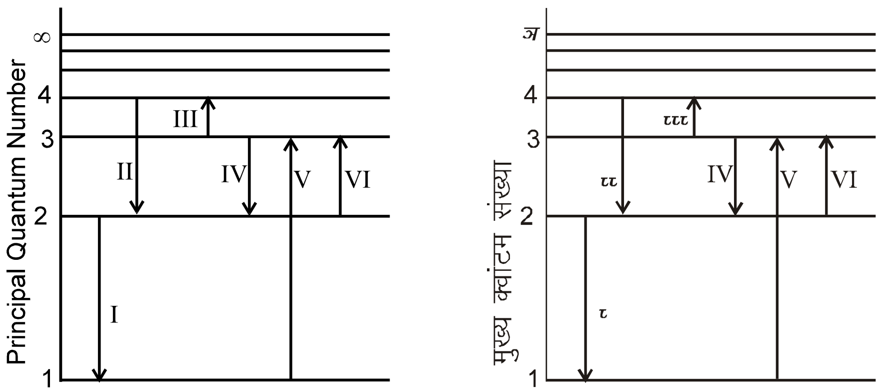
$\therefore$ आवश्यक निरोधी विभव है –

$$V_s = \frac{h\nu - \phi_0}{e} = 0.45 \text{ volt.}$$

Comprehension - 2

The figure shows an energy level diagram for the hydrogen atom. Several transitions are marked as I, II, III, ________ . The diagram is only indicative and not to scale.

चित्र में , हाइड्रोजन परमाणु के लिये, ऊर्जा स्तर चित्र दर्शाया है। कई विभिन्न संक्रमण I, II, III, ________ से अंकित हैं। चित्र केवल सूचनार्थ है, किसी पैमाने से नही बनाये गये है।



4. In which transition is a Balmer series photon absorbed ?

किस संक्रमण में बॉमर श्रेणी फोटॉन अवशोषित होंगे –

(A) II (B) III (C) IV (D*) VI

Sol. For Balmer series, $n_1 = 2$, (lower) $n_2 = 3,4,........$ (higher)

$\therefore$ In transition (VI), Photon of Balmer series is absorbed.

हल बामर श्रेणी के लिए, $n_1 = 2$, (निम्न) $n_2 = 3,4,........$ (उच्च)

$\therefore$ संक्रमण (VI), में बामर श्रेणी का प्रोटॉन अवशोषित हो जाएगा।

5. The wavelength of the radiation involved in transition II is
संक्रमण II से सम्बन्धित विकिरण की तरंगदैर्ध्य होगी –
(A) 291 nm (B) 364 nm (C*) 487 nm (D) 652 nm

Sol. In transition II संक्रमण II में
$E_2 = -3.4$ eV, $E_4 = -0.85$ eV
$\Delta E = 2.55$ eV
$\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$ $\Rightarrow$ $\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$
$\lambda = 487$ nm.

6. Which transition will occur when a hydrogen atom is irradiated with radiation of wavelength 103nm?
जब हाइड्रोजन परमाणु ,103 नैनोमीटर (nm) के तरंगदैर्ध्य के विकिरण से ऊर्जित किया जाता है तो कौनसा संक्रमण होगा?
(A) I (B) II (C) IV (D*) V

Sol. Wavelength of radiation = 103 nm = 1030 Å
विकिरण की तरंगदैर्ध्य = 103 nm = 1030 Å
$\therefore$ $\Delta E = \frac{12400}{1030Å}$
$\simeq 12.0$ eV
So difference of energy should be 12.0 eV (approx)
तो ऊर्जा में अन्तर लगभग 12.0 eV हो जाएगा।
Hence अतः $n_1 = 1$ and तथा $n_2 = 3$
(–13.6)eV (–1.51)eV
$\therefore$ Transition is V.
संक्रमण V में।

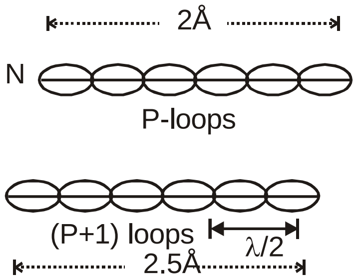
Comprehension-3

Assume that the de Broglie wave associated with an electron can form a standing wave between the atoms arranged in a one dimensional array with nodes at each of the atomic sites. It is found that one such standing wave is formed if the distance ' d ' between the atoms of the array is 2 Å. A similar standing wave is again formed if ' d ' is increased to 2.5 Å but not for any intermediate value of d.
मान लो कि इलेक्ट्रॉन के साथ सम्बद्ध डी–ब्रोगली तरंग (de-Broglie wave) ; एक विमीय श्रृंखला में व्यवस्थित परमाणुओं के बीच अप्रगामी तरंग की स्थापना कर सकती है।, जिसमें प्रत्येक परमाणुक स्थिति पर निस्पंद है। पाया गया कि यदि श्रृंखला में परमाणुओं के बीच दूरी ' d ' = 2 Å है तो इस प्रकार की एक अप्रगामी तरंग बनती है। यदि d को बढ़ाकर d=2.5 Å कर दें तो इसी प्रकार की एक अप्रगामी तरंग दुबारा बनती है। परन्तु d की इस परास के बीच d के किसी अन्य मान के लिये तरंग नहीं बनती है।

7. Find the energy of the electrons in eV
इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा eV में ज्ञात कीजिए।
(A) 302 eV (B*) 151 eV (C) 75.5 eV (D) 75.5×10^6 eV

8. The least value of d for which the standing wave of the type described above can form.
उपरोक्त प्रकार की अप्रगामी तरंग की स्थापना के लिये d का न्यूनतम मान ज्ञात करो।
(A) 0.4 A° (B*) 0.5 A° (C) 2 A° (D) 1 A°

Sol. From the figure it is clear that चित्र से यह स्पष्ट है कि



$p \cdot (\lambda/2) = 2$ Å

$(p + 1)\lambda/2 = 2.5$ Å

$\therefore$ $\lambda/2 = (2.5 - 2.0)$ Å $= 0.5$ Å

or $\lambda = 1$ Å $= 10^{-10}$ m

(i) de Broglie wavelength is given by डी ब्रोगली तरंगदैर्ध्य

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2\ Km}}$$ K = kinetic energy of electron K = इलेक्ट्रॉन की गतिमान ऊर्जा

$$\therefore \quad K = \frac{h}{2\ m\lambda^2}$$

$$= \frac{(6.63 \times 10^{-34})^2}{2(9.1 \times 10^{-31})(10^{-10})^2} = 2.415 \times 10^{-17}\ J$$

$$= \left(\frac{2.415 \times 10^{-17}}{1.6 \times 10^{-19}}\right) eV$$

$\therefore$ K = 150.8 eV **Ans.**

(ii) N N

The least value of d will be when only one loop is formed

d का न्यूनतम मान तब होगा जब केवलन एक ही लूप बनेगा

$d_{min} = \lambda/2$

$\therefore$ $d_{min} = \lambda/2$ or $d_{min} = 0.5$ Å **Ans.**

Comprehension-4

A uniform magnetic field B exists in a region. An electron is given velocity perpendicular to the magnetic field.Assuming Bohr's quantization rule for angular momentum.

किसी क्षेत्र में एक समान चुम्बकीय क्षेत्र B उपस्थित है। एक इलेक्ट्रॉन को चुम्बकीय क्षेत्र के लम्बवत वेग दिया जाता है। बोहर के कोणीय संवेग के क्वाण्टीकरण को मानते हुए

9. Calculate the radius of the nth orbit

nवीं कक्षा की त्रिज्या ज्ञात करिये।

(A*) $\sqrt{\frac{nh}{2\pi eB}}$ (B) $\sqrt{\frac{nheB}{2\pi}}$ (C) $\sqrt{\frac{nhe}{2\pi B}}$ (D) $\sqrt{\frac{nhB}{2\pi e}}$

10. Calculate the minimum possible speed of the electron.

इलेक्ट्रॉन की संभावित न्यूनतम चाल ज्ञात करिये।

(A) $\sqrt{\frac{heB}{nm^2}}$ (B) $\sqrt{\frac{he}{2\pi Bm^2}}$ zz (C*) $\sqrt{\frac{h \cdot eB}{2\pi m^2}}$ (D) $\sqrt{\frac{hem^2}{2\pi B}}$

Sol. $evB = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow r = \frac{mv}{eB}$

$mvr = \frac{nh}{2\pi}$ ....(2)

$\Rightarrow r^2 = \frac{nh}{2\pi e}\frac{1}{B}$

$r_n = \sqrt{\dfrac{nh}{2\pi eB}}$

$v = \dfrac{nh}{2\pi} \cdot \dfrac{1}{mr} = \dfrac{nh}{2\pi}\dfrac{1}{m}\sqrt{\dfrac{2\pi eB}{nh}} = \sqrt{\dfrac{nh \cdot eB}{2\pi m^2}}$

$v_{min} = \sqrt{\dfrac{h \cdot eB}{2\pi m^2}}$

Comprehension 5.

A neutron beam, in which each neutron has same kinetic energy, is passed through a sample of hydrogen like gas (but not hydrogen) in ground state. Due to collision of neutrons with the ions of the gas, ions are excited and then they emit photons. Six spectral lines are obtained in which one of the lines is of wavelength (6200/51) nm.

हाइड्रोजन सदृश्य (लेकिन हाइड्रोजन नहीं) गैस जो कि मूल ऊर्जा स्तर में है, से एक समान गतिज ऊर्जा वाले न्यूट्रॉनों का पुँज गुजरता है। न्यूट्रानों द्वारा गैस ऑयनों से टक्कर के परिणामस्वरूप, ऑयन उत्तेजित अवस्था में पहुँचते हैं तथा वे फोटॉनों का उत्सर्जन करते हैं। छः स्पेक्टम रेखाऐं प्राप्त होती हैं जिसमें एक रेखा की तरंगदैर्ध्य (6200/51) nm है।

11. Which gas is this ?

बताइये गैस कौन सी है ?

(A) H (B) D (C*) He^+ (D) Li^{+2}

12. What is the minimum possible value of kinetic energy of the neutrons for this to be possible. The mass of neutron and proton can be assumed to be nearly same. Use hc = 12400 eVÅ.

न्यूट्रॉन की न्यूनतम सम्भव गतिज ऊर्जा ज्ञात कीजिए जिसके लिए यह घटना संभव है। प्रश्न के उत्तर के लिए प्रोटॉन तथा न्यूट्रॉन का द्रव्यमान लगभग समान मान सकते हैं। प्रयोग करें hc = 12400 eVÅ

(A) 51 eV (B) 54.4 eV (C*) 63.75 eV (D) 69 eV.

Ans. (a) He^+ ,

(b) $K_{min} = \dfrac{5}{4}\Delta E = \dfrac{5}{4} \times 51 \text{ eV} = 63.75 \text{ eV}$

Sol. (a) Since there are six spectral lines,. the excited state must be n = 4 as ($^4C_2 = 6$)

चूंकि 6 स्पेक्ट्रमी रेखाऐं है उत्तेजित अवस्था n = 4 जैसा कि ($^4C_2 = 6$) होगी।

$$\Delta E = 13.6 \times 2^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

$$\Rightarrow \quad \frac{12400}{6200 \times 10} \times 51 = 13.6 \times Z^2 = \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

$$\Rightarrow \quad Z^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) = \frac{3}{4}$$

$n_1 = 1,2 \text{ or } 3$; $n_2 = 2,3,4$

The only possible combination is केवल सम्भव संयोजन

$Z = 2,\ n_1 = 2$ and तथा $n_2 = 4$

Hence, the gas is He. अतः गैस He है।

(b) The excitation energy of He^+ He^+ की उत्तेजन ऊर्जा

$$\Delta E = 13..6 \times 4 \times \left(1 - \frac{1}{16}\right) \text{eV} = 51 \text{ eV}$$

The maximum energy less during collision of neutron and the atom will be for inelastic collision.

न्यूट्रॉन की टक्कर के दौरान अधिकतम ऊर्जा न्यून होगी। अतः परमाणु अप्रत्यास्थ टक्कर करेंगे।

$$\Rightarrow \quad \Delta E = \frac{1}{2}\frac{m_n . m_{He}}{m_n + m_{He}} . v_{He^2}$$

$$\Rightarrow \quad \text{(K.E. of n) (न्यूट्रॉन की गतिज ऊर्जा)} = 51 \times \frac{1+4}{4} \text{ eV} = 63.75 \text{ eV.}$$

Exercise-3

✎ Marked Questions can be used as Revision Questions.
✎ चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

*** Marked Questions may have more than one correct option.**
*** चिन्हित प्रश्न एक से अधिक सही विकल्प वाले प्रश्न है -**

PART - I : JEE (ADVANCED) / IIT-JEE PROBLEMS (PREVIOUS YEARS)

भाग - I : JEE (ADVANCED) / IIT-JEE (पिछले वर्षो) के प्रश्न

1. The largest wavelength in the ultraviolet region of the hydrogen spectrum is 122 nm. The smallest wavelength in the infrared region of the hydrogen spectrum (to the nearest integer) is
(A) 802 nm (B*) 823 nm (C) 1882 nm (D) 1648 nm
हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम के पराबैगनी क्षेत्र की अधिकतम तरंगदैर्ध्य 122 nm है। हाइड्रोजन स्पेक्ट्रम के अवरक्त क्षेत्र में न्युनतम तंरगदैर्ध्य (निकटतम अंको में) होगी–
(A) 802 nm (B*) 823 nm (C) 1882 nm (D) 1648 nm

Ans. **(B)**

Sol. The series in uv region is Lyman series. Longest wavelength corresponds to minimum energy which occurs in transition from n = 2 to n = 1.
uv क्षेत्र में स्थित लिमेन श्रेणी स्थित है। दीर्घतम तरंगदैर्ध्य न्यूनतम ऊर्जा के संगत है जो कि n = 2 से n = 1 संक्रमण में स्थित है।

$$\therefore \quad 122 = \frac{1/R}{\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}} \quad ....(1)$$

The smallest wavelength in the infrared region corresponds to maximum energy of Paschen series
अवरक्त क्षेत्र में अल्पतम तरंगदैर्ध्य पाश्चन श्रेणी के अधिकतम ऊर्जा के संगत है

$$\lambda = \frac{1/R}{\frac{1}{3^2} - \frac{1}{\infty}} \quad ....(2)$$

from (1) and (2) λ = 823.5 nm. समीकरण (1) व (2) से λ = 823.5 nm.

2. **STATEMENT-1 :** If the accelerating potential in an X-ray tube is increased, the wavelengths of the characteristic X-rays do not change.
कथन-1 : यदि X-किरण नलिका में त्वरित विभव बढ़ाया जाये तो अभिलाक्षणिक X-किरण की तंरगदैर्ध्य परिवर्तित नही होती है।

because क्योकि

STATEMENT-2 : When an electron beam strikes the target in an X-ray tube, part of the kinetic energy is converted into X-ray energy.
कथन-2: जब इलेक्ट्रॉन पुंज X-किरण नलिका के लक्ष्य से टकराता है तो गतिज ऊर्जा का कुछ भाग X-किरण ऊर्जा में परिवर्तित हो जाता है।

(A) Statement-1 is True, Statement-2 is True; Statement-2 **is** a correct explanation for Statement-1
(B*) Statement-1 is True, Statement-2 is True; Statement-2 **is NOT** a correct explanation for Statement-1
(C) Statement-1 is True, Statement-2 is False
(D) Statement-1 is False, Statement-2 is True.
(A) कथन-1सही है, कथन-2 सही है; कथन-2 कथन-1की सही व्याख्या करता है।
(B*) कथन-1सही है, कथन-2 सही है; कथन-2 कथन-1की सही व्याख्या नही करता है।
(C) कथन-1सही है, कथन-2 गलत है।
(D) कथन-1 गलत है, कथन-2 सही है।

Ans **(B)**

Sol. Both statements are correct but statement (2) is not correct explaination of statement (1).
दोनो कथन सही है किन्तु कथन (2) कथन (1) की सही व्याख्या नही है।
Energy of characteristic x-ray depends on the difference in energy levels.
अभिलाक्षणिक x-किरण की ऊर्जा स्तर अन्तराल पर निर्भर करता है।

3. Electrons with de-Broglie wavelength λ fall on the target in an X-ray tube. The cut-off wavelength of the emitted X-rays is

(A*) $\lambda_0 = \frac{2mc\lambda^2}{h}$ (B) $\lambda_0 = \frac{2h}{mc}$ (C) $\lambda_0 = \frac{2m^2c^2\lambda^3}{h^2}$ (D) $\lambda_0 = \lambda$

डी–ब्रोग्ली तंरगदैर्ध्य λ के इलेक्ट्रॉन X-किरण नलिका के लक्ष्य पर गिरते है। उत्सर्जित X-किरण की अन्तक तंरगदैर्ध्य होगी

(A*) $\lambda_0 = \frac{2mc\lambda^2}{h}$ (B) $\lambda_0 = \frac{2h}{mc}$ (C) $\lambda_0 = \frac{2m^2c^2\lambda^3}{h^2}$ (D) $\lambda_0 = \lambda$

Ans. **(A)**

Sol. $p = \frac{h}{\lambda}$

$K.E. = \frac{p^2}{2m} = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$

If entire K.E. of electron is converted into photon then
यदि इलेक्ट्रान की सम्पूर्ण K.E. फोटोन मे परिवर्तित हो जाये तो

$\frac{h^2}{2m\lambda^2} = \frac{hc}{\lambda_0}$ $\lambda_0 = \frac{2mc\lambda^2}{h}$

4. Which one of the following statements is WRONG in the context of X-rays generated from a X-ray tube?
(A) Wavelength of characteristic X-rays decreases when the atomic number of the target increases
(B*) Cut-off wavelength of the continuous X-rays depends on the atomic number of the target
(C) Intensity of the characteristic X-rays depends on the electrical power given to the X-ray tube
(D) Cut-off wavelength of the continuous X-rays depends on the energy of the electrons in the X-ray tube

X-किरण नली (X-rays) से निकली X-किरण के संदर्भ में निम्न में से कौनसा वक्तव्य गलत है?
(A) यदि लक्ष्य परमाणु का परमाणु क्रमांक बढ़ाया जाये तो अभिलक्षणिक X-किरण (characteristic X-rays) की तरंगदैर्ध्य घटेगी
(B) संतत (Continuous) X-किरण की देहली (Cut-off) तरंगदैर्ध्य लक्ष्य परमाणु के परमाणु क्रमांक पर निर्भर करती है।
(C) अभिलक्षणिक X-किरण की तीव्रता X-किरण नलिका को दी गई विद्युत शक्ति पर निर्भर करती है।
(D) संतत X-किरण की देहली तरंगदैर्ध्य X-किरण नलिका में इलेक्ट्रान की ऊर्जा पर निर्भर करती है।

Ans. **(B)**

Sol. $\lambda_{min} = \frac{hc}{eV}$.

Cut off wavelength depends on the energy of the accelerated electrons and is independent of nature of target.

$\lambda_{K\alpha} \propto \frac{1}{(z-b)^2}$

characteristic wavelength depend on atomic no and cut off wavelength depend on energy of e^-.

Sol. $\lambda_{min} = \frac{hc}{eV}$.

देहली तरंगदैर्ध्य त्वरित इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा पर निर्भर करती है तथा लक्ष्य की प्रकृति पर निर्भर नहीं करती है।

$\lambda_{K\alpha} \propto \frac{1}{(z-b)^2}$

अभिलक्षणिक तंरगदैर्ध्य परमाणु क्रमांक पर निर्भर करता है एवंम् देहली तंरगदैर्ध्य इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा पर निर्भर करता है
Ans. (B)

Paragraph :

In a mixture of H – He^+ gas (He^+ is singly ionized He atom), H atoms and He^+ ions are excited to their respective first excited states. Subsequently, H atoms transfer their total excitation energy to He^+ ions (by collisions). Assume that the Bohr model of atom is exactly valid.
H – He^+ गैस (He^+ एकल आयनित He परमाणु है) के मिश्रण में H–परमाणु तथा He^+ आयन अपनी–अपनी प्रथम उत्तेजित अवस्था में उत्तेजित है। इसके बाद, H–परमाणु अपनी पूरी उत्तेजन ऊर्जा He^+– आयन को दे देते है। (टक्करों के द्वारा)। मान लें कि बोहर (Bohr) का परमाणु माडल पूरी तरह से वैध है।

5. The quantum number n of the state finally populated in He^+ ions is :
He^+– आयन में अंततः आबादित अवस्था का क्वान्टम (Quantum) नम्बर n निम्न होगा :
(A) 2 (B) 3 (C*) 4 (D) 5

Sol. $\Delta E_H = \frac{3}{4} \times 13.6$ eV = Energy released by H atom. Let He^+ go to nth state.
So energy required
$\Delta E_H = \frac{3}{4} \times 13.6$ eV = H परमाणु द्वारा छोड़ी गई ऊर्जा। माना He^+ nवीं अवस्था में जाता है।
इसलिये आवश्यक ऊर्जा

$$\Delta E_{He} = 13.6 \times 4 \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right) \text{ eV}$$

$$\Delta E_{He} = \Delta E_H$$

$$\Rightarrow \quad \frac{3}{4} \times 13.6 = 13.6 \times 4\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$\Rightarrow$ n = 4 **Ans. C**

6. The wavelength of light emitted in the visible region by He^+ ions after collisions with H atoms is
H– परमाणुओं से टकराने के बाद He^+–आयनों द्वारा उत्सर्जित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य, जो दृश्य–क्षेत्र (visible region) में है, होगी
(A) 6.5×10^{-7} m (B) 5.6×10^{-7} m (C*) 4.8×10^{-7} m (D) 4.0×10^{-7} m

Sol. The wavelength corresponding to transition from n = 4 to n = 3 in He^+ corresponds to visible region. Its wavelength is :
संक्रमण n = 4 से n = 3 के संगत तरंगदैर्ध्य He^+ में दृश्य क्षेत्र के संगत है। इसकी तरंगदैर्ध्य है –

$$\frac{hc}{\lambda} = 13.6 \times 4 \left[\frac{1}{9} - \frac{1}{16}\right]$$

$$\frac{4.1\times10^{-15}\times3\times10^{8}}{\lambda\ \ (\text{m})} = 13.6\times4\times\frac{7}{9\times16} \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{4.1\times10^{-15}\times3\times10^{8}}{13.6\times4\times\frac{7}{9\times16}}\text{ m} =$$

$\lambda = 4.68 \times 10^{-7}$ m.
So, **Ans (C).**

7. The ratio of the kinetic energy of the n = 2 electron for the H atom to that of He^+ ion is :
n = 2 अवस्था में H–परमाणु तथा He^+ – आयन के इलेक्ट्रॉनों की गतिज ऊर्जा का अनुपात निम्न होगा :
(A*) $\frac{1}{4}$ (B) $\frac{1}{2}$ (C) 1 (D) 2

Sol. K.E. = – T.E.

$$\frac{K_H}{K_{He}} = \frac{TE_H}{TE_{He}}$$

For same 'n' समान 'n' के लिए $\frac{TE_H}{TE_{H_e}} = \frac{(Z_H)^2}{(Z_{He})^2} = \frac{1}{4}$

Ans. (A).

