

৮	8.61	$\lambda_{min} = \frac{hc}{eV}$	৮.১৮
৯	8.62	$\frac{1}{2} m v_m^2 = eV_0$	৮.১৯
১০	8.65	$hf = K_{max} + \varphi$	৮.২০
১১	8.64	$hf = K_{max} + hf_0$	৮.২১
১২	8.67	$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m v}$	৮.২২
১৩	8.68	$\lambda' - \lambda = \Delta \lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \varphi)$	৮.২৩
১৪	8.84	$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$	৮.২৪

গাণিতিক উদাহরণ

ক শুচ্ছ

[অনুচ্ছেদ ৮.১-৮.১০, ৮.১২ : আপেক্ষিকতা তত্ত্ব]

৮ক ১। একজন মহাশূন্যচারী 30 বছর বয়সে $2.4 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ বেগে গতিশীল মহাশূন্যানে ঢুকে যাবার অনুসন্ধানে গেলেন এবং 50 বছর পর (পৃথিবীর পঞ্জিকা হিসেবে) ফিরে এলেন। মহাশূন্যচারীর কাছে তার বয়স কত? [কুয়েট ২০০৩-২০০৮; কল্যাণ ২০০৪-০৫]

আমরা জানি যে,

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\text{বা, } t_0 = t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$= 50 \text{ y} \times \sqrt{1 - \frac{(2.4 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2}{(3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2}}$$

$$= 50 \text{ y} \times \sqrt{0.36}$$

$$= 30 \text{ y}. \therefore \text{মহাশূন্যচারীর বয়স} = 30 \text{ y} + 30 \text{ y} = 60 \text{ y}।$$

উ: 60 y

৮ক ২। পৃথিবীতে একটি রকেটের দৈর্ঘ্য 100 m। যখন এটা উড়ত্বল তখন পৃথিবীতে অবস্থিত একজন পর্যবেক্ষক দৈর্ঘ্য 99 m নির্ণয় করলেন। রকেটটির বেগ নির্ণয় করো।

আমরা জানি,

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\text{বা, } \frac{L}{L_0} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

এখানে,

ভূপৃষ্ঠ থেকে নির্গত সময় ব্যবধান সময়, $t = 50 \text{ y}$

আলোর দ্রুতি, $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

মহাশূন্যানের দ্রুতি, $v = 2.4 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

মহাশূন্যানে মহাশূন্যচারীর বয়স বৃদ্ধি, $t_0 = ?$

এখানে,

পৃথিবীতে দৈর্ঘ্য, $L_0 = 100 \text{ m}$

চলমান দৈর্ঘ্য, $L = 99 \text{ m}$

বেগ, $v = ?$

$$\text{বা, } \frac{99 \text{ m}}{100 \text{ m}} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\text{বা, } 0.99 = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\text{বা, } 0.98 = 1 - \frac{v^2}{c^2}$$

$$\text{বা, } \frac{v^2}{c^2} = 1 - 0.98$$

$$\text{বা, } \frac{v^2}{c^2} = 0.02$$

$$v = \sqrt{0.02} \times c$$

$$= \sqrt{0.02} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$= 4.24 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{উ: } v = 4.24 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$$

চক ৩। একটি ইলেক্ট্রন $0.99 c$ দ্রুতিতে গতিশীল হলে এর চলমান ভর কত ?
(ইলেক্ট্রনের নিশ্চল ভর $m_o = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

আমরা জানি যে,

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

এখানে,

$$\text{নিশ্চল ভর, } m_o = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{ইলেক্ট্রনের দ্রুতি, } v = 0.99 c$$

$$\text{চলমান ভর, } m = ?$$

$$\therefore m = \frac{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.99 c}{c}\right)^2}} = \frac{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}}{\sqrt{1 - (0.99)^2}} = 64.5 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{উ: } 64.5 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

চক ৪। একটি বস্তুকণার ভর $9.1 \times 10^{-28} \text{ kg}$ । এর পুরোটাই শক্তিতে রূপান্তরিত করা হলে কী পরিমাণ শক্তি পাওয়া যাবে ? (আলোর দ্রুতি $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$)

আমরা জানি যে,

$$\text{শক্তি } E = m c^2$$

$$\therefore E = 9.1 \times 10^{-28} \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$= 8.19 \times 10^{-11} \text{ J}$$

এখানে

$$\text{বস্তুকণার ভর, } m = 9.1 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

$$\text{আলোর দ্রুতি, } c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{শক্তি, } E = ?$$

$$\text{উ: } 8.19 \times 10^{-11} \text{ J}$$

৫৯২

৮ক ৫। আকমলের ভর 55 kg এবং বয়স 40 বছর সে $2.4 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ বেগে গতিশীল মহাশূন্যানে চলে অনুসন্ধানে শেল। তার যমজ ভাই তাজমলের বয়স যখন 80 বছর হলো তখন সে পৃথিবীতে ফিরে এলো।

(ক) মহাশূন্যানে আকমলের ভর নির্ণয় করো।

(খ) উদ্দীপকে দুই ভাইয়ের বর্তমান বয়স সমান থাকবে কিনা—গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। [চ.প.১]

(ক) আমরা জানি,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ = \frac{55 \text{ kg}}{\sqrt{1 - \left(\frac{2.4 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}\right)^2}} \\ = 91.67 \text{ kg}$$

(খ) আমরা জানি,

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\text{বা, } t_0 = t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\therefore t_0 = 40 \text{ y} \times \sqrt{1 - \left(\frac{2.4 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}\right)^2} \\ = 24 \text{ y}$$

\therefore আকমলের বয়স $= 40 \text{ y} + 24 \text{ y} = 64 \text{ y}$

দুই যমজ ভাই এর বর্তমান বয়স সমান থাকবে না।

আকমলের বয়স হবে $= 40 \text{ y} + 24 \text{ y} = 64 \text{ y}$

তাজমলের বয়স হবে $= 40 \text{ y} + 40 \text{ y} = 80 \text{ y}$

উ: 91.67 kg ; (খ) দুই যমজ ভাইকে বর্তমান বয়স সমান থাকবে না।

৮ক ৬। 20 kg ভর এবং 10 m দৈর্ঘ্যের একটি বস্তু ছিরাবস্থা থেকে $0.5 c$ বেগে চলা আরম্ভ করলো।

(ক) বস্তুটির গতিশীল অবস্থায় দৈর্ঘ্য কত?