Paragraph for Question Nos. 10 to 12

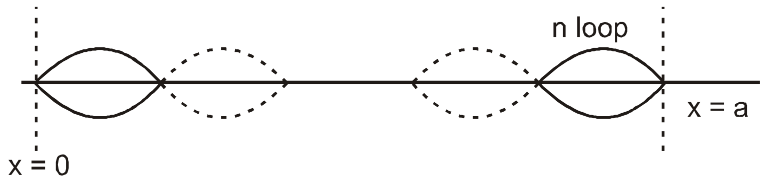
When a particle is restricted to move along x-axis between x = 0 and x = a, where a is of nanometer dimension, its energy can take only certain specific values. The allowed energies of the particle moving in such a restricted region, correspond to the formation of standing waves with nodes at its ends x = 0 and x = a. The wavelength of this standing wave is related to the linear momentum p of the particle according to the de-Broglie relation. The energy of the particle of mass m is related to its linear momentum as $E = \frac{p^2}{2m}$. Thus, the energy of the particle can be denoted by a quantum number 'n' taking values 1,2,3,......., (n = 1, called the ground state) corresponding to the number of loops in the standing wave.

Use the model described above to answer the following three questions for a particle moving in the line x = 0 to x = a. Take $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J s and $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C.

8. The allowed energy for the particle for a particular value of n is proportional to :

(A*) a^{-2} (B) $a^{-3/2}$ (C) a^{-1} (D) a^2

Solution :



$n\frac{\lambda}{2} = a$ and $p = \frac{h}{\lambda} = \frac{nh}{2a}$

Energy $E = \frac{p^2}{2m} = \frac{n^2h^2}{8ma^2}$ $\Rightarrow$ $E \propto \frac{1}{a^2}$

9. If the mass of the particle is $m = 1.0 \times 10^{-30}$ kg and a = 6.6 nm, the energy of the particle in its ground state is closest to :

(A) 0.8 meV (B*) 8 meV (C) 80 meV (D) 800 meV

Solution : $E = \frac{n^2h^2}{8\ \ ma^2}$

For ground state n = 1 $\Rightarrow$ $E_1 = \frac{(1)^2(6.6\times10^{-34})^2}{8\ \ \times10^{-30}\times(6.6\times10^{-9})^2\times1.6\times10^{-19}} = 8$ meV

10. The speed of the particle, that can take discrete values, is proportional to :

(A) $n^{-3/2}$ (B) n^{-1} (C) $n^{1/2}$ (D*) n

Solution : $P = \frac{nh}{2a} = mv$

$\Rightarrow$ $v \propto n$

प्रश्न 10 से 12 के लिए अनुच्छेद

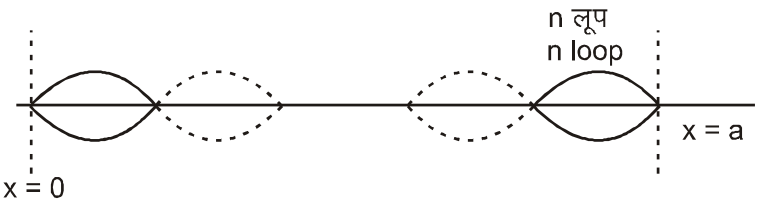
जब एक कण को x-अक्ष पर x = 0 से x = a तक, जहाँ a नैनोमीटर के आस पास है, चलने के लिए सीमित किया जाता है तब इस कण की ऊर्जा के कुछ विशेष मान ही हो सकते है। इस सीमित क्षेत्र में गति करते कण की सम्भव ऊर्जाएँ इस क्षेत्र में बनने वाली ऐसी अप्रगामी तरंगों से सम्बन्धित है, जिनके लिये x = 0 और x = a पर निस्पन्द बन रहे हों। इन अप्रगामी तरंगों का तरंग–दैर्ध्य, इस कण के रेखीय संवेग से डी-ब्रोगली समीकरण के अनुसिार सम्बन्धित है। द्रव्यमान m के कण की ऊर्जा एवं इसके रेखीय संवेग के बीच सम्बन्ध है, $E = \frac{p^2}{2m}$ । अतः कण की ऊर्जा को एक क्वांटम संख्या 'n' जिसके मान 1,2,3,......., (n = 1, को मूल अवस्था कहते है) हो सकते है, के द्वारा दर्शाया जा सकता है। इस संख्या का सम्बन्ध अप्रगामी तरंगो में बन रहे लूपों की संख्या से है।

उपरोक्त माडल की सहायता से निम्नलिखित तीन प्रश्न हल करें, जब कण x = 0 से x = a तक एक रेखा पर चल रहा है। $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J s और $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C ले।

8. n के किसी एक मान के लिए कण की सम्भव ऊर्जा समानुपाती है :

(A) a^{-2} के (B) $a^{-3/2}$ के (C) a^{-1} के (D) a^{2} के

Solution :



$$n\frac{\lambda}{2} = a \qquad \text{तथा} \qquad p = \frac{h}{\lambda} = \frac{nh}{2a}$$

$$\text{ऊर्जा} \qquad E = \frac{p^2}{2m} = \frac{n^2h^2}{8ma^2} \qquad \Rightarrow \qquad E \propto \frac{1}{a^2}$$

9. यदि कण का द्रव्यमान $m = 1.0 \times 10^{-30}$ kg और a = 6.6 nm हो, तब मूल अवस्था में कण की ऊर्जा सबसे निकट है :

(A) 0.8 meV के (B) 8 meV के (C) 80 meV के (D) 800 meV के

Solution : $E = \dfrac{n^2h^2}{8\ ma^2}$

$\Rightarrow$ मूल अवस्था के लिए n = 1 $\Rightarrow$ $E_1 = \dfrac{(1)^2(6.6\times10^{-34})^2}{8\ \times10^{-30}\times(6.6\times10^{-9})^2\times1.6\times10^{-19}} = 8$ meV

10. कण की चाल के कुछ खास पृथक–पृथक मान होंगे, जो समानुपाती है:

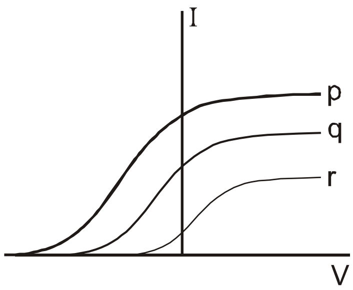
(A) $n^{-3/2}$ के (B) n^{-1} के (C) $n^{1/2}$ के (D) n के

Solution : $P = \dfrac{nh}{2a} = mv \quad \Rightarrow \quad v \propto n$

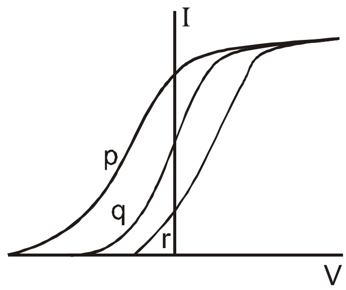
11.# Photoelectric effect experiments are performed using three different metal plates p, q and r having work functions $\phi_p = 2.0$ eV, $\phi_q = 2.5$ eV and $\phi_r = 3.0$ eV respectively. A light beam containing wavelengths of 550 nm, 450 nm and 350 nm with equal intensities illuminates each of the plates. The correct I-V graph for the experiment is [Take hc = 1240 eV nm]

धातु की तीन भिन्न प्लेटों p, q व r, जिनके कार्य फलन क्रमशः $\phi_p = 2.0$ eV, $\phi_q = 2.5$ eV व $\phi_r = 3.0$ eV है, को लेकर प्रकाश–वैद्युत–प्रभाव प्रयोग किये जाते हैं। तीनों प्रयोगों में एक प्रकाश पुंज का प्रयोग किया जाता है जो समान तीव्रतावाले 550 nm, 450 nm तथा 350 nm तरंगदैर्ध्य वाले प्रकाशों से मिलाकर बनाया गया है। इन तीनों के I-V आरेख का सही चित्रण है। [hc = 1240 eV nm लें]

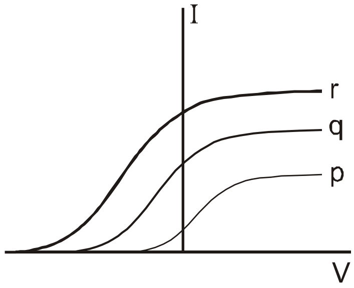
(A*)



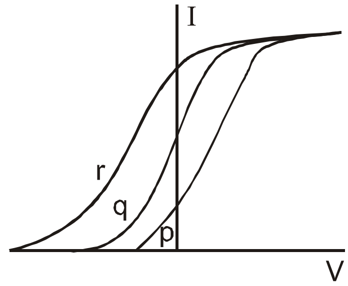
(B)



(C)



(D)



Sol. **(A)**

$$E_{\lambda_1=550\text{ nm}} = \frac{1240}{550}\text{eV} = 2.25\ \text{eV}$$

$$E_{\lambda_2=450\text{ nm}} = \frac{1240}{450}\text{eV} = 2.8\ \text{eV}$$

$$E_{\lambda_3=350\text{ nm}} = \frac{1240}{350}\text{eV} = 3.5\ \text{eV}$$

For metal r, only λ_3 is able to generate photoelectron.
For metal q, only λ_2 and λ_3 are able to generate photoelectron.
For metal p, all wavelength are able to generate photoelectron.
Hence photoelectric current will be maximum for p and least for r.
धातु r के लिए, केवल λ_3 प्रकाश वैद्युत प्रभाव उत्पन्न कर सकता है।
धातु q के लिए, केवल λ_2 व λ_3 प्रकाश वैद्युत प्रभाव उत्पन्न कर सकता है।
धातु p के लिए, सभी तरंगदैर्ध्य प्रकाश वैद्युत प्रभाव उत्पन्न कर सकता है।
अतः प्रकाश वैद्युत धारा p के लिए अधिकतम व r के लिए न्यूनतम होगी।

12. An α-particle and a proton are accelerated from rest by a potential difference of 100V. After this, their de-Broglie wavelength are λ_α and λ_p respectively. The ratio $\frac{\lambda_p}{\lambda_\alpha}$, to the nearest integer, is :

एक α-कण तथा एक प्रोटॉन को विरामावस्था से 100V के विभवान्तर द्वारा त्वरित किया जाता है। इसके बाद इनकी **डी ब्रोग्ली** तरंगदैर्ध्य क्रमशः λ_α तथा λ_p हैं। अनुपात $\frac{\lambda_p}{\lambda_\alpha}$ के मान का निकटतम पूर्णांक क्या होगा ?

Ans. 3

Sol. $P_1 = \sqrt{2m(100\ \text{eV})}$

$\lambda_P = \frac{h}{\sqrt{2m(100\ \text{eV})}}$ $\Rightarrow$ $\lambda_\alpha = \frac{h}{\sqrt{2(4m)2(100\ \text{eV})}}$

$\frac{\lambda_P}{\lambda_\alpha} = \sqrt{8}$

$\Rightarrow$ The ratio $\frac{\lambda_p}{\lambda_\alpha}$, to the nearest integer, is equal to 3.

$\Rightarrow$ का अनुपात $\frac{\lambda_p}{\lambda_\alpha}$, निकटतम पूर्णाको में 3 के बराबर है

Paragraph for questions 15 to 17

The key feature of Bohr's theory of spectrum of hydrogen atom is the quantization of angular momentum when an electron is revolving around a proton. We will extend this to a general rotational motion to find quantized rotational energy of a diatomic molecule assuming it to be rigid. The rule to be applied is Bohr's quantization condition.

अनुच्छेद के लिए प्रश्न 15 to 17

प्रोटॉन के चारों ओर घूमते इलेक्ट्रॉन के कोणीय संवेग का क्वांटीकरण, बोहर के हाइड्रोजन परमाणु स्पेक्ट्रम सिद्धांत का मुख्य आधार है। हम इस सिद्धांत को ओर आगे बढ़ाते हुए एक सामान्य घूर्णन गति के लिए उपयोग करते है तथा एक द्विपरमाणिवक अणु को दृढ़ मानते हुये उसकी क्वान्टीकृत घूर्णन ऊर्जा निकालेंगे। इसके लिये बोहर के क्वांटीकृत–प्रतिबंध वाले नियम का उपयोग किया जायेगा।

13. A diatomic molecule has moment of inertia I. By Bohr's quantization condition its rotational energy in the n^{th} level (n = 0 is not allowed) is :
एक द्विपरमाण्विक अणु का जड़त्व आघूर्ण I है। बोहर के क्वांटीकृत–प्रतिबंध के अनुसार इसके nवें स्तर (n = 0 मान्य नहीं है) की घूर्णन ऊर्जा कितनी होगी ?

(A) $\frac{1}{n^2}\left(\frac{h^2}{8\pi^2 I}\right)$ (B) $\frac{1}{n}\left(\frac{h^2}{8\pi^2 I}\right)$ (C) $n\left(\frac{h^2}{8\pi^2 I}\right)$ (D*) $n^2\left(\frac{h^2}{8\pi^2 I}\right)$

Ans. **(D)**

Sol. $I\omega = \frac{nh}{2\pi}$

Rotational kinetic energy = $\frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}\frac{n^2h^2}{4\pi^2 I} = \frac{n^2h^2}{8\pi^2 I}$

घूर्णन गतिज ऊर्जा = $\frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}\frac{n^2h^2}{4\pi^2 I} = \frac{n^2h^2}{8\pi^2 I}$

Ans. **(D)**

14. It is found that the excitation frequency from ground to the first excited state of rotation for the CO molecule is close to $\frac{4}{\pi}\times 10^{11}$ Hz. Then the moment of inertia of CO molecule about its centre of mass is close to (Take $h = 2\pi \times 10^{-34}$ J s)
यह पाया गया है कि CO अणु के घूर्णन की निम्नतम अवस्था से घूर्णन की प्रथम उत्तेजित अवस्था तक के लिए उत्तेजन आवृति लगभग $\frac{4}{\pi}\times 10^{11}$ Hz है। तब CO अणु का जड़त्व–आघूर्ण इसके द्रव्यमान केन्द्र के सापेक्ष लगभग कितना होगा ?
($h = 2\pi \times 10^{-34}$ J s लीजिये)

(A) 2.76×10^{-46} kg m^2 (B*) 1.87×10^{-46} kg m^2 (C) 4.67×10^{-47} kg m^2 (D) 1.17×10^{-47} kg m^2

Ans. **(B)**

Sol. hf = change in rotational kinetic energy (f = frequency)
hf = घूर्णन गतिज ऊर्जा में परिवर्तन (f = आवृत्ति)

$hf = \frac{3h}{8\pi^2 f}$

$I = \frac{3h}{8\pi^2 f} = \frac{3\times 2\pi \times 10^{-34}}{8\pi^2 \times \frac{4}{\pi}\times 10^{11}} = 0.1875 \times 10^{-45}$

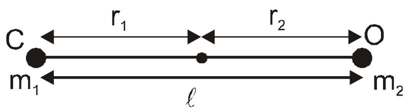
$I = 1.875 \times 10^{-46}$ kg m^2 .

15. In a CO molecule, the distance between C (mass = 12 a.m.u.) and O (mass = 16 a.m.u.), where 1 a.m.u. = $\frac{5}{3}\times 10^{-27}$ kg, is close to :
CO अणु में C (द्रव्यमान = 12 a.m.u.) तथा O (द्रव्यमान = 16 a.m.u.) के बीच दूरी लगभग कितनी है ?
(1 a.m.u. = $\frac{5}{3}\times 10^{-27}$ kg) :

(A) 2.4×10^{-10} m (B) 1.9×10^{-10} m (C*) 1.3×10^{-10} m (D) 4.4×10^{-11} m

Ans. **(C)**

Sol.



$m_1r_1 = m_2r_2$

$12r_1 = 16r_2$

$\frac{r_1}{r_2} = \frac{4}{3} \Rightarrow \frac{r_1}{\ell} = \frac{4}{7}$

$r_1 = \frac{4}{7}\ell$

Now अब, $I = m_1r_1^2 + m_2r_2^2$

$= m_1r_1(\ell)$

$= m_1\left(\frac{4}{7}\ell\right)\ell$

$I = \left(\frac{4m_1}{7}\right)\ell^2 \Rightarrow \ell = \sqrt{\frac{7I}{4m_1}}$

$\ell = \sqrt{\frac{7 \times 1.87 \times 10^{-46}}{4 \times 12 \times \frac{5}{3} \times 10^{-27}}}$

$= 0.128 \times 10^{-9}$ m $= 1.28 \times 10^{-10}$ m

16. The wavelength of the first spectral line in the Balmer series of hydrogen atom is 6561 Å. The wavelength of the second spectral line in the Balmer series of singly ionized helium atom is :

(A*) 1215 Å (B) 1640 Å (C) 2430 Å (D) 4687 Å

हाईड्रोजन परमाणु की बामर सीरीज की पहली स्पेक्ट्रमी लाइन की तरंग दैर्ध्य 6561 Å है। तब एकल–आयनित हीलियम परमाणु की बामर सीरीज की दूसरी लाइन की तरंगदैर्ध्य होगी।

(A*) 1215 Å (B) 1640 Å (C) 2430 Å (D) 4687 Å

Ans. **(A)**

Sol. $\frac{1}{\lambda_{H_2}} = RZ_H^2\left[\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right] = R(1)^2\left[\frac{5}{36}\right]$

$\frac{1}{\lambda_{He}} = RZ_{He}^2\left[\frac{1}{4} - \frac{1}{16}\right] = R(4)\left[\frac{3}{16}\right]$

$\frac{\lambda_{He}}{\lambda_{H_2}} = \frac{1}{4}\left[\frac{16}{3} \times \frac{5}{36}\right] = \frac{5}{27}$

$\lambda_{He} = \frac{5}{27} \times 6561 = 1215$ Å

Paragraph for Question 19 to 20
अनुच्छेद के लिए प्रश्न

A dense collection of equal number of electrons and positive ions is called neutral plasma. Certain solids containing fixed positive ions surrounded by free electrons can be treated as neutral plasma. Let 'N' be the number density of free electrons, each of mass 'm'. When the electrons are subjected to an electric field, they are displaced relatively away from the heavy positive ions. If the electric field becomes zero, the electrons begin to oscillate about the positive ions with a natural angular frequency 'ω_p', which is called the plasma frequency. To sustain the oscillations, a time varying electric field needs to be applied that has an angular frequency ω, where a part of the energy is absorbed and a part of it is reflected. As ω approaches ω_p all the free electrons are set to resonance together and all the energy is reflected. This is the explanation of high reflectivity of metals.

बराबर संख्या में इलेक्ट्रॉन तथा धन आयन समूह, जिसका घनत्व बहुत हो, को अनाविष्ट प्लाजमा कहते है। कुछ ठोस जिनमें स्वतंत्र इलेक्ट्रॉनों के बीच स्थिर धन–आयन स्थित होते है, को भी अनाविष्ट प्लाजमा की तरह लिया जाता है। माना कि इलेक्ट्रॉनों का संख्या घनत्व 'N' है और प्रत्येक इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान 'm' है । वैद्युत क्षेत्र लगाने पर ये इलेक्ट्रॉन स्थिर धन–आयन की तुलना में अपनी जगह से खिसक जाते है। अब यदि वैद्युत क्षेत्र शून्य हो जाये तो इलेक्ट्रॉन 'ω_p' कोणीय आवृति से धन–आयन के सापेक्ष दोलन करते है। ω_p को प्लाजमा आवृति कहते है। इन दोलनों को ω कोणीय आवृत्ति का वैद्युत–क्षेत्र लगा कर स्थायी किया जा सकता है। तब वैद्युत क्षेत्र से प्राप्त कुछ ऊर्जा अवशोषित होती है व कुछ ऊर्जा परावर्तित होती है तब ω बढकर ω_p हो जाती है तब इलेक्ट्रॉन समूह के सन्नादी हो जाने से सब ऊर्जा परावर्तित हो जाती है। यह धातु से परावर्तन के अधिक होने का कारण है।

17. Taking the electronic charge as ***'e'*** and the permitlivity as 'ε_0', use dimensional analysis to determine the correct expression for ω_p.

(A) $\sqrt{\frac{Ne}{m\varepsilon_0}}$ (B) $\sqrt{\frac{m\varepsilon_0}{Ne}}$ (C*) $\sqrt{\frac{Ne^2}{m\varepsilon_0}}$ (D) $\sqrt{\frac{m\varepsilon_0}{Ne^2}}$

इलैट्रॉन आवेश को ***'e'*** तथा परावैद्युतांक को 'ε_0', लेकर विमीय–सूत्र के द्वारा ω_p के लिये सही समीकरण ज्ञात करें।

(A) $\sqrt{\frac{Ne}{m\varepsilon_0}}$ (B) $\sqrt{\frac{m\varepsilon_0}{Ne}}$ (C*) $\sqrt{\frac{Ne^2}{m\varepsilon_0}}$ (D) $\sqrt{\frac{m\varepsilon_0}{Ne^2}}$

Ans. **(C)**

Sol. $$\left[\sqrt{\frac{Ne^2}{m\varepsilon_0}}\right] = \sqrt{\frac{\frac{1}{L^3}\times Q^2}{M\times\frac{Q^2}{L^2\times F}}} = \frac{1}{T}$$

So only (C) is dimensionally correct अतः केवल (C) विमिय रूप से सही है

18. Estimate the wavelength at which plasma reflection will occur for a metal having the density of electrons $N = 4 \times 10^{27}\ m^{-3}$. Take $\varepsilon_0 = 10^{-11}$ and $m = 10^{-30}$, where these quantities are in proper SI units.

एक धातु, जिसमें इलेक्ट्रॉनों का संख्या–घनत्व $N = 4 \times 10^{27}\ m^{-3}$ है, के लिये प्लाज्मा परावर्तन तरंग दैर्ध्य का मान ज्ञात करें। मानिये $\varepsilon_0 = 10^{-11}$ और $m = 10^{-30}$, जहाँ यह मात्रायें अपने सही SI विमा में है।

(A) 800 nm (B*) 600 nm (C) 300 nm (D) 200 nm

Ans. (B)

Sol. For resonance अनुनाद के लिए

$$\omega = \omega_P = \sqrt{\frac{Ne^2}{m\varepsilon_0}} = \sqrt{\frac{4\times10^{27}\times(1.6\times10^{-19})^2}{10^{-30}\times10^{-11}}}$$

$\omega = 3.2 \times 10^{15}$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{3.2\times10^{15}}{2\times3.14} \approx \frac{1}{2}\times10^{15}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\times10^8}{\frac{1}{2}\times10^{15}}$$

$\lambda \approx 600$ nm

19. A silver sphere of radius 1 cm and work function 4.7 eV is suspended from an insulating thread in free-space. It is under continuous illumination of 200 nm wavelength light. As photoelectrons are emitted, the sphere gets charged and acquires a potential. The maximum number of photoelectrons emitted from the sphere is $A \times 10^Z$ (where $1 < A < 10$). The value of 'Z' is

चाँदी का एक गोला, त्रिज्या = 1 cm, कार्य फलन = 4.7 eV, एक विद्युत रोधी धागे से मुक्त स्थान में लटकाया है। इस पर 200 nm तरंग दैर्ध्य का प्रकाश लगातार पड़ रहा है। जब प्रकाश इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होते हैं तब गोला आवेशित होता है और विभव प्राप्त करता है। गोले से उत्सर्जित अधिकतम प्रकाश इलेक्ट्रॉनों की संख्या $A\times10^Z (1<A<10)$ है। तब 'Z' का मान है।

Ans. 7

Sol. R = 1 cm

$\phi = 4.7$ eV

$\frac{hc}{\lambda} = \phi + eV$

$\frac{1240(ev)(nm)}{200(nm)} = 4.7\ (eV) + eV$

$\frac{1240}{200} e = 4.7\ e + eV$

$6.2 - 4.7 = V \quad \therefore\ V = 1.5$ volt

$\frac{1}{4\pi \in_0} \frac{Q}{R} = 1.5$

$(9 \times 10^9)\ \frac{Ne}{\frac{1}{100}} = 1.5$

$9 \times 10^{11}\ Ne = 1.5 \quad ; \quad N = \frac{1.5}{9 \times 10^{11} \times 1.6 \times 10^{-19}} = \frac{15}{16} \times \frac{1}{9} \times 10^8$

$= \frac{5}{3 \times 16} \times 10^8 = \frac{50}{48} \times 10^7$

$\therefore \quad Z = 7$

20. A pulse of light of duration 100 ns is absorbed completely by a small object initially at rest. Power of the pulse is 30mW and the speed of light is $3 \times 10^8\ ms^{-1}$. The final momentum of the object is :

एक छोटी वस्तु, जो प्रारम्भ में विराम अवस्था में है, प्रकाश की 100 ns की एक स्पन्द को पूर्णतया अवशोषित करती है। स्पन्द की शक्ति 30 mW है व प्रकाश की गति $3 \times 10^8\ ms^{-1}$ है। वस्तु का अन्तिम संवेग है:

(A) 0.3×10^{-17} kg ms^{-1} (B) 1.0×10^{-17} kg ms^{-1}

(C) 3.0×10^{-17} kg ms^{-1} (D) 9.0×10^{-17} kg ms^{-1}

Ans. **(B)**

Sol. Change in momentum = $\frac{\text{power} \times \text{total time}}{\text{speed of light}} = \frac{P \times t}{c}$

1.0×10^{-17} kg × m/s

Hindi. संवेग में परिवर्तन = $\frac{\text{शक्ति} \times \text{कुल समय}}{\text{प्रकाश की चाल}} = \frac{P \times t}{c}$

1.0×10^{-17} kg × m/s

21. The work functions of Silver and Sodium are 4.6 and 2.3 eV, respectively. The ratio of the slope of the stopping potential versus frequency plot for Silver to that of Sodium is :

चॉदी एवं सोडियम के कार्य फलन क्रमशः 4.6 व 2.3 eV है। चॉदी व सोडियम के निरोधी विभव एवं आवृत्ति के बीच ग्राफों के ढाल का अनुपात है :

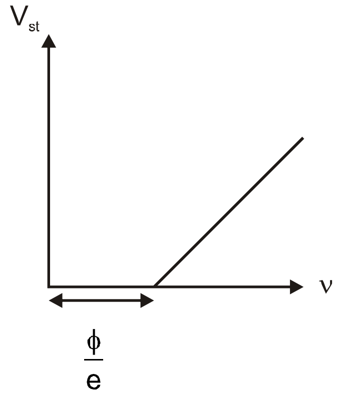
Ans. **1**

Sol. $KE_{max} = hv - \phi$

$eV_{st} = hv - \phi$

$V_{st} = \left(\frac{h}{e}\right)\nu - \frac{\phi}{e}$

$y = m x + C$



So slope will be $\left(\frac{h}{e}\right)$, and it will be same for both the metals.

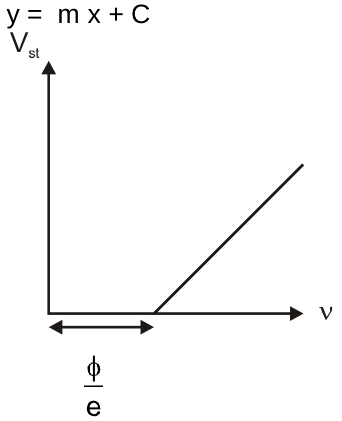
So ratio of the slopes = 1

Hindi. $KE_{max} = h\nu - \phi$

$eV_{st} = h\nu - \phi$

$V_{st} = \left(\frac{h}{e}\right)\nu - \frac{\phi}{e}$

$y = mx + C$



अतः ढ़ाल $\left(\frac{h}{e}\right)$ है, तथा यह दोनों धातुओं के लिए समान है

अतः ढ़ालों के अनुपात = 1

22.* The radius of the orbit of an electron in a Hydrogen-like atom is 4.5 a_0, where a_0 is the Bohr radius. Its orbital angular momentum is $\frac{3h}{2\pi}$. It is given that h is Planck constant and R is Rydberg constant. The possible wavelength(s) when the atom de-excites is (are) :

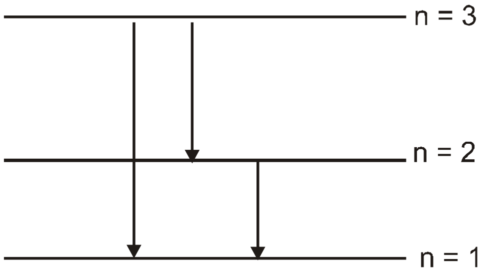
एक हाइड्रोजन–समान परमाणु के इलेक्ट्रॉन कक्ष की त्रिज्या 4.5 a_0 है जहॉ a_0 बोर त्रिज्या है। इस इलेक्ट्रॉन का कक्षीय कोणीय संवेग $\frac{3h}{2\pi}$ है। दिया है कि h प्लांक नियतांक व R रिडबर्ग नियतांक है। परमाणु के व्युत्तेजित होने पर उत्सर्जित विकिरण के तरंगदैर्ध्य की संभावनाएँ है :

(A) $\frac{9}{32R}$ (B) $\frac{9}{16R}$ (C) $\frac{9}{5R}$ (D) $\frac{4}{3R}$

Ans. **(A, C)**

Sol. $R_n = 4.5\ a_0$

$L = mvr = \dfrac{3h}{2\pi}$ [as n = 3, z= 2]



$$\frac{1}{\lambda} = Rz^2\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_1^2}\right)$$

$$\frac{1}{\lambda_{3\to1}} = R4\left[\frac{1}{1} - \frac{1}{9}\right] = 4R\frac{8}{9} \Rightarrow \lambda_{3\to1} = \frac{9}{32R}$$

$$\frac{1}{\lambda_{2\to1}} = R4\left[\frac{1}{1} - \frac{1}{4}\right] = \frac{3}{4}4R \Rightarrow \lambda_{2\to1} = \frac{1}{3R}$$

$$\frac{1}{\lambda_{3\to2}} = R4\left[\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right] = \frac{5}{36}4R \Rightarrow \lambda_{3\to2} = \frac{9}{5R}$$

23. If λ_{Cu} is the wavelength of K_α X-ray line of copper (atomic number 29) and λ_{Mo} is the wavelength of the K_α X-ray line of molybdenum (atomic number 42), then the ratio $\lambda_{Cu}/\lambda_{Mo}$ is close to

तांबे (परमाणु क्रमांक 29) की K_α X-किरण रेखा की तरंगदैर्ध्य λ_{Cu} है तथा मॉलिब्डेनम (परमाणु क्रमांक 42) की K_α X-किरण रेखा की तरंगदैर्ध्य λ_{Mo} है, तब अनुपात $\lambda_{Cu}/\lambda_{Mo}$ लगभग है

(A) 1.99 (B*) 2.14 (C) 0.50 (D) 0.48

Ans. (B)

Sol. Using Mosley's law, for K_α line : $\sqrt{\upsilon}$ = a (z – b) where b = 1

K_α रेखा के लिये मोजले नियम के उपयोग से : $\sqrt{\upsilon}$ = a (z – b) जहाँ b = 1

$$\upsilon \propto \frac{1}{\lambda} \qquad \therefore \frac{\sqrt{\frac{1}{\lambda_{cu}}}}{\sqrt{\frac{1}{\lambda_{mo}}}} = \frac{a(29-1)}{a(42-1)} \Rightarrow \frac{\lambda_{cu}}{\lambda_{mo}} = \frac{41\times41}{28\times28} = \frac{1681}{784} = 2.144$$

24. A metal surface is illuminated by light of two different wavelengths 248 nm and 310 nm. The maximum speeds of the photoelectrons corresponding to these wavelengths are u_1 and u_2, respectively. If the ratio $u_1 : u_2 = 2 : 1$ and hc = 1240 eV nm, the work function of the metal is nearly

किसी धातु की एक सतह को अलग–अलग तरंग दैर्ध्यो 248 nm तथा 310 nm से प्रदीप्त किया गया है। इन तरंग–दैर्ध्यो के संगत (corresponding) निकलने वाले प्रकाश इलेक्ट्रॉनों (photoelectrons) की अधिकतम गति क्रमशः u_1 तथा u_2 है। यदि अनुपात $u_1 : u_2 = 2 : 1$ तथा hc = 1240 eV nm है, तब धातु का कार्य फलन लगभग है

(A) 3.7 eV (B) 3.2 eV (C) 2.8 eV (D) 2.5 eV

Ans. (A)

Sol. 248 nm ≡ 1240 / 248 ev = 5 ev

310nm ≡ 1240 / 310 ev = 4 ev

$$\frac{K.E_1}{K.E_2} = \frac{4}{1} = \frac{5ev - W}{4ev - W}$$

$\Rightarrow$ 16 – 4W = S – W

$\Rightarrow$ 11 = 3 W

$\Rightarrow W = \dfrac{11}{3}$ = 3.67 ev ≅ 3.7 ev

25. Consider a hydrogen atom with its electron in the n^{th} orbital. An electromagnetic radiation of wavelength 90 nm is used to ionize the atom. If the kinetic energy of the ejected electron is 10.4 eV, then the value of n is (hc = 1242 eV nm)

एक हाइड्रोजन परमाणु में इलैक्ट्रॉन n^{th} कक्षा में है। उसको आयनित करने के लिए 90 nm तरंगदैर्ध्य के विद्युत–चुम्बकीय विकिरण का प्रयोग किया जाता है। यदि इस प्रक्रिया में उत्सर्जित इलैक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा 10.4 eV है, तब n का मान होगा। (hc = 1242 eV nm)

Ans. **2**

Sol $\frac{hC}{\lambda} - \left\{13.6\text{eV}.\frac{1}{n^2}\right\} = 10.4$

$\Rightarrow \frac{1242\text{eV}}{90} - \frac{13.6}{n^2} = 10.4$

$\Rightarrow \frac{41.4}{3} - \frac{13.6}{n^2} = 10.4$

$\Rightarrow 13.8 - 10.4 = \frac{13.6}{n^2}$

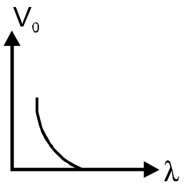
$\Rightarrow 3.4 = \frac{13.6}{n^2}$

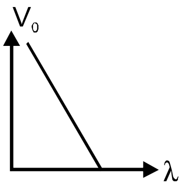
$\Rightarrow n^2 = 4$

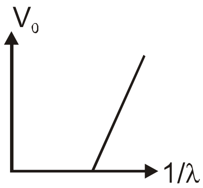
$\Rightarrow n = 2$

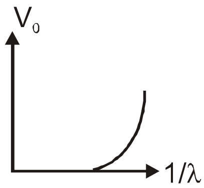
26.* For photo-electric effect with incident photon wavelength λ, the stopping potential is V_0. Identify the correct variation(s) of V_0 with λ and $1/\lambda$.

प्रकाश–विद्युत प्रभाव में आपतित फोटॉन की तरंगदैर्ध्य λ है। तथा निरोधी विभव V_0 है। V_0 का λ तथा $1/\lambda$ के साथ सही ग्राफ है (हैं)

(A*)


(B)


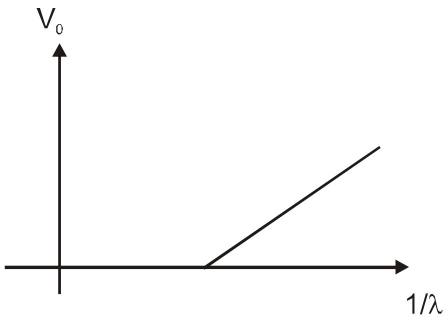
(C*)


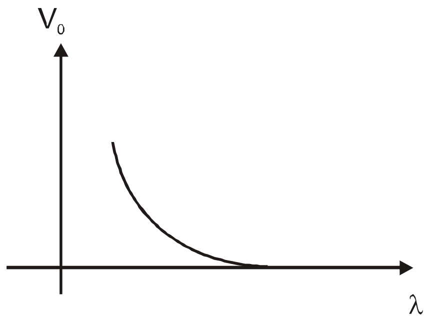
(D)


Ans. **(A,C)**

Sol. $\frac{hc}{\lambda} = eV_0 + \phi$

$\Rightarrow \quad V_0 = \frac{hc}{e}\left(\frac{1}{\lambda}\right) - \phi$





27. An electron in an excited state of Li^{2+} ions has angular momentum $3h/2\pi$. The de-Broglie wavelength of the electron in this state is $p\pi a_0$ (where a_0 is the Bohr radius). The value of p is

Li^{2+} आयन की उत्तेजन अवस्था में एक इलेक्ट्रॉन का कोणीय संवेग $3h/2\pi$ है। इस अवस्था में इलेक्ट्रॉन की डी–ब्रोग्ली तरंगदैर्ध्य $p\pi a_0$ (जहाँ a_0 बोर त्रिज्या है) है। तब p का मान है।

Ans. 2

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

$n = 3$

$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m\ v} = \frac{h\ 2\pi r}{3h} = \frac{2\pi r}{3}$

$r = a_0 \frac{n^2}{Z}$

$\lambda = \frac{2\pi}{3} a_0 \frac{n^2}{Z} = \frac{2\pi}{3} a_0 \frac{3^2}{3} = 2\pi a_0$

28. In a historical experiment to determine Planck's constant, a metal surface was irradiated with light of different wavelengths. The emitted photoelectron energies were measured by applying a stopping potential. The relevant data for the wavelength (λ) of incident light and the corresponding stopping potential (V_0) are given below :

प्लांक स्थिरांक निकालने के लिए एक एतिहासिक प्रयोग में एक धातु की सतह को अलग–अलग तरंगदैर्ध्य के प्रकाश से प्रदीप्त किया गया। उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा को निरोधी विभव (stopping potential) लगाकर मापा गया। उपयोग में लाये गए आपतित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य (λ) एवं संबन्धित निरोधी विभव (V_0) के आंकडे नीचे दिए गए हैं :

λ (μm)	V_0 (Volt)
0.3	2.0
0.4	1.0
0.5	0.4

Given that $c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$ and $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C, Planck's constant (in units of J s) found from such an experiment is)

प्रकाश की गति $c = 3 \times 10^8\ ms^{-1}$ तथा इलैक्ट्रॉन का आवेश $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C दिया गया है। इस प्रयोग से निकाले गए, प्लांक स्थिरांक (J s मात्रक में) का मान है।

(A) 6.0×10^{-34} (B*) 6.4×10^{-34} (C) 6.6×10^{-34} (D) 6.8×10^{-34}

Ans. **(B)**

Sol. $\frac{hc}{\lambda} - \phi = eV_0$

$\frac{hc}{0.3 \times 10^{-6}} - \phi = 2e$ ...(i)

$\frac{hc}{0.4 \times 10^{-6}} - \phi = 1\ e$ ...(ii)

Substracting (ii) from (i)

(i) में से (ii) को घटाने पर

$hc\left(\frac{1}{0.3} - \frac{1}{0.4}\right)10^6 = e \quad hc\frac{0.1}{0.12} \times 10^6 = e$

$h = 0.64 \times 10^{-33} = 6.4 \times 10^{-34}$ J-s

29.* Highly excited states for hydrogen-like atoms (also called Rydberg states) with nuclear charge Ze are defined by their principal quantum number n, where n >> 1. Which of the following statement (s) is (are) true?

(A*) Relative change in the radii of two consecutive orbitals does not depend on Z.

(B*) Relative change in the radii of two consecutive orbitals varies as 1/n

(C) Relative change in the energy of two consecutive orbitals varies as $1/n^3$

(D*) Relative change in the angular momenta of two consecutive orbitals varies as 1/n

Ze नाभिकीय आवेश के हाइड्रोजन की तरह के परमाणु की अत्यधिक उत्तेजित अवस्था (जिसे रिडबर्ग अवस्था भी कहते है) को उसके मुख्य क्वांटम अंक n (n >> 1) से परिभाषित किया जाता है। निम्नखित में से कौनसा/कौनसे कथन सत्य है/हैं?