(খ) নিউটনীয় বলবিদ্যা থেকে প্রাপ্ত গতিশক্তি ও আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে প্রাপ্ত গতিশক্তি এক নয়—উদ্দীপকে! [ব. বো. ১]

তথ্যের আলোকে বিশ্লেষণ করো।

(ক) আমরা জানি,

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \\ = 10 \text{ m} \sqrt{1 - \left(\frac{0.5 c}{c}\right)^2} \\ = 10 \text{ m} \times \sqrt{0.75} \\ = 8.66 \text{ m}$$

আকমলের নিচল ভর, $m_0 = 55 \text{ kg}$

মহাশূন্যানের বেগ তথা আকমলের বেগ, $v = 2.4 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

আকমলের চলমান ভর, $m = ?$

পৃথিবী থেকে নির্ণীত সময় ব্যবধান = তাজমলের

বয়স বৃদ্ধি, $t = 80 \text{ y} - 40 \text{ y} = 40 \text{ y}$

আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

মহাশূন্যানের বেগ তথা আকমলের

বেগ, $v = 2.4 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

মহাশূন্যানে আকমলের বয়স বৃদ্ধি, $t_0 = ?$

\therefore

$L_0 = 10 \text{ m}$

$v = 0.5 c$

$c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

বস্তুর ছিরাবস্থার দৈর্ঘ্য, $L_0 = 10 \text{ m}$

বেগ, $v = 0.5 c$

গতিশীল অবস্থায় দৈর্ঘ্য, $L = ?$

$c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

(খ) যেহেতু নিউটনীয় বলবিদ্যায় নিশ্চল ভর ও চলমান ভরের মধ্যে কোনো পার্থক্য নেই, কাজেই নিউটনীয় গতিশক্তি,

$$\begin{aligned} K &= \frac{1}{2} m_0 v^2 \\ &= \frac{1}{2} m_0 (0.5 c)^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 0.25 m_0 c^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 0.25 \times 20 \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2 \\ &= 2.25 \times 10^{17} \text{ J} \end{aligned}$$

নিশ্চল ভর, $m_0 = 20 \text{ kg}$

নিউটনীয় বলবিদ্যা অনুযায়ী গতিশক্তি, $K = ?$

আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুযায়ী গতিশক্তি, $T = ?$

আপেক্ষিক তত্ত্বীয় গতিশক্তি T এবং গতিশীল বস্তুর ভর m হলে,

$$T = m c^2 - m_0 c^2$$

$$= \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0 c^2 = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$$

$$\therefore T = 20 \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2 \times \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.5 c}{c}\right)^2}} - 1 \right)$$

$$= 1.8 \times 10^{18} \text{ J} \times 0.1547$$

$$= 2.785 \times 10^{17} \text{ J}$$

সূতরাং দেখা যাচ্ছে $T \neq K$

বরং $T > K$

অর্থাৎ আপেক্ষিক তত্ত্বীয় গতিশক্তি নিউটনীয় গতিশক্তি অপেক্ষা বৃহত্তর।

এখানে পার্থক্য হচ্ছে $T - K = 0.535 \times 10^{17} \text{ J}$

উ: (ক) ৮.৬৬ সং, (খ) আপেক্ষিক তত্ত্বীয় গতিশক্তি নিউটনীয় গতিশক্তি অপেক্ষা বৃহত্তর।

৮ক-৭। পদার্থবিজ্ঞান পরীক্ষাগারে হাসান সাহেব ১ m দৈর্ঘ্যে ধাতব বস্তুর ঘনত্ব নির্ণয় করলেন $19.3 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ । অন্যদিকে পাবনী বস্তুর দৈর্ঘ্য বরাবর $0.9 c$ বেগে গতিশীল কাঠামো হতে বস্তুটির ঘনত্ব নির্ণয় করলেন।

(ক) গতিশীল কাঠামোতে ধাতব বস্তুটির দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো।

(খ) হাসান সাহেব ও পাবনী ধাতব বস্তুটির ঘনত্ব একই পাবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। [সি. বো. ২০১৬]

(ক) আমরা জানি,

$$\begin{aligned} L &= L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \\ &= 1 \text{ m} \times \sqrt{1 - \frac{(0.9 c)^2}{c^2}} \\ &= 0.4359 \text{ m} \end{aligned}$$

এখানে,

পরীক্ষাগারে দৈর্ঘ্য, $L_0 = 1 \text{ m}$

চলমান কাঠামোর বেগ, $v = 0.9 c$

চলমান কাঠামোতে দৈর্ঘ্য, $L = ?$

পরীক্ষাগারে ঘনত্ব, $\rho_0 = 19.3 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

চলমান কাঠামোতে ঘনত্ব, $\rho = ?$

(খ) ধরা যাক, বস্তুটির প্রস্তুতের ফেলফল = A এবং পরীক্ষাগারে বস্তুটির আয়তন = V_0 এবং চলমান কাণ্ডের আয়তন = V

আমরা জানি,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\text{বা, } V\rho = \frac{V_0 \rho_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\text{বা, } A L \rho = \frac{A L_0 \rho_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\text{বা, } \rho = \frac{L_0 \rho_0}{L \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$= \frac{1 \text{ m} \times 19.3 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}}{0.4359 \text{ m} \times \sqrt{1 - \frac{(0.9 c)^2}{c^2}}} = 101.6 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