(A*) दो क्रमागत कक्षों की त्रिज्या का आपेक्षित अंतर (relative change) Z के ऊपर निर्भर नहीं करता है

(B*) दो क्रमागत कक्षों की त्रिज्या का आपेक्षित अंतर 1/n के समानुपात होता है

(C) दो क्रमागत कक्षों की ऊर्जा का आपेक्षित अंतर $1/n^3$ के समानुपात होता है

(D*) दो क्रमागत कक्षों के कोणिय संवेग का आपेक्षित अंतर 1/n के समानुपात होता है

Ans. **(ABD)**

Sol. $r = r_0\left(\frac{n^2}{z}\right)$

$$\frac{\Delta r}{r} = \left(\frac{2\Delta n}{n}\right)$$

$\Delta n = 1$ so अतः $\frac{\Delta r}{r} \propto \frac{1}{n}$

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

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta n}{n}$$

$$\frac{\Delta L}{L} \propto \frac{1}{n}$$

30. A hydrogen atom in its ground state is irradiated by light of wavelength 970 Å. Taking hc/ e = 1.237 × 10^{-6} eV m and the ground state energy of hydrogen atom as –13.6 eV, the number of lines present in the emission spectrum is :

एक हाइड्रोजन परमाणु को उसकी निम्नतम अवस्था में 970 Å तरंगदैर्ध्य वाले प्रकाश से प्रदीप्त किया जाता है। यहाँ पर hc/ e = 1.237 × 10^{-6} eV m तथा हाइड्रोजन परामाणु की न्यूनतम अवस्था की ऊर्जा–13.6 eV है। उत्सर्जित मानावली (emission spectrum) में रेखाओं की संख्या क्या होगी।

Ans. **(6)**

Sol. [Here we are assuming that in original paper atom ⇒ atoms]
[यहाँ वास्तविक पेपर में परमाणु (atom) के स्थान पर परमाणुओं (atoms) की कल्पना करते हैं

$$13.6\left[\frac{1}{1^2}-\frac{1}{n^2}\right]=\frac{12370}{970}$$

$n^2 = 16$

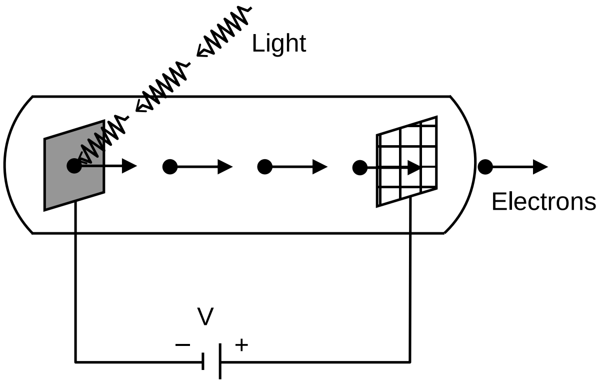
$n = 4$

No. of lines रेखाओं की संख्या= $^4C_2$

$= \frac{4\times 3}{2} = 6$ **Ans. 6**

31. Light of wavelength λ_{ph} falls on a cathode plate inside a vacuum tube as shown in the figure., The work function of the cathode surface is ϕ and the anode is a wire mesh of conducting material kept at a distance d from the cathode. A potential difference V is maintained between the electrodes. If the minimum de Broglie wavelength of the electrons passing through the anode is λ_e, which of the following statement(s) is (are) true ?

λ_{ph} तरंगदैर्ध्य का प्रकाश निर्वात नलीका (vacuum tube) के अंदर एक कैथोड पर गिरता है, जैसा चित्र में दर्शाया गया है। कैथोड की सतह का कार्यफलन ϕ है एवं एनोड, जो की एक चालकीय पदार्थ के तारों की जाली है, कैथोड से d दूरी पर स्थित है। एलेक्ट्रोड़ों के बीच का विभवान्तर V स्थिर है। यदि एनोड को पार करने वाले इलेक्ट्रॉनों की न्यूनतम " द ब्रोग्ली" (de Broglie) तरंगदैर्ध्य λ_e है , निम्नलिखित में से कौनसा/ कौनसे कथन सत्य है/हैं ?



(A) λ_e increases at the same rate as λ_{ph} for $\lambda_{ph} < hc/\phi$.

(B*) For large potential difference ($V >> \phi/e$), λ_e is approximately halved if V is made four times.

(C) λ_e is approximately halved , if d is doubled

(D) λ_e decreases with increase in ϕ and λ_{ph}.

(A) अगर $\lambda_{ph} < hc/\phi$ है तो λ_{ph} के साथ λ_eएक समान दर से बढ़ेगा।

(B*) उच्च विभवान्तर ($V >> \phi/e$) पर अगर V को चार गुना बढ़ाया जाए तो λ_e लगभग आधा हो जाएगा।

(C) d को दुगना करने पर λ_e लगभग आधा हो जाएगा।

(D) ϕ और λ_{ph} को बढ़ाने पर λ_e कम होगा।

Ans. (B)

Sol. λ_e = Min. de broglie wave length न्यूनतम डि–ब्रोग्ली तरंगदैर्ध्य

$$\frac{hc}{\lambda_{ph}} = \phi + \frac{hc}{\lambda_e} + eV$$

$$hc\left(\frac{-1}{\lambda_{pn}^2}d\lambda_{pn}\right) = hc\left(-\frac{1}{\lambda_e^2}d\lambda_e\right)$$

$\frac{d\lambda_{ph}}{d\lambda_e} = \frac{\lambda_{ph}^2}{\lambda_e^2}$ (A wrong असत्य है)

$V >> \frac{\phi}{e}$

Energy of electron इलेक्ट्रॉन की ऊर्जा = eV

$\frac{P^2}{2m} = E$ $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{1}{\sqrt{2mE}}$

$P = \sqrt{2mE}$ **Ans. (B)**

32. An electron in a hydrogen atom undergoes a transition from an orbit with quantum number n_i to another with quantum number n_f. V_i and V_f are respectively the initial and final potential energies of the electron. If $\frac{V_i}{V_f} = 6.25$, then the smallest possible n_f is :

एक हाइड्रोजन परामाणु का एक इलेक्ट्रॉन n_i क्वांटम संख्या (quantum number) वाले कक्ष से n_f क्वांटम संख्या (quantum number) के कक्ष में प्रवेश करता है। V_i तथा V_f प्राथमिक एवं अंतिम स्थितिज उर्जाए है। यदि $\frac{V_i}{V_f} = 6.25$, तब n_f की न्यूनतम सम्भावी संख्या (smallest possible n_f) है

Ans. (5)

Sol. $PE = -\frac{27.2}{n^2}$ $\frac{v_f}{v_i} = \frac{-\frac{27.2}{n_f^2}}{-\frac{27.2}{n_i^2}} = \frac{1}{6.25}$

$6.25 = \frac{n_f^2}{n_i^2}$ $\frac{n_f}{n_i} = 2.5 = \frac{5}{2}$

Answer. 5

33. A photoelectric material having work-function ϕ_0 is illuminated with light of wavelength $\lambda \left(\lambda < \frac{hc}{\phi_0}\right)$. The fastest photoelectron has a de Broglie wavelength λ_d. A change in wavelength of the incident light by $\Delta\lambda$ results in a change $\Delta\lambda_d$ in λ_d. Then the ratio $\frac{\Delta\lambda_d}{\Delta\lambda}$ is proportional to :

प्रकाश विद्युत पदार्थ (photo electric material) जिसका कार्य फलन (work-function) ϕ_0 है, तरंग–दैर्ध्य $\lambda \left(\lambda < \frac{hc}{\phi_0}\right)$ के प्रकाश से प्रदीप्त किया गया है। द्रुत प्रकाश इलेक्ट्रान की डी ब्रोग्ली (de Broglie) तरंग–दैर्ध्य λ_d है। आपतित प्रकाश (incident light) की तरंग–दैर्ध्य में $\Delta\lambda$ के परिवर्तन से λ_d के मान में $\Delta\lambda_d$ का परिवर्तन होता है। तब $\frac{\Delta\lambda_d}{\Delta\lambda}$ का अनुपात समानुपाती होगा

(A) $\frac{\lambda_d^3}{\lambda^2}$ (B) $\frac{\lambda_d^3}{\lambda}$ (C) $\frac{\lambda_d^2}{\lambda^2}$ (D) $\frac{\lambda_d}{\lambda}$

Ans. (A)

Sol. $\frac{hc}{\lambda}$ = W + KE_{max}

$$KE = \frac{P^2}{2m_e} = \frac{h^2}{2m_e\lambda_d^2}$$

$$\frac{hc}{\lambda} = \phi_0 + \frac{h^2}{2m_e\lambda_d^2}$$

$$-\frac{hc}{\lambda^2}d\lambda = 0 + \frac{h^2}{2m_e}\frac{(-2)}{\lambda_d^3}d\lambda_d$$

$$\frac{d\lambda_d}{d\lambda} = \frac{2m_e\lambda_d^3}{h^2 \times \lambda^2}.hc$$

$$\frac{d\lambda_d}{d\lambda} \propto \frac{\lambda_d^3}{\lambda^2}$$

34. In a photoelectric experiment a parallel beam of monochromatic light with power of 200W is incident on a perfectly absorbing cathode of work function 6.25 eV. The frequency of light is just above the threshold frequency so that the photoelectrons are emitted with negligible kinetic energy. Assume that the photoelectron emission efficiency is 100%. A potential difference of 500V is applied between the cathode and the anode. All the emitted electrons are incident normally on the anode and are absorbed. The anode experiences a force F = n × 10^{-4} N due to the impact of the electrons. The value of is __________. Mass of the electron m_e = 9 × 10^{-31}kg and 1.0 eV = 1.6 × 10^{-19}J.

एक प्रकाश विद्युत् (photoelectric) प्रयोग में 200 W शक्ति (power) वाला एक समांतर एकवर्णी प्रकाश किरण पुंज (a parallel beam of monochromatic light) पूर्ण रूप से अवशोषित करने वाले एक उत्सर्जक (perfectly absorbing cathode) पर गिरता है। उत्सर्जक के पदार्थ का कार्य–फलन (work function) 6.25 eV है। प्रकाश की आवृत्ति, देहली आवृत्ति (threshold frequency) से थोड़ी ही अधिक है, जिससे उत्सर्जित होने वाली प्रकाशिक इलेक्ट्रानों (photoelectrons) की गतिज ऊर्जा (kinetic energy) नगण्य है। मान लीजिए कि प्रकाश विद्युत् उत्सर्जन दक्षता (photoelectron emission efficiency) 100% है। उत्सर्जक और संग्राहक (anode) के बीच 500V का विभवान्तर (potential difference) लगाया जाता है। उत्सर्जित होने वाले सभी इलेक्ट्रान संग्राहक पर अभिलम्ब आपतित (normal incidence) होकर अवशोषित हो जाते हैं। इलेक्ट्रानों की संग्राहक पर टक्कर से F = n × 10^{-4} N का बल लगता है। n का मान __________ है। इलेक्ट्रान का द्रव्यमान (mass) m_e = 9 × 10^{-31}kg है और 1.0 eV = 1.6 × 10^{-19}J है।

Ans. **24.00**

Sol. Number of electrons emitted उत्सर्जित इलेक्ट्रोन की संख्या $N = \frac{200W}{6.25eV}$

rate of change of linear momentum of electrons इलेक्ट्रोन के रेखीय सवेंग में परिर्वतन कि दर = F = $N\sqrt{2mk}$

$$F = \frac{200}{1.6 \times 6.25 \times 10^{-19}} \times \sqrt{2 \times 9 \times 10^{-31} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 500}$$

= 24.00

35. Consider a hydrogen-like ionized atom with atomic number Z with a single electron. In the emission spectrum of this atom, the photon emitted in the n = 2 to n = 1 transition has energy 74.8 eV higher than the photon emitted in the n = 3 to n = 2 transition. The ionization energy of the hydrogen atom is 13.6 eV. The value of Z is __________.
एक हाइड्रोजन–जैसा आयनित (hydrogen-like ionized) परमानु का परमाणु क्रमांक (atomic number) Z है। इस परमाणु में एक ही इलेक्ट्रान है। इस परमाणु के उत्सर्जन–स्पेक्ट्रम (emission spectrum) में, n = 2 से n = 1 संक्रमण (transition) से उत्पन्न होने वाले फ़ोटॉन (photon) की ऊर्जा, n = 3 से n = 2 संक्रमण से उत्पन्न होने वाले फ़ोटॉन की ऊर्जा से 74.8 eV अधिक है। हाइड्रोजन परमाणु की आयनन ऊर्जा (ionization energy) 13.6 eV है। Z का मान __________ है।

Ans. **3**

Sol. $13.6\,Z^2\left(1-\frac{1}{4}\right) = 74.8\text{ eV} + 13.6\,z^2\left(\frac{1}{4}-\frac{1}{9}\right)$

$\Rightarrow 13.6 \times Z^2\left(\frac{11}{18}\right) = 74.8$

$\Rightarrow Z^2 = 9 \quad \Rightarrow \quad Z = 3$

PART - II : JEE (MAIN) / AIEEE PROBLEMS (PREVIOUS YEARS)
भाग - II : JEE (MAIN) / AIEEE (पिछले वर्षो) के प्रश्न

1. The time taken by a photoelectron to come out after the photon strikes is approximately
फोटॉन के टकराने से फोटोइलेक्ट्रॉन निकलने तक में लगा समय लगभग है :
(1) 10^{-1} s (2) 10^{-4} s (3*) 10^{-10} s (4) 10^{-16} s

Sol. 10^{-10} sec.

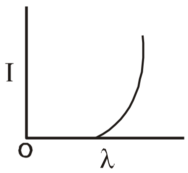
2. An alpha nucleus of energy $\frac{1}{2}mv^2$ bombards a heavy nuclear target of charge Ze. Then the distance of closest approach for the alpha nucleus will be proportional to :
$\frac{1}{2}mv^2$ ऊर्जा का एक ऐल्फा नाभिक Ze आवेश के एक भारी नाभिकीय लक्ष्य पर बमबारी करता है। तब ऐल्फा नाभिक के लिए निकटतम उपगमन दूरी समानुपाती होगी :
(1) $\frac{1}{Ze}$ (2) v^2 (3*) $\frac{1}{m}$ (4) $\frac{1}{v^4}$

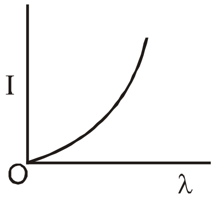
Sol. $\frac{1}{m}$

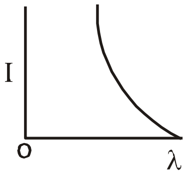
3. The threshold frequency for a metallic surface corresponds to an energy of 6.2 eV, and the stopping potential for a radiation incident on this surface is 5V. The incident radiation lies in
(1) X-ray region (2*) ultra-violet region (3) infra-red region (4) visible region
एक धात्वीय पृष्ठ के लिए देहली आवृति 6.2 eV ऊर्जा के संगत है और इस पृष्ठ पर आपतित विकिरण के लिए निरोधी विभव 5 V है। आपतित विकिरण जिस क्षेत्र में है, वह है :
(1) X-किरण क्षेत्र (2*) पराबैंगनी क्षेत्र (3) अवरक्त क्षेत्र (4) दृश्य क्षेत्र

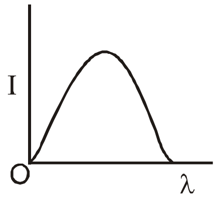
Sol. $\lambda = \frac{1242\text{eVnm}}{11.2} \approx 1100\text{Å}$
Ultraviolet region पराबैगनी क्षेत्र

4.# The anode voltage of a photocell is kept fixed. The wavelength of the light falling on the cathode is gradually changed. The plate current I of the photocell varies as follows :
एक फोटो सेल की एनोड वोल्टता स्थिर रखी जाती है। कैथोड पर आपतित प्रकाश की तंरगदैर्ध्य λ धीरे-धीरे परिवर्तित की जाती है। फोटोसेल की प्लेट धारा I इस प्रकार परिवर्तित होती है :

(1)


(2)


(3*)


(4)


5. Photon of frequency ν has a momentum associated with it. If c is the velocity of light, the momentum is:
आवृति ν के एक फोटॉन में संवेग निहित है। यदि c प्रकाश का वेग है, तब संवेग है

(1) ν/c (2) $h\nu c$ (3) $h\nu/c^2$ (4*) $h\nu/c$

Sol. $E = pc$, $h\nu = pc$, $p = \frac{h\nu}{c}$

6. Which of the following transitions in hydrogen atoms emit photons of highest frequency ?
हाइड्रोजन परमाणु में निम्नलिखित संक्रमणों में से कौनसा संक्रमण अधिकतम आवृत्ति के फोटॉन का उत्सर्जन करता हैं ?

(1) n = 2 to से n = 6 (2) n = 6 to से n = 2 (3*) n = 2 to से n = 1 (4) n = 1 to से n = 2

Sol. For highest frequency in emission spectra the difference of energy between two states involved should be maximum
उत्सर्जन स्पेक्ट्रम में उच्चतम आवृती के लिए दो अवस्थाओ के मध्य ऊर्जा का अन्तर अधिकतम होना चाहिये।
$\Delta eV_{2-4} = 10.2$ eV, $\Delta E_{\infty-1} = 13.6$ eV
$\Delta E_{\infty-1} = 3.4$ eV, $\Delta E_{6-2} < \Delta E_{\infty-2}$, $\Delta E_{6-2} < \Delta E_{2-1}$
So photons of highest frequency will be emitted for n = 2 to n = 1.
अतः n = 2 से n = 1 के लिए उच्चतम आवृती का फोटॉन उत्सर्जित होगा

7. Suppose an electron is attracted towards the origin by a force $\frac{k}{r}$ where 'k' is a constant and 'r' is the distance of the electron from the origin. By applying Bohr model to this system, the radius of the nth orbital of the electron is found to be 'r_n' and the kinetic energy of the electron to be 'T_n'. Then which of the following is true?
माना कि एक इलेक्ट्रॉन मूल बिन्दु की और एक बल $\frac{k}{r}$ द्वारा आकर्षित होता है जहॉं 'k' एक नियतांक है एवं 'r' इलेक्ट्रॉन की मूल बिन्दु से दूरी है। इस निकाय को बोहर प्रतिरूप मानने पर n वे कक्ष के इलेक्ट्रॉन की त्रिज्या 'r_n' है तथा इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा 'T_n' है। तो निम्न में से कौनसा सत्य है ?

(1*) T_n independent of n, $r_n \propto n$ (2) $T_n \propto \frac{1}{n}$, $r_n \propto n$
(3) $T_n \propto \frac{1}{n}$ n_1, $r_n \propto n^2$ (4) $T_n \propto \frac{1}{n^2}$, $r_n \propto n^2$

(1*) T_n , n से स्वतंत्र है, $r_n \propto n$ (2) $T_n \propto \frac{1}{n}$, $r_n \propto n$
(3) $T_n \propto \frac{1}{n}$ n_1, $r_n \propto n^2$ (4) $T_n \propto \frac{1}{n^2}$, $r_n \propto n^2$

Sol. $\frac{mv^2}{r} = \frac{K}{r}$ ...(1)

$mvr = \frac{nh}{2\pi}$ ....(2)

Solve these equation इन समीकरण को हल करने पर

8. The transition from the state n =4 to n =3 in a hydrogen like atom results in ultraviolet radiation. Infrared radiation will be obtained in the transition from:
हाइड्रोजन समान परमाणु में n =4 से n =3 अवस्था में संक्रमण के फलस्वरूप पराबैंगनी विकिरण प्राप्त होता है। निम्नलिखित में से किस संक्रमण में अवरक्त विकिरण प्राप्त होगा ?

(1) $3 \rightarrow 2$ (2) $4 \rightarrow 2$ (3*) $5 \rightarrow 4$ (4) $2 \rightarrow 1$

Sol. **Ans. (3)**
$5 \rightarrow 4$ Transition energy from 5 to 4 will be lessthan from $4 \rightarrow 3$. All other transition energy are higher than that for $4 \rightarrow 3$.
$5 \rightarrow 4$ मे संक्रमण ऊर्जा $4 \rightarrow 3$ में संक्रमण ऊर्जा से कम होगी। सभी अन्य संक्रमण ऊर्जा $4 \rightarrow 3$ से अधिक होगी।

9. The surface of a metal is illuminated with the light of 400 nm. The kinetic energy of the ejected photoelectrons was found to be 1.68 eV. The work fuction of the metal is : (hc = 1240 eV.nm)
400 nm के प्रकाश से किसी धातु के पृष्ठ को प्रदीप्त किया जाता है। उत्सर्जित फोटोइलेक्ट्रॉनों की गतिज ऊर्जा 1.68 eV पायी जाती है। धातु का कार्य फलन है। (hc = 1240 eV.nm)

(1) 1.41 eV (2) 1.51 eV (3) 1.68 eV (4) 3.09 eV

Sol. **Ans. (1)**

$$E_\lambda = \frac{1240}{400} \text{ eV} = 3.1 \text{ eV}$$

$$E_\lambda - k = (3.10 - 1.68)\text{eV}$$
$$= 1.42 \text{ eV}$$

$Q < 1.42$ eV

10. **Statement-1 :** When ultraviolet light is incident on a photocell, its stopping potential is V_0 and the maximum kinetic energy of the photoelectrons is K_{max}. When the ultraviolet light is replaced by X-rays, both V_0 and K_{max} increase.
Statement-2 : Photoelectrons are emitted with speeds ranging from zero to a maximum value because of the range of frequencies present in the incident light.
(1) Statement-1 is true, Statement-2 is true; Statement-2 is the correct explanation of Statement-1.

(2) Statement-1 is true, Statement-2 is true; Statement-2 is not the correct explanation of Statement-1
(3) Statement-1 is false, Statement-2 is true.
(4*) Statement-1 is true, Statement-2 is false.