$\rho >> \rho_0$ অর্থাৎ পাবনীর প্রাণ ঘনত্ব হাসান সাহেবের প্রাণ ঘনত্বের সমান নয়।

উ: (ক) 0.4359 m ; (খ) সমান নয়।

৮ক ভূ-পৃষ্ঠে একটি রকেটের দৈর্ঘ্য 10 m এবং ভর 5000 kg । এটি ভূ-পৃষ্ঠের কোনো স্থির পর্যবেক্ষকের সাথে $3 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$ বেগে চলতে শুরু করলো।

(ক) উদ্বিপক্ষের আলোকে রকেটের চলমান দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো।

(খ) উদ্বিপক্ষের বেগ দ্বিগুণ করা হলে এর ভরের ক্রিয়া পরিবর্তন হবে—গাণিতিক বিশ্লেষণসহ ব্যাখ্যা করো।

(ক) আমরা জানি,

$$\begin{aligned} L &= L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \\ &= 10 \text{ m} \times \sqrt{1 - \frac{(3 \times 10^7 \text{ m s}^{-1})^2}{(3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2}} \\ &= 9.95 \text{ m} \end{aligned}$$

(খ) আমরা জানি,

$$m_1 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}}$$

এখানে,

$$\text{বস্তুটির নিশ্চল ভর} = m_0$$

$$\text{চলমান অবস্থায় বস্তুর ভর} = m$$

$$\text{চলমান অবস্থায় বস্তুটির দৈর্ঘ্য}, L = 0.4359 \text{ m}$$

$$\text{স্থির অবস্থায় বস্তুর ঘনত্ব}, \rho_0 = 19.3 \times 10^3 \text{ m}^{-3}$$

$$\text{চলমান অবস্থায় বস্তুর ঘনত্ব}, \rho = ?$$

দিন. মো. ১

এখানে,

$$\text{ভূ-পৃষ্ঠে দৈর্ঘ্য}, L_0 = 10 \text{ m}$$

$$\text{বেগ}, v = 3 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{আলোর বেগ}, c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{চলমান দৈর্ঘ্য}, L = ?$$

$$\text{ভূ-পৃষ্ঠে ভর}, m_0 = 5000 \text{ kg}$$

$$\text{প্রথম ক্ষেত্রে বেগ}, v_1 = 3 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{প্রথম ক্ষেত্রে ভর}, m_1 = ?$$

$$= \frac{5000 \text{ kg}}{\sqrt{1 - \frac{(3 \times 10^7 \text{ m s}^{-1})^2}{(3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2}}} = 5025.189 \text{ kg}$$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বেগ, $v_2 = 2v_1 = 2 \times 3 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$
 $= 6 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে ভর, $m_2 = ?$

$$m_2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}} = \frac{5000 \text{ kg}}{\sqrt{1 - \frac{(6 \times 10^7 \text{ m s}^{-1})^2}{(3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2}}} = 5103.104 \text{ kg}$$

গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে প্রতীয়মান হয় যে, বেগ দ্বিগুণ করা হলে রকেটের ভর

$$(5103.104 \text{ kg} - 5025.189 \text{ kg}) = 77.915 \text{ kg বৃদ্ধি পাবে।}$$

উ: (ক) 9.95 m; (খ) ভর 77.915 kg বৃদ্ধি পাবে।

খ গুচ্ছ

[অনুচ্ছেদ ৮.১১, ৮.১৩ : মৌলিক বল ও কালো বস্তুর বিকিরণ]

৮১। একটি 100 MeV ফোটনের কম্পাক্ষ এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো।

আমরা জানি,

$$E = hf$$

$$\therefore f = \frac{E}{h}$$

$$f = \frac{100 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}}$$

$$= 2.41 \times 10^{22} \text{ Hz}$$

$$\text{আবার, } c = f\lambda$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{2.41 \times 10^{22} \text{ Hz}}$$

$$= 1.24 \times 10^{-14} \text{ m}$$

$$\text{উ: } 2.41 \times 10^{22} \text{ Hz}; 1.24 \times 10^{-14} \text{ m}$$

৮২। $6650 \times 10^{-10} \text{ m}$ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ফোটনের গতিশক্তি কত?

আমরা জানি,

$$E = hf$$

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

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J s} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{6650 \times 10^{-10} \text{ m}}$$

$$= 2.99 \times 10^{-19} \text{ J} = 1.869 \text{ eV}$$

$$\text{উ: } 1.869 \text{ eV}$$

এখানে

$$\text{শক্তি, } E = 100 \text{ MeV}$$

$$= 100 \times 10^6 \text{ eV}$$

$$= 100 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{কম্পাক্ষ, } f = ?$$

$$\text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = ?$$

$$\text{আলোর দ্রুতি, } c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{প্রাক্তন ধ্রুবক, } h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

এখানে,

$$\text{প্রাক্তন ধ্রুবক, } h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$\text{আলোর দ্রুতি, } c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 6650 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{ফোটনের শক্তি, } E = ?$$

গুচ্ছ

[অনুচ্ছেদ ৮.১৪ : এক্স-রে]

৮ষ ১। একটি তড়িৎক্ষমণ নলে X-ray উৎপাদন এর জন্য 12.4 kV এবং আরেকবার 24.8 kV বিজ্ঞান সরবরাহ করা হলো। এ যন্ত্রে ইলেক্ট্রনের গতিশক্তির 0.3% X-ray উৎপাদন করে।

(ক) ১ম ক্ষেত্রে ইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ বেগ নির্ণয় করো।

(খ) উদ্বীপকে উৎপাদিত দু ধরনের X-ray এর ক্ষেত্রে কোনটির ভেদনযোগ্যতা বেশি হবে? গাণিতিক বিবরণ করো।