कथन-1 : जब पराबैंगनी प्रकाश एक प्रकाश–सेल पर आपतित है, तब इसका निरोधी विभव V_0 है और फोटो इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम गतिज ऊर्जा K_{max} है। जब पराबैंगनी प्रकाश को एक्स–किरणों से बदल दिया जाता है, तब दोनों V_0 एवं K_{max} में वृद्धि हो जाती है
कथन-2 : फोटो इलेक्ट्रॉन शून्य से एक अधिकतम चाल की परास में उत्सर्जित होते है क्योंकि आपतित प्रकाश में आवृत्तियों की परास उपस्थित होती है।
(1) कथन–1 सत्य है, कथन–2 सत्य है ; कथन–2, कथन–1 का सही स्पष्टीकरण है।
(2) कथन–1 सत्य है, कथन–2 सत्य है ; कथन–2, कथन–1 का सही स्पष्टीकरण नहीं है।
(3) कथन–1 असत्य है, कथन–2 सत्य है।
(4*) कथन–1 सत्य है, कथन–2 असत्य है।

Sol. Energy of X-rays-photon is greater then ultraviolet photon.
So, V_0 and K_{max} increases.
Electrons have speed ranging from 0 to maximum, because before emitting a large number of collisions take place and energy is lost in collision.
X-किरण फोटान की ऊर्जा, पराबैंगनी फोटॉन की ऊर्जा से अधिक होती है। अतः V_0 तथा K_{max} बढेंगे।
इलेक्ट्रॉन की चाल की परास शून्य से अधिकतम होती है, क्योकि उत्सर्जन से पूर्व अनेक टक्कर होती है व टक्कर में ऊर्जा का व्यय होता है।

11. If a source of power 4 kW produces 10^{20} photons/second, the radiation belongs to a part of the spectrum called :
(1) X-rays (2*) ultraviolet rays (3) microwaves (4) γ-rays
यदि 4 kW शक्ति का एक स्त्रोत 10^{20} फोटॉन प्रति सेकण्ड उत्पन्न करता है, तब विकिरण स्पेक्ट्रम के इस भाग का सदस्य होगा
(1) एक्स किरणें (2*) पराबैंगनी किरणें (3) सूक्ष्मतरंगें (4) गामा किरणें

Sol. Energy of each photon = $\dfrac{4000}{10^{20}}$ = 4 × 10^{17}

$\lambda = \dfrac{12400 \times 1.6 \times 10^{-19}}{4 \times 10^{-17}}$ A^0 = 49.6 Å

It is in ultraviolet rays spectrum.

Sol. प्रत्येक फोटॉन की उर्जा = $\dfrac{4000}{10^{20}}$ = 4 × 10^{17}

$\lambda = \dfrac{12400 \times 1.6 \times 10^{-19}}{4 \times 10^{-17}}$ A^0 = 49.6 Å

यह X-किरण वर्णक्रम में है।

12. Energy required for the electron excitation in Li^{++} from the first to the thrid Bohr orbit is :
Li^{++} के लिये पहले से तीसरे बोर कक्ष में इलेक्ट्रॉन उत्तेजन के लिये आवश्यक ऊर्जा है :
(1) 12.1 eV (2) 36.3 eV (3*) 108.8 eV (4) 122.4 eV

Ans. **(3)**

Sol. $E_1 = -\dfrac{13.6(3)^2}{(1)^2}$

$E_3 = -\dfrac{13.6(3)^2}{(3)^2}$

$\therefore \quad \Delta E = E_3 - E_1$

$= 13.6(3)^2 \left[1 - \dfrac{1}{9}\right]$

$= \dfrac{13.6 \times 9 \times 8}{9}$

ΔE = 108.8 eV. **Ans.**

13. This question has statement –1 and statement –2. Of the four choices given after the statements, choose the one that best describes the two statements :

Statement –1 :

A metallic surface is irradiated by a monochromatic light of frequency $\nu > \nu_0$ (the threshold frequency). The maximum kinetic energy and the stopping potential are K_{max} and V_0 respectively. If the frequency incident on the surface is doubled, both the K_{max} and V_0 are also doubled.

Statement –2 :

The maximum kinetic energy and the stopping potential of photoelectrons emitted from a surface are linearly dependent on the frequency of incident light.

(1) Statement –1 is true, statement –2 is false.
(2) Statement –1 is true, Statement –2 is true, Statement –2 is the correct explanation of Statement –1
(3) Statement –1 is true, Statement –2 is true, Statement –2 is not the correct explanation of Statement–1
(4*) Statement–1 is false, Statement –2 is true

इस प्रश्न में प्रकथन––1 एवं प्रकथन –2 दिये गये हैं। प्रकथनों के बाद दिये गये चार विकल्पों में से उस विकल्प को चुनिए जो कि प्रकथनों का सही वर्णन करता है।

प्रकथन–1 :

आवृत्ति $\nu > \nu_0$ (देहली आवृत्ति) के एकवर्णी प्रकाश से एक धात्विक पृष्ठ को किरणित किया जाता है। अधिकतम गतिज ऊर्जा एवं अवरोधी विभव क्रमशः K_{max} एवं V_0 हैं। यदि पृष्ठ पर आपतित आवृत्ति दोगुनी कर दी जाए, दोनों K_{max} एवं V_0 भी दोगुने हो जाते हैं।

प्रकथन –2 :

पृष्ठ से उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रोनों की अधिकतम गतिज ऊर्जा एवं अवरोधी विभव आपतित प्रकाश की आवृत्ति पर रैखिक निर्भर करते हैं।

(1) प्रकथन –1 सही हैं, प्रकथन–2 गलत हैं

(2) प्रकथन –1 सही है, प्रकथन –2 सही है और प्रकथन –2 प्रकथन–1 की सही व्याख्या करता है।

(3) प्रकथन –1 सही है, प्रकथन –2 सही है और प्रकथन –2 प्रकथन–1 की सही व्याख्या नहीं करता है।

(4*) प्रकथन –1 गलत है, प्रकथन –2 सही है।

Ans. **(4)**

Sol. $h\nu = h\nu_0 + k_{max}$

$k_{max} = h\nu - h\nu_0$

14. After absorbring a slowly moving neutron of Mass m_N (momentum $\approx$ 0) a nucleus of mass M breaks into two nuclei of masses m_1 and $5m_1$ ($6\,m_1 = M + m_N$) respectively. If the de Broglic wavelength of the nucleus with mass m_1 is λ, the de Broglie wevelength of the nucleus will be:

एक धीमी गति से गतिशील m_N द्रव्यमान के न्यूट्रॉन (संवेग $\approx$0) का अवशोषण कर द्रव्यमान M का एक नाभिक द्रव्यमान क्रमशः m_1 तथा $5m_1$ के दो नाभिकों में टूटता है ($6\,m_1 = M + m_N$)। यदि द्रव्यमान m_1 वाले नाभिक की डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य λ है, तब दूसरे नाभिक की डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य होगी :

(1) 5λ (2) $\lambda/5$ (3*) λ (4) 25λ

Sol. $P_i = 0$

$P_f = P_1 + P_2$

$P_i = P_f$

$0 = P_1 + P_2$

$(P_1 = -P_2)$

$\lambda_1 = \dfrac{h}{P_1}$

$\lambda_2 = \dfrac{h}{P_2}$

$|\lambda_1| = |\lambda_2|$

$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$.

15. Hydrogen atom is excited from ground state to another state with principal quantum number equal to 4. Then the number of spectral lines in the emission spectra will be :

हाइड्रोजन परमाणु को इसकी निम्नतम अवस्था से मुख्य क्वाण्टम संख्या 4 वाली एक अवस्था पर उत्तेजित किया जाता है। तब उत्सर्जित स्पेक्ट्रम में स्पेक्ट्रल रेखाओं की संख्या होगी :

(1) 2 (2) 3 (3) 5 (4*) 6

Ans. (4)

Sol. If यदि n = 4

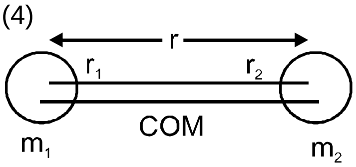
lines रेखाऐं= $\dfrac{n(n-1)}{2} = 6$

16. A diatomic molecule is made of two masses m_1 and m_2 which are separated by a distance r. If we calculate its rotational energy by applying Bohr's rule of angular momentum quantization, its energy will be given by : (n is an integer) ($\hbar = \frac{h}{2\pi}$)

एक द्विपरमाणुक अणु m_1 तथा m_2 के दो द्रव्यमानों से बना है जो कि दूरी r पर है। यदि कोणीय संवेग क्वाण्टीकरण के बोर के नियम को लगाकर हम इसकी घूर्णन ऊर्जा की गणना करें, तब इसकी ऊर्जा दी जाएगी : (n एक पूर्णांक है) ($\hbar = \frac{h}{2\pi}$)

(1) $\frac{(m_1+m_2)^2 n^2\hbar^2}{2m_1^2m_2^2r^2}$ (2) $\frac{n^2\hbar^2}{2(m_1+m_2)r^2}$ (3) $\frac{2n^2\hbar^2}{2(m_1+m_2)r^2}$ (4*) $\frac{(m_1+m_2)n^2\hbar^2}{2m_1m_2r^2}$

Ans. (4)



Sol.

$m_1r_1 = m_2r_2$

$r_1 + r_2 = r$

$\therefore \quad r_1 = \frac{m_2 r}{m_1+m_2}$

$r_2 = \frac{m_1 r}{m_1+m_2}$

$\therefore \quad \varepsilon = \frac{1}{2}I\omega^2$

$= \frac{1}{2}(m_1r_1^2 + m_2r_2^2).\omega^2$ ....(i)

$mvr = \frac{h}{2\pi} = I\omega$

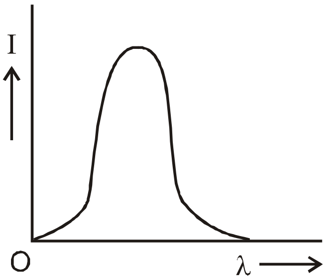
$\omega = \frac{nh}{2\pi I}$

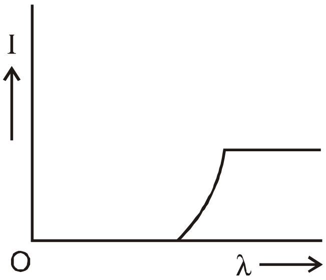
$\therefore \quad \varepsilon = \frac{1}{2} I. \frac{n^2h^2}{4\pi^2 I^2} = \frac{n^2h^2}{8\pi^2}\frac{1}{(m_1r_1^2+m_2r_2^2)}$

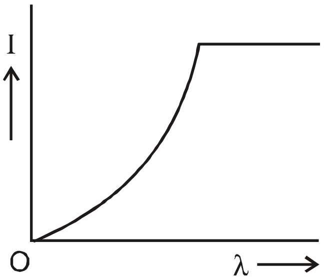
$= \frac{n^2h^2}{8\pi^2}\frac{1}{m_1\frac{m_2^2r_0^2}{(m_1+m_2)^2}} + m_2\frac{m_1^2r^2}{(m_1+m_2)^2}$

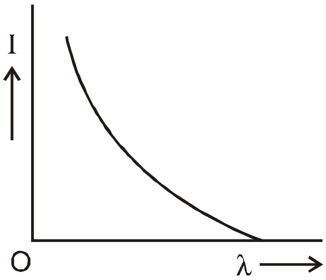
$= \frac{n^2h^2}{8\pi^2r^2}\frac{(m_1+m_2)^2}{m_1m_2(m_1+m_2)} = \frac{(m_1+m_2)\, n^2h^2}{8\pi^2r^2m_1m_2}$

17.# The anode voltage of a photocell is kept fixed. The wavelength λ of the light falling on the cathode is gradually changed. The plate current I of the photocell varies as follows :
एक फोटोसैल की एनोड वोल्टता नियत है। कैथोड पर आपतित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य λ धीरे–धीरे परिवर्तित की जाती है। फोटोसैल की प्लेट धारा I इस प्रकार परिवर्तित होती है :

(1) 

(2) 

(3) 

(4*) 

Sol. As λ is increased, there will be a value of λ above which photoelectrons will be cease to come out so photocurrent will become zero. Hance (4) is correct answer.
Ans (4)
जैसे जैसे λ का मान बढ़ाते है, तो λ के निश्चित मान के ऊपर फोटोइलेक्ट्रॉन निकलना बंद हो जाते है। अतः प्रकाश विद्युतधारा शून्य हो जायेगी। अतः (4) सही उत्तर है।
Ans (4)

18. In a hydrogen like atom electron makes transition from an energy level with quantum number n to another with quantum number (n–1). If n>>1, the frequency of radiation emitted is proportional to :
एक हाइड्रोजन समान परमाणु में इलेक्ट्रॉन क्वाण्टम संख्या n के ऊर्जा स्तर से एक दूसरे क्वाण्टम संख्या (n–1) के ऊर्जा स्तर पर संक्रमण करता है। यदि n>>1, तब उत्सर्जित विकिरण की आवृत्ति इसके समानुपाती है :

(1) $\frac{1}{n}$ (2) $\frac{1}{n^2}$ (3) $\frac{1}{n^{3/2}}$ (4*) $\frac{1}{n^3}$

Sol. $\Delta E = h\nu$

$$\nu = \frac{\Delta E}{h} = k\left[\frac{1}{(n-1)^2} - \frac{1}{n^2}\right] = \frac{k2n}{n^2(n-1)^2}$$

$$\approx \frac{2k}{n^3} \propto \frac{1}{n^3}$$ **Ans. (4)**

19. The radiation corresponding to $3 \rightarrow 2$ transition of hydrogen atom falls on a metal surface to produce photoelectrons. These electrons are made to enter a magnetic field of 3×10^{-4} T. If the radius of the largest circular path followed by these electrons is 10.0 mm, the work function of the metal is close to :
(1) 1.8 eV (2) 1.1 eV (3) 0.8 eV (4) 1.6 eV
हाइड्रोजन परमाणु के $3 \rightarrow 2$ संक्रमण के संगत विकिरण एव धातु पृष्ठ पर आपतित होकर फोटोइलेक्ट्रॉन उत्पन्न करता है। ये इलेक्ट्रॉन 3×10^{-4} T के एक चुम्बकीय क्षेत्र में प्रवेश करते है। यदि इलेक्ट्रॉनों द्वारा अनुगामी अधिकतम वृत्तीय पथ की त्रिज्या 10.0 mm, हो तब धातु का कार्य फलन लगभग है।
(1) 1.8 eV (2) 1.1 eV (3) 0.8 eV (4) 1.6 eV

Ans. **(2)**

Sol. $r = \frac{mv}{eB} \Rightarrow \frac{r^2e^2B^2}{2} = \frac{m^2v^2}{2}$

$\frac{r^2e^2B^2}{2m} = \frac{mv^2}{2}$

$1.89 - \phi = \frac{r^2e^2B^2}{2} \frac{1}{m\ e}$ eV $= \frac{r^2e\ B^2}{2\ m}$ eV

$= \frac{100 \times 10^{-6} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 9 \times 10^{-8}}{2 \times 9.1 \times 10^{-31}}$

$\phi = 1.89 - \frac{1.6 \times 9}{2 \times 9.1}$

$= 1.89 - 0.79 \cong 1.1$ eV

20. Hydrogen ($_1H^1$), Deuterium ($_1H^2$), singly ionised Helium $(_2He^4)^+$ and doubly ionised lithium $(_3Li^6)^{++}$ all have one electron around the nucleus. Consider an elelctron transition from n = 2 to n = 1. If the wave lengths of emitted radiation are λ_1, λ_2, λ_3, and λ_4 respectively then approximately which one of the following is correct ?

(1) $4\lambda_1 = 2\lambda_2 = 2\lambda_3 = \lambda_4$
(2) $\lambda_1 = 2\lambda_2 = 2\lambda_3 = \lambda_4$
(3) $\lambda_1 = \lambda_2 = 4\lambda_3 = 9\lambda_4$
(4) $\lambda_1 = 2\lambda_2 = 3\lambda_3 = 4\lambda_4$

हाइड्रोजन ($_1H^1$), ड्युटेरियम ($_1H^2$), एकधा आयनित हीलियम $(_2He^4)^+$ और द्विधा आयनित लीथियम $(_3Li^6)^{++}$ सभी में एक इलेक्ट्रॉन नाभिक के चारों ओर है। n = 2 से n = 1 के इलेक्ट्रॉन संक्रमण पर विचार कीजिए। यदि उत्सर्जित विकिरण की तरंगदैर्घ्य क्रमशः λ_1, λ_2, λ_3 एवं λ_4 है, तब निम्नलिखित सम्बन्धों में से कौनसा लगभग सही है ?

(1) $4\lambda_1 = 2\lambda_2 = 2\lambda_3 = \lambda_4$
(2) $\lambda_1 = 2\lambda_2 = 2\lambda_3 = \lambda_4$
(3) $\lambda_1 = \lambda_2 = 4\lambda_3 = 9\lambda_4$
(4) $\lambda_1 = 2\lambda_2 = 3\lambda_3 = 4\lambda_4$

Ans. **(3)**

Sol. $\frac{1}{\lambda} = Rz^2\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right)$

$\frac{1}{\lambda_1} = R\ (1)^2\left(3/4\right)$ $\qquad \frac{1}{\lambda_2} = R\ (1)^2\left(3/4\right)$

$\frac{1}{\lambda_3} = R\ 2^2\left(3/4\right)$ $\qquad \frac{1}{\lambda_4} = R\ 3^2\left(3/4\right)$

$\frac{1}{\lambda_1} = \frac{1}{4\lambda_3} = \frac{1}{9\ \lambda_4} = \frac{1}{\lambda_2}$

So option (3) is correct
अतः विकल्प (3) सही है।

21. As an electron makes a transition from an excited state to the ground state of a hydrogen - like atom/ion :

(1*) its kinetic energy increases but potential energy and total energy decrease
(2) kinetic energy, potential energy and total energy decrease
(3) kinetic energy decreases, potential energy increases but total energy remains same
(4) kinetic energy and total energy decrease but potential energy increases

जब कोई इलेक्ट्रॉन, होइड्रोजन जैसे परमाणु/आयन की उत्तेजित अवस्था से न्यूनतम ऊर्जा अवस्था में संक्रमण करता है तो उसकी:

(1*) गतिज ऊर्जा में वृद्धि तथा स्थितिज ऊर्जा तथा कुल ऊर्जा में कमी होती है।
(2) गतिज ऊर्जा, स्थितिज ऊर्जा तथा कुल ऊर्जा में कमी हो जाती है।
(3) गतिज ऊर्जा कम होती है, स्थितिज ऊर्जा बढ़ती है और कुल ऊर्जा वही रहती है।
(4) गतिज ऊर्जा व कुल ऊर्जा कम हो जाती हैं किन्तु, स्थितिज ऊर्जा बढ़ जाती है।

Ans. **(1)**

Sol. $KE \propto \left(\frac{Z}{n}\right)^2$

as n decreases KE increases and TE, PE decreases
n का मान घटने पर KE बढती है तथा TE, PE घटती है।

22. Match List-I (Fundamental Experiment) with List-II (its conclusion) and select the correct option from the choices given below the list :

	List - I		List - II
(A)	Franck-Hertz experiment	(i)	Particle nature of light
(B)	Photo-electric experiment	(ii)	Discrete energy levels of atom
(C)	Davisson-Germer experiment	(iii)	Wave nature of electron
		(iv)	Structure of atom

सूची I (मूल प्रयोग) का सूची -II (उसके परिणाम) के साथ सुमेलन (मैच) कीजिये और निम्नांकित विकल्पों में से सही विकल्प का चयन कीजिये :

	सूची- I		सूची - II
(A)	फ्रेंक हर्ट्स प्रायेाग	(i)	प्रकाश की कणिका प्रकृति
(B)	प्रकाश विद्युत प्रयोग	(ii)	अणु के विविक्त ऊर्जा स्तर
(C)	डेवीसन जर्मर प्रयोग	(iii)	इलेक्ट्रॉन की तंरग प्रकृत्ति
		(iv)	परमाणु की संरचना

(1) (A) - (i) (B) - (iv) (C) - (iii)
(2) (A) - (ii) (B)-(iv) (C) - (iii)
(3*) (A) - (ii) (B) (i) (C) -(iii)
(4) (A) - (iv) (B) - (iii) (C) - (ii)

Ans. **(3)**

Sol. (A) Franck – Hertz Experiment is associated with Discrete energy levels of atom

(B) Photo electric experiment is associated with particle nature of light and Davisson–Germer experiment is associated with wave nature of electron.