আমরা জানি,

ইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি, $K_{max} = e V_0$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} m v_m^2 = e V_0$$

$$\text{বা, } v_m = \sqrt{\frac{2 e V_0}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 12.4 \times 10^3 \text{ V}}{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}}}$$

$$= 6.6 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$$

(খ) আমরা জানি, ইলেক্ট্রনের গতিশক্তি,

$$K_1 = e V_{01} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 12.4 \times 10^3 \text{ V}$$

$$= 1.984 \times 10^{-15} \text{ J}$$

$$\text{এবং } K_2 = e V_{02} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 24.8 \times 10^3 \text{ V}$$

$$= 3.968 \times 10^{-15} \text{ J}$$

যেহেতু $K_2 > K_1$ অর্থাৎ দ্বিতীয় ক্ষেত্রে ইলেক্ট্রনের গতিশক্তি বেশি সুতরাং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে উৎপন্ন X-ray-এর গুচ্ছ যোগ্যতা বেশি হবে।

উ: (ক) $6.6 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$; (খ) দ্বিতীয় ক্ষেত্রের X-ray-এর ভেদনযোগ্যতা বেশি।

এখানে,

বিভব পার্থক্য, $V_0 = 12.4 \text{ kV}$

$$= 12.4 \times 10^3 \text{ V}$$

ইলেক্ট্রনের আধান, $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

ইলেক্ট্রনের ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

সর্বোচ্চ বেগ, $v_m = ?$

এখানে,

প্রথম ক্ষেত্রে বিভব পার্থক্য, $V_{01} = 12.4 \text{ kV}$

$$= 12.4 \times 10^3 \text{ V}$$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বিভব পার্থক্য, $V_{02} = 24.8 \text{ kV}$

$$= 24.8 \times 10^3 \text{ V}$$

ইলেক্ট্রনের চার্জ, $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

প্রথম ক্ষেত্রে ইলেক্ট্রনের গতিশক্তি, $K_1 = ?$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে ইলেক্ট্রনের গতিশক্তি, $K_2 = ?$

ঘুচ্ছ
[অনুচ্ছেদ ৮.১৫ : আলোক তড়িৎ ক্রিয়া]

৮ষ ১। প্লাটিনামের কার্যাপেক্ষক 6.31 eV । এর সূচন কম্পাক্ষ কত? (প্ল্যাঙ্ক ধ্রুবক $= 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$)

আমরা জানি,

$$\varphi = h f_0$$

$$\therefore f_0 = \frac{\varphi}{h} = \frac{6.31 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}}$$

$$= 15.23 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\text{উ: } 15.23 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

এখানে,

কার্যাপেক্ষক, $\varphi = 6.31 \text{ eV}$

$$= 6.31 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

সূচন কম্পাক্ষ, $f_0 = ?$

প্ল্যাঙ্ক ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$

৮ষ ২। 2400 \AA তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো একটি ধাতবপৃষ্ঠে আপত্তি হলে নিঃস্ত ইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি নির্ণয় করো। ধাতবপৃষ্ঠের কার্যাপেক্ষক 2.3 eV ।
আপত্তি আলোর কম্পাক্ষ f হলে,

$$hf = K_{max} + \varphi$$

$$\text{বা, } K_{max} = hf - \varphi = \frac{hc}{\lambda} - \varphi$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{2400 \times 10^{-10} \text{ m}} \\ - 2.3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= 4.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 2.88 \text{ eV}$$

উ: 2.88 eV

৮ষ ৩। ফটোতড়িৎ ক্রিয়া পরীক্ষণে দেখা গেল পটাশিয়াম ধাতুর ওপর 4400 \AA তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপত্তি হলে খুমাত ইলেক্ট্রন নির্গত হয়। কিন্তু গতিশক্তি প্রাপ্ত হয় না। যদি 1500 \AA তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপত্তি হয় তবে ইলেক্ট্রন নিঃসরিত হয় এবং গতিশক্তি প্রাপ্ত হয়।

(ক) পটাশিয়ামের কার্যাপেক্ষক নির্ণয় করো।

(খ) উদ্ধীপকে নিঃস্ত ইলেক্ট্রনের গতিশক্তি প্রাপ্ত হওয়া না হওয়ার কারণ কী? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও।

[ঢ. বো. ২০১৫]

(ক) সূচন কম্পাক্ষ f_0 হলে,

$$\varphi = hf_0$$

$$\text{কিন্তু } f_0 = \frac{c}{\lambda_0}$$

$$\therefore \varphi = \frac{hc}{\lambda_0}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{4400 \times 10^{-10} \text{ m}}$$

$$= 4.52 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= 2.83 \text{ eV}$$

(খ) আমরা জানি,

$$E = \varphi + K$$

প্রথম ক্ষেত্রে, আপত্তি শক্তি E_1 হলে,

$$E_1 = \varphi + K_1$$

$$\frac{hc}{\lambda_0} = \varphi + K_1$$

$$\text{বা, } \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{4400 \times 10^{-10} \text{ m}} = 4.52 \times 10^{-19} \text{ J} + K_1$$

এখানে,

$$\text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 2400 \text{ \AA} = 2400 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{কার্যাপেক্ষক, } \varphi = 2.3 \text{ eV} = 2.3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{প্ল্যানকের প্রক্রিয়া, } h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\text{আলোর বেগ, } c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{সর্বোচ্চ গতিশক্তি, } K_{max} = ?$$

এখানে,

$$\text{সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda_0 = 4400 \text{ \AA}$$

$$= 4400 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{কার্যাপেক্ষক, } \varphi = ?$$

প্রথম ক্ষেত্রে,

$$\varphi = 4.52 \times 10^{-19} \text{ J} \quad [\text{'ক' অংশ থেকে}]$$

$$\lambda_0 = 4400 \text{ \AA} = 4400 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{ইলেক্ট্রনের গতিশক্তি, } K_1 = ?$$

$$\text{বা}, 4.52 \times 10^{-19} \text{ J} = 4.52 \times 10^{-19} \text{ J} + K_1$$

$$\therefore K_1 = 0$$

সুতরাং ইলেক্ট্রন কেবল নিঃসরিত হবে কিন্তু কোনো গতিশক্তি প্রাপ্ত হবে না।

২য় ক্ষেত্রে গতিশক্তি K_2 , আপত্তি শক্তি E_2 হলে

$$E_2 = \varphi + K_2$$

$$\frac{hc}{\lambda} = \varphi + K_2$$

এখানে, ২য় ক্ষেত্রে

$$\text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য}, \lambda = 1500 \text{ \AA} = 1500 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{কার্যাপেক্ষক}, \varphi = 4.52 \times 10^{-19} \text{ J} [\text{'ক' অংশ থেকে}]$$