(A) फ्रेंक हर्ट्स प्रयोग अणुओं के विविक्त ऊर्जा स्तर से सम्बन्धित है।

(B) प्रकाश विद्युत प्रयोग प्रकाश की कणिका प्रकृति से सम्बन्धित है तथा डेवीसन जर्मन प्रयोग इलेक्ट्रॉन की तरंग प्रकृति से सम्बन्धित है।

23. Radiation of wavelength λ, is incident on a photocell. The fastest emitted electron has speed 'v'. If the wavelength is changed to $\frac{3\lambda}{4}$, the speed of the fastest emitted electron will be :

एक फोटो –सेल पर λ, तरंगदैर्ध्य का प्रकाश आपतित है। उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गति 'v' है। यदि तरंगदैर्ध्य $\frac{3\lambda}{4}$, हो तब उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन की अधिकतम चाल होगी।

(1) $< v\left(\frac{4}{3}\right)^{1/2}$ (2) $= v\left(\frac{4}{3}\right)^{1/2}$ (3) $= v\left(\frac{3}{4}\right)^{1/2}$ (4) $> v\left(\frac{4}{3}\right)^{1/2}$

Ans. **(4)**

$$\frac{hc}{\lambda} = w + \frac{1}{2}mv^2 \qquad \ldots(i)$$

$$\frac{hc}{\lambda'} = w + \frac{1}{2}m(v')^2$$

$$\frac{hc}{\left(\frac{3\lambda}{4}\right)} = w + \frac{1}{2}m(v')^2 \qquad \ldots(ii)$$

equation समीकरण $\left[(i)\times\frac{4}{3}\right] -$ (ii)

$$\frac{4hc}{3\lambda} - \frac{4}{3}\frac{hc}{\lambda} = \frac{4}{3}w + \frac{4}{3}\left(\frac{1}{2}mv^2\right) - w - \frac{1}{2}m(v')^2$$

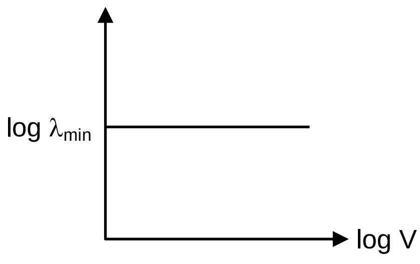
$$\Rightarrow \frac{4}{3}w + \frac{4}{3}\left(\frac{1}{2}mv^2\right) = w + \frac{1}{2}m(v')^2$$

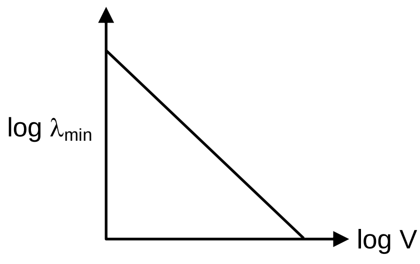
$$\Rightarrow \frac{1}{2}m(v')^2 = \frac{w}{3} + \frac{4}{3}\frac{1}{2}mv^2$$

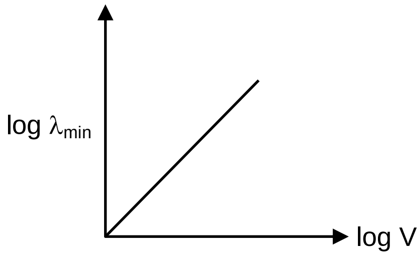
$$\Rightarrow \frac{1}{2}m(v')^2 > \frac{4}{3}\left(\frac{1}{2}mv^2\right) \Rightarrow \quad v' > \sqrt{\frac{4}{3}}v$$

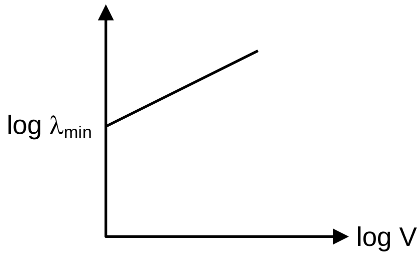
24. An electron bean is acceleration by a potential difference V to hit a metallic target to produce X-rays. It produces continuous as well as characteristic X-rays. If λ_{min} is the smallest possible wavelength of X-ray in the spectrum, the variation of log λ_{min} with log V is correctly represented in :

X-किरणें उत्पन्न करने के लिये एक इलेक्ट्रोन पुंज को विभवान्तर V से त्वरित करके धातु लक्ष्य पर आपतित किया जाता है। इससे अभिलाक्षणिक (characteristic) एवं अविरल (continuous) X-किरणें उत्पन्न होती है। यदि X-किरण स्पेक्ट्रम का न्यूनतम् संभव तरंगदैर्ध्य λ_{min} है तो log λ_{min} व log V के साथ बदलाव किस चित्र में सही दिखाया गया है।

(1) 

(2*) 

(3) 

(4) 

Ans. **(2)**

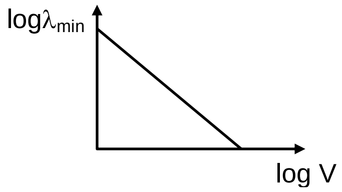
Sol. $eV = \frac{hc}{\lambda_{min}}$

$\lambda_{min} = \frac{12400}{eV}$

$\log(\lambda_{min}) = \log(12400) - \log(e) - \log(V)$

$\log\lambda_{min.} = C - \log V$

$\Rightarrow Y = C - mx$



25. A particle A of mass m and initial velocity υ collides with a particle B of mass $\frac{m}{2}$ which is at rest. The collision is head on, and elastic. The ratio of the de-Broglie wavelengths λ_A to λ_B after the collision is :

द्रव्यमान m एवं प्रारम्भिक वेग υ के एक कण A की टक्कर द्रव्यमान $\frac{m}{2}$ के स्थिर कण B से होती है। यह टक्कर सम्मुख एवं प्रत्यावस्था है। टक्कर के बाद डि–ब्रॉग्ली तरंगदैध्यों λ_A से λ_B का अनुपात होगा।

(1) $\frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{1}{2}$ (2) $\frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{1}{3}$ (3*) $\frac{\lambda_A}{\lambda_B} = 2$ (4) $\frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{2}{3}$

Ans. **(3)**

Sol.

Momentum Conservation संवेग संरक्षण से

$mv = mv_A + \frac{m}{2} v_B$ ...(i)

$e = \frac{v_B - v_A}{v} = 1$ ...(ii)

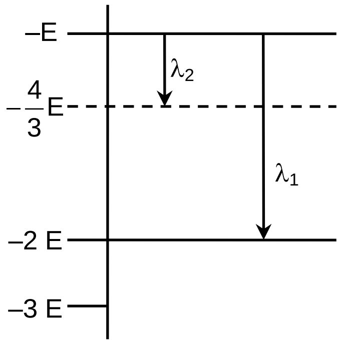
$2(v_B - v_A) = 2v_A + v_B$

$2v_B - v_B = 4v_A$

$v_B = 4v_A$

$\frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{m_B v_B}{m_A v_A} = \frac{m/2}{m} \times 4 = 2$

26. Some energy levels of a molecule are shown in the figure. The ratio of the wavelengths $r = \lambda_1/\lambda_2$, is given by :
एक अणु के कुछ ऊर्जा स्तरों की चित्र में दिखाया गया है। तरंगदैर्ध्यों के अनुपात $r = \lambda_1/\lambda_2$ का मान होगा।



(1*) $r = \frac{1}{3}$ (2) $r = \frac{4}{3}$ (3) $r = \frac{2}{3}$ (4) $r = \frac{3}{4}$

Ans. **(1)**

Sol. $(-E) - (-2E) = \frac{hc}{\lambda_1}$ ...(i)

$(-E) - (-\frac{4}{3}E) = \frac{hc}{\lambda_2}$ ...(ii)

Equation समीकरण (ii) / (i)

$$\frac{\frac{4}{3}-1}{2-1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{1}{3}$$

27. If the series limit frequency of the Lyman series is ν_L, then the series limit frequency of the Pfund series is :
यदि लाइमन श्रेणी की सीमा आवृति ν_L है जो फुण्ड श्रेणी की सीमा आवृति होगी–

(1) $\nu_L/16$ (2*) $\nu_L/25$ (3) $25\nu_L$ (4) $16\nu_L$

Sol. $h\nu_L = 13.6$ ev

$h\nu_p = \frac{13.6}{25}$ ev

$\frac{\nu_L}{\nu_P} = 25 \quad \Rightarrow \quad \nu_P = \frac{\nu_L}{25}$

28. An electron from various excited states of hydrogen atom emit radiation to come to the ground state. Let λ_n, λ_g be the de Broglie wavelength of the electron in the n^{th} state and the ground state respectively. Let Λ_n be the wavelength of the emitted photon in transition from the n^{th} state to the ground state. For large n, (A, B are constants)
एक इलेक्ट्रॉन किसी हाइड्रोजन परमाणु के विभिन्न उत्तेजित अवस्थाओं से विकिरण उत्सर्जित करके निम्नतम अवस्था में आ जाता है। माना कि λ_n तथा λ_g nवीं अवस्था तथा निम्नतम अवस्था में इलेक्ट्रॉन की डी ब्रोगली तंरगदैर्ध्य है। माना nवीं अवस्था से निम्नतम अवस्था में संक्रमण द्वारा उत्सर्जित फोटोन की तरंगदैर्घ्य Λ_n है। n के बड़े मान के लिए (यदि A तथा B स्थिरांक है)

(1) $\Lambda_n^2 \approx A + B\lambda_n^2$ (2) $\Lambda_n^2 \approx \lambda$ (3*) $\Lambda_n \approx A + \frac{B}{\lambda_n^2}$ (4) $\Lambda_n \approx A + B\lambda_n$

Sol. $V_n = \left(\frac{2\pi Ke^2}{h}\right)\frac{1}{n}$

$E_n = -\frac{1}{2}mv_n^2$

$\lambda_n = \frac{h}{mv_n} = \left(\frac{h^2}{m2\pi Ke^2}\right)n$ $\lambda_n >>> \lambda_g$

$\frac{hc}{\wedge_n} = E_n - E_1 = \frac{1}{2}m\left(v_1^2 - v_n^2\right)$

$\frac{hc}{\wedge_n} = \frac{1}{2}m\left(\left(\frac{h}{m\lambda_g}\right)^2 - \left(\frac{h}{m\lambda_n}\right)^2\right)$

$\frac{hc}{\wedge_n} = \frac{h^2}{2m}\left(\frac{1}{\lambda_g^2} - \frac{1}{\lambda_n^2}\right) = \frac{h^2}{2m\lambda_g^2}\left(1 - \frac{\lambda_g^2}{\lambda_n^2}\right)$

$\frac{\wedge_n}{hc} = \frac{2m\lambda_g^2}{h^2}\frac{1}{\left(1 - \frac{\lambda_g^2}{\lambda_n^2}\right)}$

since चूंकि $\frac{\lambda_g}{\lambda_n} <<< 1$ so using binomial expansion इसीलिए द्विपद प्रसार से

$\Lambda_n = \left(\frac{2mc\lambda_g^2}{h}\right)\left(1 + \frac{\lambda g^2}{\lambda_n^2}\right)$

$\Rightarrow \quad \Lambda_n = A + \frac{B}{\lambda_n^2}$

High Level Problems (HLP)

SUBJECTIVE QUESTIONS

विषयात्मक प्रश्न (SUBJECTIVE QUESTIONS)

1. A small particle of mass m moves in such a way that the potential energy U = $\frac{1}{2}mb^2r^2$, where *b* is a constant and *r* is the distance of the particle from the origin (Nucleus). Assuming Bohr model of quantization of angular momentum and circular orbits, show that radius of the *n*th allowed orbit is proportional to $\sqrt{n}$.

एक m द्रव्यमान का छोटा कण इस तरह गति करता है कि स्थितिज ऊर्जा U = $\frac{1}{2}mb^2r^2$ है जहाँ b एक स्थिरांक तथा r कण की मूल बिन्दु (नाभिक) से दूरी है। कोणीय संवेग के क्वाण्टीकरण तथा वृतीय कक्ष के बोहर सिद्धान्त को मानते हुये दर्शाइये की nवी कक्षा की त्रिज्या $\sqrt{n}$ के समानुपाती है।

Sol. $F = -\frac{\partial U}{\partial r} = -\left\{\frac{1}{2}2mb^2r\right\} = -mb^2r$ ....(i)

Quantiazation of angular momentum कोणीय संवेग के क्वांटीकरण से

$L = \frac{nh}{2\pi}$ ....(ii)

Centripetal force अभिकेन्द्रीय बल = $\frac{mv^2}{r}$

F will provide centripetal force So, from (i) F अभिकेन्द्रीय बल बल प्रदान करेगा समी० (i) से

So, इसलिए $mb^2r = \frac{mv^2}{r}$

$b^2r^2 = v^2$

$v = br$ ....(iii)

$L = mvr = mbr^2$

From (ii) समी० (ii) से

$mbr^2 = \frac{nh}{2\pi}$

$r^2 = \frac{n}{mb}\frac{h}{2\pi}$

So, इसलिए $r \propto \sqrt{n}$ Hence proved. सिद्ध होता है।

2. Suppose the potential energy between electron & proton at a distance *r* is given by $\frac{-ke^2}{3r^3}$. Use Bohr's theory to obtain energy levels of such a hypothetical hydrogen atom.

r दूरी पर इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन के बीच स्थितिज ऊर्जा $\frac{-ke^2}{3r^3}$ द्वारा दी जाती है। बोहर सिद्धान्त का उपयोग करके इस प्रकार के काल्पनिक हाइड्रोजन परमाणु के ऊर्जा स्तर प्राप्त कीजिए।

Ans. $E = \left(\frac{nh}{2\pi}\right)^6 \frac{1}{6\,(Ke^2)^2\,m^3}$

Sol. $F = -\frac{\partial U}{\partial r} = \frac{3Ke^2r^{-4}}{3} = Ke^2r^{-4}$

This force provide centripetal force so यह बल अभिकेन्द्रीय बल प्रदान करता है।

$F = \frac{mv^2}{r} = \frac{Ke^2}{r^4}$

$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\frac{Ke^2}{r^3}$

E_{total} = (Potential स्थितिज + Kinetic गतिज) ऊर्जा $= U + K = \frac{-Ke^2}{3r^3} + \frac{Ke^2}{2r^3} = \frac{Ke^2}{6r^3}$ ....(i)

Now, अब $mv^2 = \frac{Ke^2}{r^3}$

or या $m^2v^2 = \frac{Kme^2}{r^3}$

$mvr = \sqrt{\frac{Kme^2.r^2}{r^3}}$

$mvr = \sqrt{\frac{Kme^2}{r}}$

Now, quantization of angular momentum gives कोणीय संवेग के क्वाण्टीकरण से

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

$\frac{nh}{2\pi} = \sqrt{\frac{Kme^2}{r}}$

$r = \frac{Kme^2}{(nh/2\pi)^2}$

$r^3 = \frac{(Kme^2)^3}{(nh/2\pi)^6}$

Putting r^3 in equ. (i) r^3 को समी० (i) में रखने पर

$T = \frac{Ke^2}{6}\left(\frac{nh}{2\pi}\right)^6.\left(\frac{1}{Ke^2m}\right)^3.$

3. In a transition to a state of excitation energy 10.19 eV a hydrogen atom emits a 4890 A° photon. Determine the binding energy of the initial state. Also find the nature of transition?
10.19 eV उत्तेजन ऊर्जा की अवस्था में संक्रमण में हाइड्रोजन परमाणु 4890 Å का फोटॉन उत्सर्जित करता है। प्रारम्भिक अवस्था की बन्धन ऊर्जा ज्ञात करो। संक्रमण की अवस्था भी ज्ञात करो।

Ans. $\frac{13.6}{(4)^2}$ =0.85eV(n = 4 to से n= 2)

Sol. Let initially atom is in n^{th} energy excited state
माना प्रारम्भ में इलेक्ट्रॉन n^{th} उत्तेजित अवस्था में
Energy of n^{th} level
n वें स्तर की ऊर्जा

$\therefore$ $E_n = -\frac{13.6}{n^2}$

Excitation energy is the magntude of the difference of the energy of the energy level so
उत्तेजन ऊर्जा, ऊर्जा स्तरों की ऊर्जाओं के अन्तर का परिमाण है अतः

Excitation energy उत्तेजन ऊर्जा $= E_n - E_1$

$\Rightarrow$ $13.6 - \frac{13.6}{n^2} = 10.19$

$\Rightarrow \quad \frac{13.6}{n^2} = 13.6 - 10.19 = 3.41$

$\Rightarrow \quad n^2 = 3.98 \quad \Rightarrow \quad n \simeq 2$

So, finally atom is in 1st excited state during the transition from higher one.
अतः अधिकतम एक से संक्रमण के दौरान प्रथम उत्तेजित अवस्था में परमाणु होंगे

Now energy corresponding to 4890Å photon is अब 4890Å फोटॉन की संगत ऊर्जा

Now, अब $\quad \Delta E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{4890 \times 10^{-10} \times 1.6 \times 10^{-19}}$ eV
$= 2.53$ eV

Now, let atom makes transition from n^{th} state to n = 2 and emitting 2.53 eV photon
अब माना परमाणु n^{th} वी अवस्था से n = 2 में संक्रमण करते है तथा 2.53 eV फोटॉन उत्सर्जित करते है।

$\therefore \quad E_n - E_2 = 2.53$ eV (initially at $n_i = 2$) (प्रारम्भ में $n_i = 2$ पर)

or या $\quad -\frac{13.6}{n^2} + \frac{13.6}{2^2} = 2.53$ (finally at $n_f = n$) (अन्ततः $n_f = n$ पर)

or या $\quad \frac{13.6}{n^2} = \frac{13.6}{4^2} - 2.53 = 0.87$

$\Rightarrow \quad n^2 = \frac{13.6}{0.87} \approx 16 \Rightarrow n = 4 \quad \Rightarrow$ initial state प्रारम्भिक अवस्था

$\therefore$ Transition is from n = 4 to n = 2.
n = 4 से n = 2 में स्थानान्तरित होगा।

Binding energy of the initial state (n = 4) = $\frac{13.6}{4^2} = 0.85$ eV.

प्रारम्भिक अवस्था की बन्धन ऊर्जा (n = 4) = $\frac{13.6}{4^2} = 0.85$ eV

4. Suppose in certain conditions only those transitions are allowed to hydrogen atoms in which the principal quantum number n change by 2 (i) Find the smallest wavelength emitted by hydrogen (ii) List the wavelengths emitted by hydrogen in the visible range (380 nm to 780 nm)
यह मानिए कि कुछ स्थितियों में हाइड्रोजन परमाणु में केवल वही संक्रमण सम्भव है जिसमें मुख्य क्वान्टम संख्या n, 2 से बदलती है। (i) हाइड्रोजन द्वारा उत्सर्जित न्यूनतम तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो। (ii) दृश्य परास (380 nm से 780 nm) में हाइड्रोजन द्वारा उत्सर्जित तरंगदैर्ध्यों की सूची बताइये।

Ans: (a) $\frac{9}{8R} = 103$ nm (b) $\frac{16}{3R} = 487$ nm

Sol. Allowed energy of hydrogen atom are हाइड्रोजन परमाणु की ऊर्जा

$E_1 = -13.6$ eV, $\quad E_2 = -3.4$ eV, $\quad E_3 = -1.5$ eV, $\quad E_4 = -0.85$ eV.
$E_5 = -0.54$ eV, $\quad E_6 = -0.37$ eV, $\quad E_7 = -0.27$ eV, $\quad E_8 = -0.2$ eV.

For emission of the smallest wavelength we must wave ΔE_{max}.
न्यूनतम तरंगदैर्ध्य के उत्सर्जन के लिए ΔE_{max} होना चाहिए।

$\Delta E_{max} = E_3 - E_1$
$= 13.6 - 1.5 = 12.1$ eV.

corresponding सम्बंधित $\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{1242 \text{ eV} - \text{nm}}{12.1} = 103$ nm.

Any transition to n = 2 will lie in the visible range. so for the allowed transitions
दृश्य परास में n = 2 तक कोई सा भी संक्रमण होगा। अतः अनुमत संक्रमण के लिए
only transition from n= 4 to n = 2 will be falling in the visible range
n = 4 से n = 2 तक के संक्रमण दृश्य परास में होंगे

$\Delta E = E_4 - E_2 = 2.55$ eV

corresponding सम्बंधित $\lambda = \frac{hc}{\Delta E} = 487$ nm.

5. Find the velocity of photoelectrons liberated by electromagnetic radiation of wavelength λ = 18.0 nm from stationary He^+ ions in the ground state.
मूल अवस्था में स्थिर He^+ आयन से उत्सर्जित λ = 18.0 nm तरंग दैर्ध्य वाली विद्युत चुम्बकीय तरंग से उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रॉन का वेग ज्ञात कीजिये।

Ans. $\sqrt{\frac{2}{m_e}.\left[\frac{10^9 hc}{18} - 54.4\ e\right]}$ = 2.2 × 10^6 m/s

Sol. $E_n = \frac{-13.6\ z^2}{n^2}$

For He^+ के लिए z = 2

$\therefore$ $E_n = -\frac{54.4}{n^2}$ eV

Ground state energy of He^+ मूल अवस्था में He^+ की ऊर्जा

E_1 = – 54.4 eV $|E_1|$ = 54.4 eV

$\therefore$ ϕ = 54.4 eV work function for He^+ का कार्यफलन

Incident energy आपतित ऊर्जा = $\frac{hc}{\lambda} = \frac{6.6\times10^{-34}\times3\times10^8}{18\times10^{-9}\times1.6\times10^{-19}}$ = 68.75 eV

$(kE)_{max} = E - \phi$

$\therefore$ KE_{max} = 68.75 – 54.4 = 14.35 eV

$\therefore$ $\left(\frac{1}{2}mv^2\right)_{max}$ = 14.35 × 1.6 × 10^{-19}

or या $v_{max} = \sqrt{\frac{2\times14.35\times1.6\times10^{-19}}{9.1\times10^{-3}}}$

$\Rightarrow$ $v_{max} = \sqrt{5.04\times10^{12}}$ = 2.2 × 10^6 m/s

6. (I) Find the maximum wavelength λ of light which can ionize a H-atom in ground state.
(II) Light of wavelength λ is incident on a H-atom which is in its first excited state. Find the kinetic energy of the electron coming out.
(I) प्रकाश की अधिकतम तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो जो मूल अवस्था में हाइड्रोजन परमाणु को आयनित कर सकें
(II) पहली उतेजन अवस्था वाले हाइड्रोजन परमाणु पर λ तरंगदैर्ध्य वाला प्रकाश आपतित होता है। बाहर निकलने वाले इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा ज्ञात करो

Ans. (I) 913Å, (II) 10.2 eV

Sol. (I) $E_n = -\frac{13.6}{n^2}$ (for H – atom)(H-परमाणु के लिए)

E = 13.6 ev (Ground state) (मूल अवस्था)

Ionisation energy आयनीकरण ऊर्जा = 13.6 eV

Max. wave length req. आवश्यक अधिकतम तरंगदैर्ध्य

13.6 × 1.6 × 10^{-19} = $\frac{hc}{\lambda_{max}} = \frac{6.6\times10^{-34}\times3\times10^8}{\lambda_{max}}$ $\Rightarrow$ $\lambda_{max.}$ = 913 Å

(II) First excited state प्रथम उत्तेजित अवस्था n = 2

total energy of electron इलेक्ट्रॉन की कुल ऊर्जा

$\therefore$ $E_{n=2} = -\frac{13.6}{4}$ eV = – 3.4eV

$\therefore$ So work function इसलिए कार्य फलन ϕ = 3.4eV

maximum Kinetic energy = Energy incident – work function
अधिकतम गतिज ऊर्जा = आपतित ऊर्जा – कार्य फलन

$\Rightarrow$ 13.6 – 3.4 = 10.2 eV

7. A beam of monochromatic light of wavelength λ ejects photoelectrons from a cesium surface (Φ = 1.9 eV) These photoelectrons are made to collide with hydrogen atoms in ground state .Find the maximum value of λ for which (a) hydrogen atoms may be ionised (b) hydrogen atoms may get excited from the ground state to the first excited state and (c) the excited hydrogen atoms may emit visible light.
एक λ तरंगदैर्ध्य वाला एक वर्णी प्रकाश पुंज सीजियम सतह (कार्य फलन Φ = 1.9 eV) पर आपतित होकर फोटो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करता है। ये फोटो इलेक्ट्रॉन मूल अवस्था वाले हाइड्रोजन परमाणु से टकराते हैं। λ का अधिकतम मान ज्ञात करिये जिसके लिये (a) हाइड्रोजन परमाणु आयनित हो सके (b) हाइड्रोजन परमाणु मूल अवस्था से पहली उत्तेजित अवस्था तक उत्तेजित हो सके। (c) उत्तेजित हाइड्रोजन परमाणु दृश्य प्रकाश का उत्सर्जन कर सके।

Ans : (a)$\lambda = \dfrac{hc}{(13.6+1.9)\ eV}$ = 80 nm ; (b) $\lambda = \dfrac{hc}{(10.2+1.9)\ eV}$ = 102 nm ; (c) $\dfrac{hc}{(12.08+1.9)\ eV}$ = 89 nm

Sol. To ionize the H atom in ground state minimum K.E. of photoelectron needed = 13.6 eV.
मूल अवस्था में हाइड्रोजन परमाणु को आयनित करने के लिए आवश्यक फोटो इलेक्ट्रोन की न्यूनतम गतिज ऊर्जा = 13.6 eV.
and तथा ϕ = 1.9 eV

$\Rightarrow$ Minimum energy (or maximum wavelength) incident = 13.6 + 1.9 = 15.5 eV
$\Rightarrow$ आपतित न्यूनतम ऊर्जा (या अधिकतम तरंगदैर्ध्य) = 13.6 + 1.9 = 15.5 eV

or $\lambda_{max.} = \dfrac{6.6\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{15.5\times1.6\times10^{-19}}$ = 80 nm

(b) $\Delta E = 13.6\left(\dfrac{1}{1}-\dfrac{1}{2^2}\right)$

$= \dfrac{3\times13.6}{4}$ = 10.2 eV = minimum K.E. of photoelectron needed and ϕ = 1.9 eV

$= \dfrac{3\times13.6}{4}$ = 10.2 eV = आवश्यक फोटो इलेक्ट्रोन की न्यूनतम गतिज ऊर्जा ϕ = 1.9 eV

$\Rightarrow$ Minimum energy (or maximum wavelength) incident = 10.2 + 1.9 = 12.1 eV
$\Rightarrow$ आपतित न्यूनतम ऊर्जा (या अधिकतम तरंगदैर्ध्य) = 10.2 + 1.9 = 12.1 eV

or या $\lambda_{max} = \dfrac{6.6\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{12.1\times1.6\times10^{-19}}$ = 102 nm

(c) Any transition to n = 2 from higher state in a H – atom results in the emission of visible light. So H - atom must reach at least in 2nd excited state (n = 3) for this,
the minimum K.E. of photoelectrons needed = $E_3 - E_1$ = – 1.54 + 13.6 = 12.08 eV
H परमाणु में किसी भी उच्च ऊर्जा स्तर से n = 2 में सक्रमण से दृश्य प्रकाश का उत्सर्जन होता है अतः H – परमाणु कम से कम 2nd उत्तेजित अवस्था (n = 3) मे पहुचेगा। इसके लिए
आवश्यक फोटो इलेक्ट्रान की न्यूनतम गतिज ऊर्जा = $E_3 - E_1$ = – 1.54 + 13.6 = 12.08 eV
and तथा ϕ = 1.9 eV

minimum energy incident आपतित न्यूनतम ऊर्जा $\dfrac{hc}{\lambda_{max}}$ = 12.08 + ϕ = 12.08 + 1.9 = 13.98 eV

$\therefore \lambda_{max} = \dfrac{6.6\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{13.98\times1.6\times10^{-19}}$ = 89 nm

8. Hydrogen atom in its ground state is excited by means of monochromatic radiation of wave length 975A°. How many different lines are possible in the resulting spectrum? Calculate the longest wavelength among them. You may assume the ionization energy of hydrogen atom as 13.6 eV.
मूल अवस्था वाले हाइड्रोजन परमाणु को 975A° तरंगदैर्ध्य वाली एक वर्णी विकिरण द्वारा उत्तेजित किया जाता है। इसके परिणामस्वरूप स्पैक्ट्रम में कितनी विभिन्न संभावित रेखाऐं होगी। उनमें से सबसे अधिक लम्बी तरंगदैर्ध्य ज्ञात करो। आप यह मान सकते हैं कि हाइड्रोजन परमाणु की आयनन ऊर्जा 13.6 eV. है।

Ans. 6, $\lambda_{min} = \dfrac{16\times9}{7R}$ = 18800 A°,

Sol. $\lambda = 975$ Å

$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{975 \times 10^{-10} \times 1.6 \times 10^{19}}$

$= 0.0126 \times 10^3$ eV

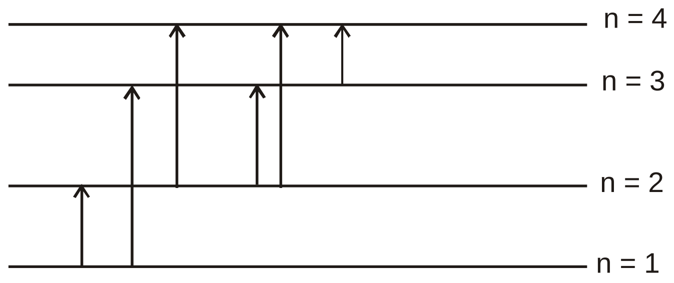
$= 12.6$ eV

If n is the highest state. यदि n अधिकतम स्थिति होगी।

$12.6 = 13.6 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right) \Rightarrow$ solving सरल करने पर n = 4

Total no. of transtions = $\frac{(n-1) \times n}{2} = 6$

कुल 6 संक्रमण होगे



longest wave length meets for n = 4 to n = 3

सबसे अधिक लम्बी तरंगदैर्ध्य के लिए n = 4 से n = 3

$\frac{1}{\lambda_{max}} = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2}\right) = R\left(\frac{16-9}{9 \times 16}\right) = \frac{7R}{16 \times 9}$

$\therefore \lambda_{max} = \frac{16 \times 9}{7R}$

9. Average life time of a hydrogen atom excited to n = 2 state is 10^{-8} s. Find the number of revolutions made by the electrons on the average before it jumps to ground state.

n = 2 उत्तेजित अवस्था वाले हाइड्रोजन परमाणु का औसत आयुकाल 10^{-8} s है। इलेक्ट्रॉन के मूल अवस्था में आने से पहले लगाये गये औसत चक्कर ज्ञात करो।

Ans: $10^{-8} \times \frac{2.19 \times 10^{6}}{2\pi(0.529 \times 10^{-10})} \times \frac{(1)^2}{(2)^3} = 8.2 \times 10^6$

Sol. Orbital frequency कक्षीय आवृती

$f = \frac{\text{Velocity}}{2\pi r}\ \frac{\text{वेग}}{2\pi r} = \frac{v_n}{2\pi r_n}$

velocity of the electron in n^{th} orbital

n^{th} कक्षा के इलेक्ट्रॉन का वेग

$v_n = \frac{2.2 \times 10^6 Z}{n}$ m/s $= \frac{2.2 \times 10^6 (1)}{2}$ n = 2 z = 1

$= 1.1 \times 10^6$ ms^{-1}

Now radius अब त्रिज्या

$r_n = 0.53 \times 10^{-10}\ \frac{n^2}{z}$ $= 4 \times 0.53 \times 10^{-10}$ m $= 2.12 \times 10^{-10}$ m

f = number of revolution in one sec एक सेकण्ड में चक्करो की संख्या $= \frac{v_n}{2\pi r_n}$

$\therefore$ number of revolution चक्करों की संख्या

$N = f \times t = \frac{1.1 \times 10^6}{2\pi \times 2.12 \times 10^{-10}} \times 10^{-8} = 8.2 \times 10^6$ revolution चक्कर

10. In a hydrogen like ionized atom a single electron is orbiting around a stationary positive charge. If a spectral line of λ equal to 4861Å is observed due to transition from n = 12 to n = 6. What is the wavelength of a spectral line due to transition from n = 9 to n = 6 and also identify the element.

एक हाइड्रोजन समान आयनित परमाणु में एक एकल इलेक्ट्रॉन स्थिर धनात्मक आवेश के चारों ओर कक्षीय रूप में घूम रहा है। यदि n=12 से n = 6 के स्थानान्तरण में 4861Å तरंगदैर्ध्य वाली स्पैक्ट्रम रेखा प्राप्त की जाती है। n = 9 से n = 6 के स्थानान्तरण के कारण प्राप्त स्पैक्ट्रम रेखा की तरंगदैर्ध्य क्या होगी तथा तत्व भी बताइये।

Ans. 6563 Å, Z = 3

Sol. Let the ground state energy for the given atom = E_0 .

दिये गये परमाणु के लिए मूल अवस्था की ऊर्जा = E_0 .

for the transition $n_i = 12$ $n_f = 6$

$n_i = 12$ से $n_f = 6$ में संक्रमण के लिए

$$\Delta E_1 = E_0\left(\frac{1}{n^2}-\frac{1}{m^2}\right) \qquad = E_0\left[\left(\frac{1}{12}\right)^2-\left(\frac{1}{6}\right)^2\right]$$

for the transition $n_i = 9$ $n_f = 6$

$n_i = 9$ से $n_f = 6$ में संक्रमण के लिए

$$\Delta E_2 = E_0\left(\frac{1}{81}-\frac{1}{36}\right).$$

$$\Delta E_1 = \frac{hc}{\lambda}.$$

$$\Delta E_1 = \frac{hc}{\lambda_1} = E_0\left(\frac{1}{144}-\frac{1}{36}\right) = \frac{-3E_0}{4\times 36} \qquad ......(i)$$

$$\Delta E_2 = \frac{hc}{\lambda_2} = E_0\left(\frac{1}{144}-\frac{1}{36}\right) = \frac{-\ 5E_0}{9\times 36} \qquad .....(ii)$$

Dividing (i) by (ii), (i) का (ii) में भाग देने पर,

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{27}{20}$$

$$\lambda_2 = \frac{27}{20}\times\ 9861\ \text{Å}$$

$$= 6563\ \text{Å}.$$

$$\frac{-\ 3E_0}{4\times 36} = \frac{hc}{4861\ \ A^o} = 2.55\ eV$$

$E_0 = -Z^2 \times 13.6$ eV. (13.6 ground state energy for hydrogen atom).
(13.6 हाइड्रोजन परमाणु की मूल अवस्था में ऊर्जा है।)

As E_0 is the ground state energy for the given ion

दिये गये आयन के लिए E_0 मूल अवस्था में ऊर्जा है।

$\therefore$ $E_0 = -Z^2 \times 13.6$ eV. or या $Z^2 = 9$ or

Z = 3

11. For atoms of light and heavy hydrogen (H and D) find the difference;

(a) between the binding energies of their electrons in the ground state.

(b) between the wavelengths of first lines of the Lyman series.

हाइड्रोजन के हल्के तथा भारी परमाणु (H और D) के लिये अन्तर ज्ञात करो

(a) मूल अवस्था में इलेक्ट्रॉन की बन्धन ऊर्जा के मध्य

(b) लाइमन श्रेणी की पहली रेखा की तरंगदैर्ध्य के मध्य

Ans. $E_D - E_H = 3.7$ meV, $\lambda_H - \lambda_D = 33$ pm

Sol. (a) $(E_n)_H = -13.6 \times \dfrac{1}{1+\dfrac{m_e}{m_H}}.\dfrac{1}{n_2}$ eV

$(E_n)_D = -13.6 \times \dfrac{1}{1+\dfrac{m_e}{m_D}}.\dfrac{1}{n_2}$ eV

$$\Delta E = 13.6 \times \left(\frac{1}{1+\frac{m_e}{m_D}} - \frac{1}{1+\frac{m_e}{m_H}}\right) \text{ eV}$$

$$\approx 13.6 \left[\left(2-\frac{m_e}{m_D}\right)-\left(1-\frac{m_e}{m_H}\right)\right] \text{ eV}$$

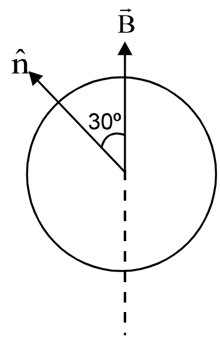
= 3.7 mV

(b) $\dfrac{1}{\lambda_H} = \dfrac{1}{1+\dfrac{m_e}{m_H}}.R_\infty\left(1-\dfrac{1}{4}\right)$

$\dfrac{1}{\lambda_D} = \dfrac{1}{1+\dfrac{m_e}{m_D}}.\ R_\infty\left(1-\dfrac{1}{4}\right)$

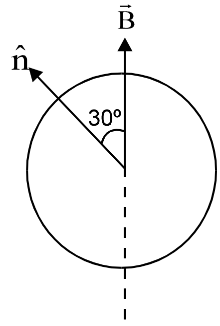
$\lambda_H - \lambda_D = 33$ pm

12.# An electron in the ground state of hydrogen atoms is revolving in anti clock wise direction in a circular orbit of radius R.



(i) Obtain an expression for the orbital magnetic dipole moment of the electron.
(ii) The atom is placed in a uniform magnetic induction, such that the plane normal to the electron orbit make an angle of 30º with the magnetic induction. Find the torque experienced by the orbiting electron.

हाइड्रोजन परमाणु की मूल अवस्था (ground state) में एक इलेक्ट्रॉन R त्रिज्या की वृत्ताकार कक्षा में वामावर्त दिशा में घूम रहा है।



(i) इलेक्ट्रॉन के कक्षीय चुम्बकीय द्विध्रुव आघूर्ण के लिये व्यंजक ज्ञात करो।

(ii) परमाणु को एक समान चुम्बकीय प्रेरण B में इस प्रकार रखा गया है कि इलेक्ट्रॉन की कक्षा के लम्बवत् तल, चुम्बकीय प्रेरण के साथ 30º का कोण बनाता है। कक्षीय गति अवस्था में इलेक्ट्रॉन पर कार्यरत बल आघूर्ण ज्ञात करो।

Ans. **(i)** $\frac{h\,e}{4\,\pi\,m}$ **(ii)** $\frac{h\,e\,B}{8\,\pi\,m}$

Sol. **(i)** In ground state (n = 1), according to Bohr's theory :

(i) मूल अवस्था (n = 1) में, बोहर सिद्धान्त के अनुसार

$$mvR = \frac{h}{2\pi} \quad \text{or या} \quad v = \frac{h}{2\pi mR}$$

Now time period अब: आवर्तकाल $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi R}{h/2\pi mR} = \frac{4\pi^2 mR^2}{h}$

Magnetic moment चुम्बकीय आघूर्ण M = iA

where जहां $i = \frac{\text{Charge}}{\text{Time period}}\ \frac{\text{आवेश}}{\text{आर्वतकाल}} = \frac{e}{\frac{4\pi^2 mR^2}{h}} = \frac{eh}{4\pi^2 mR^2}$

and और $A = \pi R^2$

$\therefore \quad M = (\pi R^2)\left(\frac{eh}{4\pi^2 mR^2}\right)$

or या $M = \left(\frac{eh}{4\pi\ m}\right)$ **Ans. (i)**

Direction of magnetic moment $\vec{M}$ is perpendicular to the plane of orbit

चुम्बकीय आघूर्ण $\vec{M}$ की दिशा कक्षा के तल के लम्बवत् है।

(ii) $\vec{\tau} = \vec{M} \times \vec{B}$

or या $\tau = MB \sin\theta$

where θ is the angle between $\vec{M}$ and $\vec{B}$ जहाँ θ, $\vec{M}$ व $\vec{B}$ के मध्य कोण है

$\theta = 30^o$

$\therefore \quad \tau = \left(\frac{eh}{4\pi m}\right) B \sin 30^o$

$\therefore \quad \tau = \frac{ehB}{8\pi m}$ **Ans. (ii)**

The direction of $\vec{\tau}$ is perpendicular to both $\vec{M}$ and $\vec{B}$.

$\vec{\tau}$ की दिशा $\vec{M}$ व $\vec{B}$ दोनों के लम्बवत् है।

13. A proton and an electron, both at rest initially, combine to form a hydrogen atom in ground state. A single photon is emitted in this process. What is the wavelength ?
एक प्रोटोन तथा एक न्यूट्रोन जो प्रारम्भ में विराम पर है मूल अवस्था में संयुक्त होकर हाइड्रोजन परमाणु बनाते हैं। एक एकल फोटोन इस प्रक्रिया में उत्सर्जित होता है। तरंगदैर्ध्य क्या होगी ?

Sol. $\lambda = \dfrac{12400 \quad eV}{13.6 \quad eV} = 911.\ 76\ \text{Å} \approx 912\ \text{Å}$

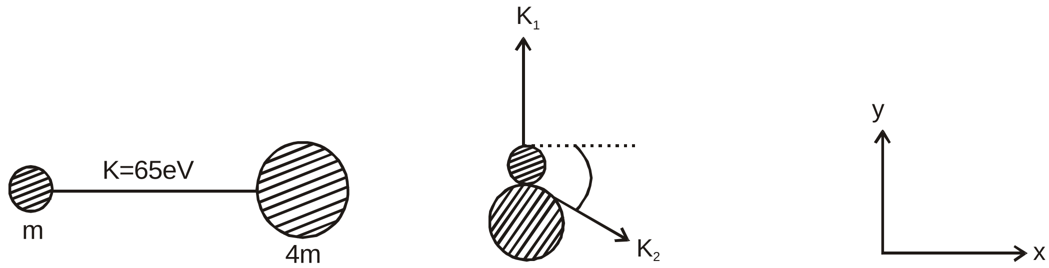
14. **MP-I ALP (Sub.)**
A neutron of kinetic energy 65 eV collides inelastically with a singly ionized helium atom at rest. It is scattered at an angle of 90º with respect of its original direction.
65 eV गतिज ऊर्जा का एक न्यूटॉन विराम अवस्था में स्थित एकल आयनित हीलियम परमाणु से अप्रत्यास्थ रूप से टकराता है यह इसकी मूल दिशा के सापेक्ष 90º के कोण पर प्रकिर्णित होता है

(a) Find the allowed values of the energy of the neutron and that of the atom after the collision.
टक्कर के पश्चात् न्यूटॉन तथा हीलियम परमाणु की ऊर्जा का अनुमत मान ज्ञात करों।

(b) If the atom gets de-excited subsequently by emitting radiation, find the frequencies of the emitted radiation. [Given : Mass of He atom = 4 × (mass of neutrons Ionization energy of H atom = 13.6 eV]
यदि परमाणु विकिरण उत्सर्जन के पश्चात उत्तेजित अवस्था प्राप्त करता है तब उत्सर्जित विकिरण की आवृति ज्ञात करो। [दिया गया : हीलियम परमाणु का द्रव्यमान = 4 × (न्यूटॉन का द्रव्यमान, हाइड्रोजन परमाणु की आयनन ऊर्जा = 13.6 eV]

Ans. **(a) 6.36 eV, 0.312 eV (of neutron), 17.84 eV, 16.328 eV (of atom)**
6.36 eV, 0.312 eV (का न्यूट्रॉन), 17.84 eV, 16.328 eV (का परमाणु)
(b) 1.82×10^{15} Hz, 11.67×10^{15} Hz, 9.84×10^{15} Hz.