ইলেক্ট্রনের গতিশক্তি, $K_2 = ?$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{1500 \times 10^{-10} \text{ m}} = 4.52 \times 10^{-19} \text{ J} + K_2$$

$$\text{বা}, 1.326 \times 10^{-18} \text{ J} = 4.52 \times 10^{-19} \text{ J} + K_2$$

$$\therefore K_2 = 8.74 \times 10^{-19} \text{ J} = 5.46 \text{ eV}$$

প্রথম ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, $E = \varphi$, অর্থাৎ আপত্তি শক্তি কার্যাপেক্ষকের সমান অর্থাৎ সকল শক্তি কেবল ইলেক্ট্রনের নির্গত করতে ব্যয় হয়েছে। ফলে ইলেক্ট্রনের কোনো গতিশক্তি নেই।

অপরপক্ষে দ্বিতীয় ক্ষেত্রে $E > \varphi$, অর্থাৎ আপত্তি শক্তি কার্যাপেক্ষ থেকে বেশি। ফলে আপত্তি শক্তির একটি ইলেক্ট্রনকে ধাতবপৃষ্ঠ থেকে নির্গত করতে ব্যয় হয়েছে। আর বাকি শক্তি 5.46 eV ইলেক্ট্রন গতিশক্তি হিসেবে করেছে।

উ: (ক) 2.83 eV; (খ) আলো কর্তৃক সরবরাহকৃত শক্তি ধাতব পাতের কার্যাপেক্ষকের সমান হওয়ায় নির্গত কোনো গতিশক্তি প্রাপ্ত হবে না।

৮ঘ ৪। উদ্ধীপকটি পড়ো এবং নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও। একটি ধাতুর উপর 2500 Å এবং 3500 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যবিশিষ্ট দুটি তড়িচূম্বক তরঙ্গ আলাদাভাবে ফেলা হলো। ফলে দুটি ক্ষেত্রেই ধাতবপৃষ্ঠ হতে ইলেক্ট্রন নির্গত ধাতুটির সূচন কম্পাক্ষ $5.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$.

(ক) ধাতুটির কার্যাপেক্ষক নির্ণয় করো।

(খ) উদ্ধীপকে আপত্তি আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের জন্য উভয় ক্ষেত্রে নির্বৃত্তি বিভবের তুলনামূলক গাণিতিক বিশ্লেষণ করো।

সি. বি. খ.

(ক) আমরা জানি, কার্যাপেক্ষক

$$\varphi = hf_0$$

$$\therefore \varphi = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 5.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$= 3.6465 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= 2.28 \text{ eV}$$

এখানে,

$$\text{সূচন কম্পাক্ষ}, f_0 = 5.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\varphi = ?$$

(খ) আমরা জানি, নির্বৃত্তি বিভবের ক্ষেত্রে

$$e V_0 = K_{max}$$

$$\text{আবার}, hf = \varphi + K_{max}$$

$$\therefore e V_0 = E - \varphi$$

$$\therefore V_0 = \frac{hf - \varphi}{e}$$

$$= \frac{\frac{hc}{\lambda} - \varphi}{e}$$

যদি ক্ষেত্রে,

$$V_{01} = \frac{\frac{hc}{\lambda_1} - \varphi}{e}$$

এখানে,

$$\lambda_1 = 2500 \text{ Å} = 2500 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\varphi = 3.6465 \times 10^{-19} \text{ J} \quad [\text{'ক' অংশ থেকে}]$$

$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$V_{01} = ?$$

$$\therefore V_{01} = \frac{\frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J s} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{2500 \times 10^{-10} \text{ m}} - 3.6465 \times 10^{-19} \text{ J}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}}$$

$$= 2.693 \text{ V}$$

যদি ক্ষেত্রে,

$$V_{02} = \frac{\frac{hc}{\lambda_2} - \varphi}{e}$$

এখানে,

$$\lambda_2 = 3500 \text{ Å} = 3500 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\varphi = 3.6465 \times 10^{-19} \text{ J} \quad [\text{'ক' অংশ থেকে}]$$

$$V_{02} = ?$$

$$\therefore V_{02} = \frac{\frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J s} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{3500 \times 10^{-10} \text{ m}} - 3.6465 \times 10^{-19} \text{ J}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}}$$

$$= 1.273 \text{ V}$$

$$\therefore V_{01} > V_{02} \quad \therefore V_{01} : V_{02} = 2.693 : 1.273 = 2.1 : 1$$

উ: (ক) 2.28 eV ; (খ) $2.1 : 1$

৮৪। 4000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো Na পৃষ্ঠে আপত্তি হলে ফটোইলেক্ট্রন নির্গত হয়। ফটোইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি পাওয়া যায় 0.4 eV ।

(ক) এইলেক্ট্রনকে থামাতে হলে Na পাতে কত মানের নিয়ন্ত্রিত বিভব প্রয়োগ করতে হবে?