Sol. Let K_1 and K_2 be the kinetic energies of neutron and helium atom after collision and ΔE be the excitation energy.
माना K_1 तथा K_2 टक्कर के पश्चात् न्यूट्रॉन तथा हीलियम परमाणु की गतिज ऊर्जा है तथा ΔE उत्तेजन ऊर्जा है।



From conservation of linear momentum along x-direction.
x-अक्ष के अनुदिश रेखीय संवेग संरक्षण से

$$P_i = P_f$$

$\Rightarrow \quad \sqrt{2Km} = \sqrt{2(4m)K_2}\cos\theta \ (P = \sqrt{2Km}\ )$ ....(1)

Similarly , applying conservation of linear momentum in y-direction , we have
इसी प्रकार y-दिशा में संवेग संरक्षण लगाने पर, हम प्राप्त कर सकते है

$\sqrt{2K_1m} = \sqrt{2(4m)K_2}\sin\theta$ ....(2)

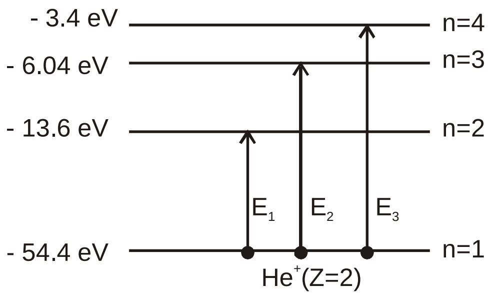
Squaring and adding equation (1) and (2) , we get
(1) तथा (2) , का वर्गकर जोड़ने पर हम प्राप्त करते है

$K + K_1 = 4K_2$ ....(3)

or $\quad 4K_2 - K_1 = K = 65$ eV ....(4)

Now , during collision , electron can be excited to any higher energy state. Applying conservation of energy , we get $K = K_1 + K_2 + \Delta E$

टक्कर के दौरान इलेक्ट्रॉन किसी भी उच्च ऊर्जा स्तर में उत्तेजित हो सकता है, उर्जा संरक्षण आरोपित करने पर हम प्राप्त करते है $K = K_1 + K_2 + \Delta E$



or $65 = K_1 + K_2 + \Delta E$ ....(5)

ΔE can have the following values , ΔE के निम्न मान प्राप्त कर सकते है

$\Delta E_1 = \{-13.6 - (-54.4)\}$ eV = 40.8 eV

Substituting in (5) , we get (5) में प्रतिस्थापित करने पर, हम प्राप्त करते है

$K_1 + K_2 = 24.2$ eV

Solving (4) and (6) , we get (4) तथा (6), को हल करने पर हम प्राप्त करते है

$K_1 = 6..36$ eV and $K_2 = 17.84$ eV

Similarly , when we put $\Delta E = \Delta E_2$ इसी प्रकार, जब हम $\Delta E = \Delta E_2$ प्रतिस्थापित करते है

$= \{-6.04 - (54.4)\}$ eV

= 51 eV

in equation (5) , we get समीकरण (5) में प्रतिस्थापित करने पर, हम प्राप्त करते है

$K_1 + K_2 = 14$ eV ......(8)

Now , solving (4) and (8) , we get (4) तथा (8) को हल करने पर हम प्राप्त करते है

$K_1 = -1.8$ eV and तथा $K_2 = 15.8$ eV

But since the kinetic energies cannot have the negative values , the electron will not jump to third excited state of n = 4.

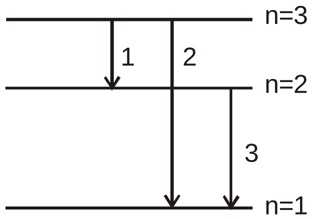
किन्तु चुंकि गतिज ऊर्जा ऋणात्मक नहीं हो सकती अतः इलेक्ट्रॉन तृतीय उत्तेजित अवस्था में नहीं पहुचेगा

Therefore , the allowed values of K_1 (KE of neutron) are 6.36 eV and 0.312 eV and of K_2 (KE of the atom) are 17.84 eV and 16.238 eV and the electron can jump upto second exicted state only (n = 3).

अतः K_1 (न्यूट्रॉन की गतिज ऊर्जा) का अनुमत मान 6.36 eV तथा 0.312 eV होता है तथा K_2 (परमाणु की गतिज ऊर्जा) के मान 17.84 eV तथा 16.238 eV होते है तथा इलेक्ट्रॉन द्वितीय उत्तेजित अवस्था (n = 3) में पहुच सकता है

(b) Possible emission lines are only three as shown in figure. The corresponding frequencies are

सम्भव उत्सर्जन रेखायें चित्रानुसार केवल तीन होगी । संगत आवृतियाँ निम्न होगी



$$\nu_1 = \frac{(E_3 - E_2)}{h}$$

$$= \frac{\{-\ 6.04\ -\ (-13.6)\} \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} \text{ Hz}$$

$$= 1.82 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

$$\nu_2 = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

$$= \frac{\{-6.04 - (54.4)\} \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} \text{ Hz}$$

$$= 11.67 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

and तथा $v_3 = \frac{E_2 - E_1}{h}$

$= \frac{\{-13.6-(54.4)\}\times 1.6\times 10^{-19}}{6.63\times 10^{-34}}$ Hz

$= 9.84 \times 10^{15}$ Hz

Hence , the frequencies of emitted radiations are 1.82×10^{15} Hz , 11.67×10^{15} Hz and 9.84×10^{15} Hz.
अतः, उत्सर्जित विकिरण की आवृतियाँ 1.82×10^{15} Hz , 11.67×10^{15} Hz तथा 9.84×10^{15} Hz है।

15. Suppose the potential energy between electron and proton at a distance *r* is given by $U = ke\ \ell n\frac{r}{a}$, where r < a and k,e,a are positive constants. Use Bohr's theory to obtain the energy of *n*th energy level for such an atom.

मानिये *r* दूरी पर स्थित इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन के बीच स्थितिज ऊर्जा $U = ke\ \ell n\frac{r}{a}$ से दी जाती है, यहाँ r < a तथा *k,e,a* धनात्मक स्थिरांक है। इस प्रकार के परमाणु के लिये *n* वें ऊर्जा स्तर की ऊर्जा बोहर सिद्धान्त से ज्ञात करिये।

Ans. $\frac{1}{2}ke\left(1+2\ln\left(\frac{nh}{2\pi\sqrt{kema^2}}\right)\right)$

Sol. $|F| = \frac{\delta U}{\delta r} = \frac{Ke}{r} = \frac{mv^2}{r}$

$\Rightarrow \quad mv^2 = ke$ .....(1)

Also तथा $mvr = \frac{nh}{2\pi}$ .....(2)

$\therefore \quad v = \sqrt{\frac{Ke}{m}}$ and तथा $r = \frac{nh}{2\pi m}\sqrt{\frac{m}{ke}}$

$E_n = KE + PE$

$= \frac{1}{2}mv^2 + U \quad = \frac{1}{2}ke + ke\ln\left(\frac{nh}{2\pi a}\sqrt{\frac{1}{kem}}\right)$

$= \frac{1}{2}ke\left(1+2\ell n\frac{nh}{2\pi\sqrt{Kema^2}}\right)$

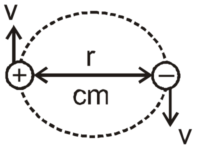
16. A positronium consists of an electron and a positron revolving about their common centre of mass. Derive and calculate
एक इलेक्ट्रॉन एवं एक पॉजीट्रान से बना हुआ पॉजीट्रोनियम उनके उभयनिष्ठ द्रव्यमान केन्द्र के चारों ओर चक्कर लगा रहे है। सम्बन्ध स्थापित एवं गणना कीजिए–

(i) Separation between the electron and positron in their first excited state.
प्रथम उत्तेजित अवस्था में इलेक्ट्रॉन एवं पॅाजिट्रान के बीच दूरी।

(ii) Kinetic energy of the electron in ground state.
मूल ऊर्जा स्तर में इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा।

Ans. (i) $r_0 = \frac{2h^2}{\pi^2 m}\times\frac{4\pi\varepsilon_0}{e^2} = 4.23$ Å (ii) $\frac{1}{2}m\left(\frac{e^2\pi}{4\pi\varepsilon_0 h}\right)^2$ J = 3.4 eV

Sol.



From Bohr hypothesis बोहर की अभिधारणा से

$$\frac{mv^2}{r/2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}.\frac{e^2}{r^2}$$

$\Rightarrow$ $2mv^2 r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}. e^2$ ...(1)

and व $\frac{nh}{2\pi}$ = mvr ...(2)

from (1) and (2) (1) व (2) से

$$v = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} . \frac{e^2}{nh} \times \frac{2\pi}{2}$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} . \frac{e^2\pi}{nh}$$

(i) $r = \frac{nh}{2\pi} . \frac{1}{m} . \frac{4\pi\varepsilon_0 .nh}{e^2\pi} = \frac{2\varepsilon_0 .n^2h^2}{\pi me^2}$

(ii) $KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}.m,\left(\frac{e^2}{4\varepsilon_0 h}\right)^2 = 3.4 \text{ eV}$

17. In a photo electric effect set – up, a point source of light of power 3.2×10^{-3} W emits mono energetic photons of energy 5.0 eV. The source is located at a distance of 0.8 m from the centre of a stationary metallic sphere of work function 3.0 eV & of radius 8.0×10^{-3}m. The efficiency of photo electrons emission is one for every 10^6 incident photons. Assume that the sphere is isolated and initially neutral, and that photo electrons are instantly swept away after emission.

(a) Calculate the number of photo electrons emitted per second.

(b) Find the ratio of the wavelength of incident light to the De – Broglie wave length of the fastest photo electrons emitted.

(c) It is observed that the photo electron emission stops at a certain time t after the light source is switched on. Why?

(d) Evaluate the time t.

एक प्रकाश–वैद्युत प्रभाव के समायोजन में, 3.2×10^{-3} वॉट शक्ति का प्रकाश का एक बिन्दु स्रोत 5.0 eV ऊर्जा के एकवर्णीय फोटॉन उत्सर्जित कर रहा है। यह स्रोत 3.0 eV कार्य फलन की धातु के 8.0×10^{-3} मी. त्रिज्या के स्थिर गोले के केन्द्र से 0.8 मी की दूरी पर स्थित है। फोटो–लेक्ट्रॉन उत्सर्जन की क्षमता प्रति 10^6 आपतित फोटॉन के लिये एक ही है। मान लो कि आरम्भ में गोला विलगित तथा उदासीन (neutral) है तथा फोटो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जन के तुरन्त बाद ही वहाँ से चले जाते हैं।

(a) प्रति सेकण्ड उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रॉन की संख्या ज्ञात करो।

(b) आपतित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य तथा उत्सर्जित तीव्रतम फोटो इलेक्ट्रॉन की डी–ब्रॉगली तरंगदैर्ध्य के बीच अनुपात ज्ञात करो।

(c) यह पाया गया कि प्रकाश–स्रोत को चालू करने (switch on) के कुछ समय t बाद फोटो इलेक्ट्रॉन का उत्सर्जन रूक गया। क्यों?

(d) समय t का मान ज्ञात करो।

Ans. (a) 10^5 s^{-1} (b) 286.18 (d) $\frac{1000}{9}$ sec = 111s

Sol. (A) Energy of emitted photons उत्सर्जित फोटॉन की ऊर्जा

$E_1 = 5.0\text{eV} = 5.0 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J. $= 8.0 \times 10^{-19}$ J.

Power of the point source is बिन्दु स्रोत की शक्ति 3.2×10^{-3} W or 3.2×10^{-3} J/s.

Therefore, energy emitted per second इसलिए प्रति सैकण्ड उत्सर्जित ऊर्जा , $E_2 = 3.2 \times 10^{-3}$ J.

Hence, number of photons emitted per second अतः प्रति सैकण्ड उत्सर्जित फोटॉन की संख्या $n_1 = \dfrac{E_2}{E_1}$

or या $n_1 = \dfrac{3.2\times10^{-3}}{8.0\times10^{-19}} \Rightarrow n_1 = 4.0 \times 10^{15}$ photon/s.

Number of photons on unit area at a distance of 0.8 m from the sources S will be
स्रोत S से 0.8 m दूरी पर स्थित प्रति इकाई क्षेत्रफल पर फोटॉनों की संख्या

$$n_2 = \frac{n_1}{4\pi(0.8)^2} = \frac{4.0\times10^{15}}{4\pi(0.64)} \approx 5 \times 10^{14} \text{ photon/s m}^2.$$

The area of metallic sphere over which photons will fall is :
धातु का क्षेत्रफल जिन पर फोटॉन गिरता है।

$A = \pi r^2 = \pi(8 \times 10^{-3})^2 \text{ m}^2 \approx 2.01 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

Therefore, number of photons incident on the sphere per second are
इसलिए गोले पर प्रति सैकण्ड गिरने वाले फोटॉनों की संख्या।

$n_3 = n_2A = (5.0 \times 10^{14} \times 2.01 \times 10^{-4}) \approx 10^{11}$ /s.

But since, one photoelectron is emitted for every 10^6 photons, hence number of photoelectrons emitted per second.
परन्तु 10^6 फोटॉन पर एक फोटो इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित होता है। अतः प्रति सैकण्ड उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रॉनो की संख्या

$$n = \frac{n_3}{10^6} = \frac{10^{11}}{10^6} = 10^5\text{/s.} \qquad \text{or या} \qquad n = 10^5 \text{ /s.}$$

(B) Maximum kinetic energy of photoelectrons K_{max} = Energy of incident photonss – work function.
फोटो इलेक्ट्रॉन की अधिकतम गतिज ऊर्जा K_{max} = आपतित फोटॉन की ऊर्जा – कार्य फलन

$= (5.0 - 3.0)$ eV $= 2.0$ eV $= 2.0 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J.

$K_{max} = 3.2 \times 10^{-19}$ J.

The de-Broglie wavelength of these photoelectrons wil be
इन फोटो इलेक्ट्रॉन की डी–ब्रोगली तरंगदैर्ध्य

$$\lambda_1 = \frac{h}{P} = \frac{h}{\sqrt{2K_{max}m}} .$$

Hence h = Planck's constant and m = mass of electron.
अतः h = प्लांक नियतांक तथा m = इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान

$$\lambda_1 = \frac{6.63\times10^{-34}}{\sqrt{2\times3.2\times10^{-19}\times9.1\times10^{-31}}}$$

$= 8.68 \times 10^{-10}$ m $= 8.68$ Å.

Wavelength of incident light आपतित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य λ_2 (in Å) (A में) $= \dfrac{12375}{E_1 \text{ (in eV)}}$.

or या $\lambda_2 = \dfrac{12375}{5}$ Å $= 2475$ Å.

Therefore, the desired ratio is : अतः आवश्यक अनुपात है :

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{2475}{8.68} = 285.1.$$

(C) As soon as electron are emitted from the metal sphere, it gets positively charged and acquired positive potential gradually increases as more and more photoelectrons are emitted from its surface. Emission of photoelectrons is stopped when its potential is equal to the stopping potential required for fastest moving electrons.

(C) जैसे–जैसे प्लेट से इलेक्ट्रॉन निकलते हैं। यह धनात्मक होती जाती है तथा प्राप्त किया गया धनात्मक विभव लगातार बढ़ता है तथा सतह से अधिक फोटो इलेक्ट्रॉन निकलते हैं। जब विभव निरोधी विभव के बराबर होता है तो फोटो इलेक्ट्रॉन का उत्सर्जन बंद हो जाता है।

(D) As discussed in part (C) emission of photoelectons is stopped when potential on the metal sphere is equal to the stopping potential of fastest moving electrons.

Since, K_{max} = 2.0 eV.

Therefore, stopping potential V_0 = 2 V. Let q be the charge required for the potential on the sphere to be equal to stopping potenmtial or 2 V. Then

(D) भाग (C) से देख चुके है कि जब विभव, तीव्र गतिशील इलेक्ट्रॉन के निरोधी विभव के बराबर होता है तो फोटोनों का उत्सर्जन बंद हो जाता है।

अतः, K_{max} = 2.0 eV.

इसलिए निरोधी विभव V_0 = 2 V. । माना q गोले के लिए आवश्यक आवेश है। जिससे इसका विभव निरोधी विभव 2 V के बराबर हो जाता है तो –

$$2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}.\frac{q}{r} = (9.0 \times 10^9)\ \frac{q}{8.0\times10^{-3}}$$

$$q = 1.78 \times 10^{-12}\ C.$$

Photoelectrons emitted per second = 10^5 [Part a]

or Charge emitted per second = $(1.6 \times 10^{-19}) \times 10^5$ C.

$= (1.6 \times 10^{-14})$ C.

Therefore, time required to acquire the charge q will be

प्रति सैकण्ड उत्सर्जित फोटो इलेक्ट्रॉन = 10^5 [भाग a]

प्रति सैकण्ड उत्सर्जित आवेश = $(1.6 \times 10^{-19}) \times 10^5$ C.

$= (1.6 \times 10^{-14})$ C.

इसलिए q आवेश के लिए समय

$$t = \frac{q}{1.6\times10^{-14}}\ s = \frac{1.78\times10^{-12}}{1.6\times10^{-14}}\ s.$$

or या $t \approx 111$ s.

18. The K_β x-ray of argon has a wavelength of 0.36 nm . The minimum energy required to take out the outermost electron from argon atom is 16.53 eV. Find the energy (in KeV) needed to knock out an electrons from the K shell of an argon.

आर्गन की K_β x-किरण की तरंगदैर्ध्य 0.36 nm है। आर्गन परमाणु से सबसे बाहरी कक्ष से इलेक्ट्रॉन को बाहर निकालने के लिए न्यूनतम आवश्यक ऊर्जा 16.53 eV है। आर्गन परमाणु के K कक्ष से सबसे बाहरी इलेक्ट्रॉन को बाहर निकालने के लिये आवश्यक ऊर्जा (keV में) ज्ञात करो ।

Ans: $\left[\frac{hc}{0.36\times10^{-9}e} + 16.53\right]eV = 4\ KeV$

Sol. The minimum energy to ionize will be when the outer most shell electron is remove i.e., from n = 3 shell. The energy of K_β corresponds to energy transition from n = 3 to n = 1. Hence, energy required to remove electron from K–shell.

आयनित करने के लिए ऊर्जा न्यूनतम होगी जब सबसे बाहरी इलेक्ट्रॉन को हटाया जाए अर्थात् n = 3 कोश से K_β की ऊर्जा n = 3 से n = 1 तक ऊर्जा संक्रमण के संगत है। अतः K–कोश से इलेक्ट्रॉन को हटाने के लिए आवश्यक ऊर्जा।

$$E = E_{K\beta} + E_{ionization}$$

$$= \frac{12400}{3.6}\ eV + 1.546\ eV$$

$$= 3.44\ KeV + 16.54\ eV = 3.45\ keV.$$

19. A schwarzschild black hole is characterized by its mass M and a mathematical spherical surface of radius $R_s = \frac{2GM}{C^2}$ called the event horizon. If the radial distance of an object r from the black hole is such that $r < R_s$, then the object is "swallowed" by the black hole and r rapidly decreased to the singular point r = 0

(a) Suppose a black hole of mass M " captures" a proton to form a "black hole proton atom (BHP)" in circular orbit. Find the smallest radius r_B of this atom.

(b) Obtain a numerical upper bound on M such that a stable BHP may exist.

(c) Find the minimum energy F_{min}, in Mev, reuired to dissociate this BHP atom from the ground state.

(d) In 1974, Stephen Hawking showed that quantum effects cause black to radiate like a black body with temperature $T_{BH} = \frac{10^{23}K}{M}$. Discuss then the possibility of the existence of a stable BHP atom.

एक ब्लेक होल इसके द्रव्यमान M तथा त्रिज्या $R_s = \frac{2GM}{C^2}$ की गणीतीय गोलीय सतह द्वारा अभिलाक्षणिक हैं। यदि ब्लेक होल से वस्तु की त्रिज्यीय दूरी r इस प्रकार है कि $r < R_s$ तब वस्तु को ब्लेक होल द्वारा ढक दिया जाता है तथा r को तेजी से घटते हुए शून्य किया जाता है।

(a) यह मानिये कि M द्रव्यमान का ब्लेक होल वृत्तीय कक्षा में एक प्रोटोन को ग्रहण करके ब्लेक होल प्रोटोन परमाणु (BHP) बनाता है। इस परमाणु की न्यूनतम त्रिज्या r_B ज्ञात करो।

(b) M का संख्यात्मक ऊपरी बन्द मान ज्ञात करो ताकि स्थायी BHP उपस्थित हो सके।

(c) मूल अवस्था से इस BHP परमाणु को वियोजित करने के लिए F_{min} का आवश्यक न्यूनतम मान Mev में ज्ञात करो।

(d) 1974 में, स्टीफन हाकिंग ने प्रदर्शित किया कि क्वाण्टम प्रभाव के कारण कृष्णिका वस्तु का निर्माण होता है जिसका ताप $T_{BH} = \frac{10^{23}K}{M}$ है। स्थायी BHP परमाणु की अस्तित्वता के संभावना की व्यवस्था कीजिए।

Sol. (a) $r_B = \frac{h^2}{GMm^2}$

(b) $M < 2 \times 10^{11}$ Kg.

(c) $E_{min.} = 55$MeV

(d) For $M = 10^{11}$ Kg. $T_{BH} = \frac{10^{23}K}{10^{11}} = 10^{12}K$ At this temperature thermal energies $kT_{BH} = 82$ MeV. The dissociation energy required is 55 MeV. Thus the BHP is thermally unstable.

(d) $M = 10^{11}$ Kg के लिये $T_{BH} = \frac{10^{23}K}{10^{11}} = 10^{12}K$ इस ताप पर तापीय ऊर्जा $kT_{BH} = 82$ MeV. आवश्यक वियोजन ऊर्जा 55 MeV है। अतः BHP तापीय अस्थाई होता है।