(খ) গাণিতিক যুক্তির সাহায্যে ব্যাখ্যা করো যে, সোডিয়াম পাতের ওপর আপত্তি আলোর কম্পাক্ষ একটি নির্দিষ্ট মানের

[দি. বো. ২০১৫]

জ্যে ক্ষেত্রে হলে কোনো ইলেক্ট্রন নির্গত হবে না।

(ক) আমরা জানি,

$$e V_o = K_{max}$$

$$\therefore e V_o = E - \varphi$$

$$\text{যা, } V_o = \frac{K_{max}}{e}$$

$$\therefore V_o = \frac{0.4 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}}$$

$$V_o = 0.4 \text{ V}$$

(খ) সোডিয়াম পাতের ওপর আপত্তি আলোর কম্পাক্ষ সোডিয়ামের সূচন কম্পাক্ষের চেয়ে কম হলে কোনো ইলেক্ট্রন নির্গত হবে না।

এখানে,

$$\text{সর্বাধিক গতিশক্তি, } K_{max} = 0.4 \text{ eV}$$

$$= 0.4 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{ইলেক্ট্রনের আধান, } e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{নিয়ন্ত্রিত বিভব, } V_o = ?$$

আমরা জানি,

$$K_{max} = hf - hf_0$$

$$\therefore hf_0 = hf - K_{max}$$

$$\text{বা, } f_0 = \frac{c}{\lambda} - \frac{K_{max}}{h}$$

$$= \frac{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{4000 \times 10^{-10} \text{ m}} = \frac{0.4 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}}$$

$$= 7.5 \times 10^{14} \text{ s}^{-1} - 0.965 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

$$= 6.535 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে প্রতীয়মান হয় যে, আপত্তিত আলোর কম্পাক্ষ সোজিয়ামের সূচন কম্পাক্ষ $6.535 \times 10^{14} \text{ Hz}$ এর কম হলে কোনো ইলেকট্রন নির্গত হবে না।

উ: (ক) 0.4 V ; (খ) কম্পাক্ষ $6.535 \times 10^{14} \text{ Hz}$ এর কম হলে কোনো ইলেকট্রন নির্গত হবে না।

৮ষ ৬। নিম্ন সিজিয়াম ধাতুর পাতে $4 \times 10^{-7} \text{ m}$ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপত্তিত করে ফটোতড়িৎ ক্রিয়া পরিচালনা করছে। সে নিম্নতি বিভবের মান পেল 2 V । পরবর্তীতে সে $6.8 \times 10^{-7} \text{ m}$ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সাথে আলো করে। ইলেকট্রনের ভর $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$]।

(ক) উদ্বিগ্ন অনুসারে ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ নির্ণয় করো।

(খ) লাল আলো ব্যবহার করায় ফটোতড়িৎ প্রবাহ ঘটবে কীনা—ব্যাখ্যা করো।

(ক) আমরা জানি, ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি K_{max} হলে,

$$eV_0 = K_{max}$$

$$\text{বা, } eV_0 = \frac{1}{2} m v_{max}^2 \quad \text{বা, } v_{max} = \sqrt{\frac{2eV_0}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 2 \text{ V}}{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}}}$$

$$= 8.386 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$$

(খ) ধাতব পাত থেকে ইলেকট্রন মুক্ত করার জন্যে একটা ন্যূনতম শক্তির প্রয়োজন হয়, যাকে ত্রি ধাতুর ক্রিয়া বলা হয়। লাল আলোর শক্তি যদি সিজিয়ামের কার্যাপেক্ষকের চেয়ে বেশি হয় তাহলে ফটোতড়িৎ প্রবাহ ঘটবে।

আমরা জানি, আইনস্টাইনের ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার সমীকরণ,

$$hf = K_{max} + \varphi$$

$$\text{বা, } \varphi = \frac{hc}{\lambda} - \frac{1}{2} m v_{max}^2$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J s} \times 3 \times 10^{-8} \text{ m s}^{-1}}{4 \times 10^{-7} \text{ m}}$$

$$- \frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \times (8.386 \times 10^5 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$= 4.9725 \times 10^{-19} \text{ J} - 3.1998 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= 1.773 \times 10^{-19} \text{ J}$$

এখানে,

$$\text{আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 4000 \text{ Å}$$

$$= 4000 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{সর্বোচ্চ গতিশক্তি, } K_{max} = 0.4 \text{ eV}$$

$$= 0.4 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{প্র্যাক্ষের ধ্রুবক, } h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$\text{আলোর বেগ, } c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{সূচন কম্পাক্ষ, } f_0 = ?$$

ক্র. নং:

এখানে,

$$\text{ইলেকট্রনের ভর, } m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{ইলেকট্রনের চার্জ, } e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{নিম্নতি বিভব, } V_0 = 2 \text{ V}$$

$$\text{ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগ, } v_{max} = ?$$

এখানে,

$$\text{প্র্যাক্ষের ধ্রুবক, } h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$\text{আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 4 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\text{সর্বোচ্চ বেগ, } v_{max} = 8.386 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{ইলেকট্রনের ভর, } m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{কার্যাপেক্ষক, } \varphi = ?$$

$$\text{লাল আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda_r = 6.8 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\text{লাল আলোর শক্তি, } E = ?$$

সিজিয়ামে কার্যাপেক্ষক 1.773×10^{-19} J, অর্থাৎ সিজিয়াম থেকে ইলেকট্রন মুক্ত করার জন্যে প্রয়োজনীয় ন্যূনতম শক্তি 1.773×10^{-19} J।
এখন লাল আলোর শক্তি,

$$E = hf_r = \frac{hc}{\lambda_r} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{6.8 \times 10^{-7} \text{ m}}$$

$$= 2.925 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$\therefore E > \varphi$ অর্থাৎ লাল আলোর শক্তি সিজিয়ামের কার্যাপেক্ষক অপেক্ষা বেশি, সুতরাং ফটোতড়িৎ প্রবাহ ঘটবে।

উ: (ক) $8.386 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$; (খ) লাল আলো ফটোতড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন করতে পারবে।

৮ষ ৭। কোনো ধাতব পাত হতে ইলেকট্রন নিষ্পত্তির জন্য এর ওপর 2500 \AA তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো দেখা হলো।
ধাতুর কার্যাপেক্ষক 2.3 eV । প্ল্যাকের ফ্র্যুবক $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$

(ক) উদ্ধীপকে নিঃস্ত ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ কত হবে? বের করো।

(খ) উদ্ধীপকে বর্ণিত ধাতুর ওপর 5897 \AA তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো পতিত হলে ইলেকট্রন মুক্ত হবে কি? গণিতিকভাবে
বিশ্লেষণ করে মতামত দাও।

(ক) আমরা জানি,

$$hf = K_{max} + \varphi$$

$$\text{বা, } K_{max} = hf - \varphi$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} m v_m^2 = \frac{hc}{\lambda} - \varphi$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{2500 \times 10^{-10} \text{ m}}$$

$$- 2.3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= 4.276 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\therefore v_{max} = \sqrt{\frac{2 \times 4.276 \times 10^{-9} \text{ J}}{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}}} = 9.69 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$$

(খ) আমরা জানি, 5897 \AA তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোর শক্তি ধাতুর কার্যাপেক্ষক 2.3 eV এর চেয়ে কম হলে, ইলেকট্রন মুক্ত
হবে না নতুন মুক্ত হবে। এখন আলোর শক্তি,

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

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{5896 \times 10^{-10} \text{ m}}$$

$$= 3.37347 \text{ J} = 2.1 \text{ eV}$$

$\therefore E < \varphi$ অর্থাৎ আপত্তি আলোর শক্তি ধাতব পাতের কার্যাপেক্ষকের চেয়ে কম সুতরাং কোনো ইলেকট্রন মুক্ত হবে না।

উ: (ক) $9.69 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$; (খ) কোনো ইলেকট্রন মুক্ত হবে না।

৮ষ ৮। ফটোতড়িৎ প্রতিমা পর্যবেক্ষণের জন্য মিথিলা পটাশিয়াম ধাতুর উপর উপযুক্ত কম্পাক্ষের একটি আলো
আপত্তি করলো। পটাশিয়াম পৃষ্ঠ হতে যে ইলেকট্রন নির্গত হলো তার গতিশক্তি 1.4 eV । পটাশিয়ামের কার্যাপেক্ষক 2.0
 eV । নাবিলা 10 kV বিভব পার্থক্যে একটি ইলেকট্রন গতিশীল করলো।

(ক) উদ্ধীপকের পটাশিয়ামের ওপর আপত্তি আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত ছিল?

এখানে,

$$\text{কার্যাপেক্ষক, } \varphi = 2.3 \text{ eV}$$

$$= 2.3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 2500 \text{ \AA} = 2500 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{প্ল্যাকের ফ্র্যুবক, } h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\text{ইলেকট্রনের ভর, } m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{ইলেকট্রনের চার্জ, } e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{সর্বোচ্চ বেগ, } v_{max} = ?$$

এখানে,

$$\text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 5896 \text{ \AA}$$

$$= 5896 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{প্ল্যাকের ফ্র্যুবক, } h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\text{শক্তি, } E = ?$$

(খ) উদ্ধীপকের উভয় ইলেক্ট্রনের গতিবেগ একই ছিল কি? — গাণিতিক বিশ্লেষণসহ তোমার মতামত দাও।

(ক) আমরা জানি,

$$hf = K_{max} + \varphi$$

$$\text{বা, } \frac{hc}{\lambda} = K_{max} + \varphi$$

$$\therefore \lambda = \frac{hc}{K_{max} + \varphi}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J s} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{1.4 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} + 2.0 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}$$

$$= 3.65625 \times 10^{-7} \text{ m} = 3656 \text{ \AA}$$

(খ) আমরা জানি,

$$K_{max} = \frac{1}{2} m v_M^2 = 1.4 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{বা, } v_M = \sqrt{\frac{2 \times 1.4 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}}}$$

$$= 7.02 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$$

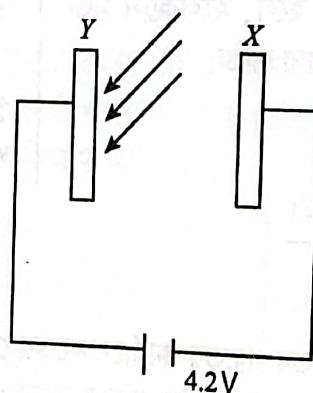
$$\text{আবার আমরা জানি, } \frac{1}{2} m v_N^2 = eV_0$$

$$\therefore v_N = \sqrt{\frac{2eV_0}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 10 \times 10^3 \text{ V}}{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}}} = 5.93 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$$

$\because v_M < v_N$, সুতরাং গাণিতিকভাবে প্রতীয়মান হয় যে, উদ্ধীপকের ইলেক্ট্রন দুটির গতিবেগ এক ছিল না।

উ: (ক) 3656 \AA ; (খ) এক ছিল না।

৮ষ ৯।



শূন্য মাধ্যমে একই রকমের দুটি ধাতব পাত X ও Y পরস্পর থেকে 4 cm দূরে অবস্থিত। Y-পাত থেকে ইলেক্ট্রন নির্গত হয়ে সরাসরি X-পাতের দিকে গতিশীল হয়। Y-পাতের কার্যাপেক্ষক 1.85 eV। দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য পাল্লা 4000 \AA থেকে 8000 \AA ।

(ক) সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য বের করো।

এখানে,

$$\text{ইলেক্ট্রনের গতিশীল, } K_{max} = 1.4 \text{ eV}$$

$$= 1.4 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{কার্যাপেক্ষক, } \varphi = 2.0 \text{ eV} = 2.0 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{প্ল্যান্কের ধ্রুবক, } h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$\text{আলোর বেগ, } c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

এখানে,

$$\text{ইলেক্ট্রনের ভর, } m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{মিথিলার ইলেক্ট্রনের বেগ, } v_M = ?$$

$$\text{বিভব পার্থক্য, } V = 10 \text{ kV} = 10 \times 10^3 \text{ V}$$

$$\text{ইলেক্ট্রনের চার্জ, } e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{নাবিলার ইলেক্ট্রনের বেগ, } v_N = ?$$

ত
ই
ন
প

(খ) দৃশ্যমান আলোর সাহায্যে Y -পাত থেকে নির্গত ইলেকট্রন X -পাতে পৌছতে পারবে কীনা বিশ্লেষণ করো।

[রা. বো. ২০১৬]

(ক) আমরা জানি,

$$\varphi = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

$$\therefore \lambda_0 = \frac{hc}{\varphi}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J s} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{1.85 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}$$

$$= 6.7196 \times 10^{-7} \text{ m} = 6719.6 \text{ Å}$$

এখানে,

$$\text{প্ল্যান্কের ধ্রুবক}, h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$\text{আলোর বেগ}, c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{কার্যাপেক্ষক}, \varphi = 1.85 \text{ eV}$$

$$= 1.85 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য}, \lambda_0 = ?$$

(খ) উদ্দীপকে প্রদত্ত দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পাল্লা থেকে প্রতীয়মান হয় যে, সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পাল্লার মধ্যে অবস্থিত। সুতরাং যে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য এ সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্যের চেয়ে কম সে আলো Y -পাত থেকে ইলেকট্রন মুক্ত করতে পারবে। কিন্তু সেই ইলেকট্রন X -পাতে পৌছবে কীনা তা নির্ভর করবে নিরুত্তি বিভবের ওপর। যদি নিরুত্তি বিভবের মান উদ্দীপকের কোষের সরবরাহকৃত বিভবের চেয়ে কম হয় তাহলে কোনো ইলেকট্রন X -পাতে পৌছতে পারবে না।

আমরা জানি, $K = e V_0$

$$\text{কিন্তু } K = hf - \varphi = \frac{hc}{\lambda_{min}} - \varphi$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J s} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{4000 \times 10^{-10} \text{ m}} - 1.85 \text{ eV}$$

$$= 4.9725 \times 10^{-19} \text{ J} - 1.85 \text{ eV}$$

$$= 3.1 \text{ eV} - 1.85 \text{ eV}$$

$$= 1.2578 \text{ eV}$$

$$\therefore V_0 = \frac{K}{e} = \frac{1.2578 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 1.2578 \text{ V}$$

এখানে,

দৃশ্যমান আলোর ক্ষুদ্রতম তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$$\lambda_{min} = 4000 \text{ Å} = 4000 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{আলোর বেগ}, c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{প্ল্যান্কের ধ্রুবক}, h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$\text{কার্যাপেক্ষক}, \varphi = 1.85 \text{ eV}$$

$$\text{ইলেকট্রনের গতিশক্তি}, K = ?$$

$$\text{ইলেকট্রনের চার্জ}, e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{কোষের দু পাতের বিভব পার্থক্য}, V = 4.2 \text{ V}$$

$$\text{নিরুত্তি বিভব}, V_0 = ?$$

গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে দেখা যায় যে, $V > V_0$; সুতরাং কোনো ইলেকট্রন X -পাতে পৌছবে না।

উ: (ক) 6719.6 Å ; (খ) কোনো ইলেকট্রন X -পাতে পৌছবে না।

[অনুচ্ছেদ ৮.১৬ : দ্য ব্রগাল তরঙ্গ]

৮ষ ১। 1 g ভরের একটি কণা 2000 m s^{-1} বেগে গতিশীল। কণাটির সাথে সংশ্লিষ্ট তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো।

আমরা জানি,

$$\lambda = \frac{h}{m v} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}}{10^{-3} \text{ kg} \times 2000 \text{ m s}^{-1}}$$

$$= 3.315 \times 10^{-34} \text{ m}$$

$$\text{উ: } 3.315 \times 10^{-34} \text{ m}$$

৮ষ ২। একটি প্রোটন আলোর বেগের $\frac{1}{20}$ বেগে গতিশীল। প্রোটনের সাথে সংশ্লিষ্ট দ্য ব্রগলি তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো।

$$\text{আমরা জানি, } \lambda = \frac{h}{m v} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J s} \times 20}{1.673 \times 10^{-27} \text{ kg} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}$$

$$= 2.64 \times 10^{-14} \text{ m}$$

$$\text{উ: } 2.64 \times 10^{-14} \text{ m}$$

৮ষ ৩। 4 m s^{-1} বেগে গতিশীল 10 g ভরের একটি পিংপং বলের সাথে সংশ্লিষ্ট দ্য ব্রগলি তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো।

আমরা জানি,

$$\lambda = \frac{h}{m v} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}}{10 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 4 \text{ m s}^{-1}}$$

$$= 1.66 \times 10^{-32} \text{ m}$$

$$\text{উ: } 1.66 \times 10^{-32} \text{ m}$$

(উল্লেখ যে, এ তরঙ্গদৈর্ঘ্য এত ক্ষুদ্র যে জাগতিক কোনো যন্ত্রের সাহায্যে পরিমাপ সম্ভব নয়।)

৮ষ ৪। 1 eV গতিশক্তিবিশিষ্ট একটি ইলেক্ট্রনের সাথে সংশ্লিষ্ট দ্য ব্রগলি তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় করো।

আমরা জানি,

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

$$\text{আবার, } p = \sqrt{2 m K}$$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 m K}} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}}{\sqrt{2 \times 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}}$$

$$= 1.23 \times 10^{-9} \text{ m} = 1.2 \text{ nm}$$

$$\text{উ: } 1.23 \text{ nm.}$$

এখানে,

$$\text{ভর, } m = 1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}$$

$$\text{বেগ, } v = 2000 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{প্রাক্কের ধ্রুবক, } h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$\text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = ?$$

এখানে,

$$\text{প্রোটনের বেগ, } v = \frac{c}{20} = \frac{3 \times 10^8}{20} \text{ m/s}$$

$$\text{প্রোটনের ভর, } m = 1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{প্রাক্কের ধ্রুবক, } h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$\text{দ্য ব্রগলি তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = ?$$

এখানে,

$$\text{ভর, } m = 10 \text{ g} = 10 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$\text{বেগ, } v = 4 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{প্রাক্কের ধ্রুবক, } h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$\text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = ?$$

এখানে,

$$\text{ইলেক্ট্রনের ভর, } m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{গতিশক্তি, } K = 1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{প্রাক্কের ধ্রুবক, } h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$\text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = ?$$