

আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের সূচনা

Introduction to Modern Physics

অধ্যায়
০৮

এ অধ্যায়ে
অনন্য A+
সংযোজন

শিখনফলের
ধারায় প্রশ্ন ও উত্তর

পাঠ্যবইয়ের সূচনাহীন
প্রশ্ন ও উত্তর

সমর্পিত অধ্যায়ের
প্রশ্ন ও উত্তর

সেরা কলেজের
প্রশ্ন বিশ্লেষণ

অ্যাপস-এ
MCQ Exam

ক্ষেত্র ভূ.মি.কা (Introduction)

১৯০০ সালের আগ পর্যন্ত পদার্থবিজ্ঞানকে চিরায়ত ও সনাতনী পদার্থবিজ্ঞান বলা হতো। ১৯০০ সালে ম্যার্ক প্ল্যান্কের কোয়ান্টাম তত্ত্ব এবং ১৯০৫ সালে আলবার্ট আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্ব পদার্থবিজ্ঞানে যুগান্তকারী আলোড়ন সৃষ্টি করে। চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞানের আলোকে যেসব ঘটনাবলি ব্যাখ্যা করা সম্ভব ছিল না, কণাবাদী বলবিজ্ঞান সহজেই তার ব্যাখ্যা দান করতে সক্ষম হয়। আধুনিক যুগে বিজ্ঞানী রন্টজেন, ম্যার্ক প্ল্যান্ক, আলবার্ট আইনস্টাইন, থমসন, মিলিক্যান, হেনরী বেকরেল, রাদারফোর্ড, পিয়ারী কুরী, মাদাম কুরী, মাকনী, আচার্য জগদীশ চন্দ্র বসু, চন্দ্রশেখর, সত্যেন্দ্রনাথ বসু, রমন, চ্যাডউইক, দ্য ব্রগলী, হাইজেনবার্গ প্রমুখ বিজ্ঞানীর আবিষ্কার নতুন দিগন্তের সূচনা করে।

► এক নজরে অধ্যায় বিন্যাস



শিক্ষার্থীদের সেরা প্রস্তুতির জন্য এ অধ্যায়টি পাঁচটি ধারাবাহিক পার্টে বিভক্ত করে উপস্থাপন করা হলো। সহজে খুঁজে বের করার জন্য প্রতিটি পার্টের সাথে পৃষ্ঠা নম্বর দেওয়া আছে। শিক্ষার্থীরা পার্টসমূহ অনুসরণে প্রস্তুতি গ্রহণ করলে পরীক্ষায় যেভাবেই প্রশ্ন আসুক না কেন, সহজেই ১০০% কমন নিশ্চিত করতে পারবে।



অনুশীলন [Practice]

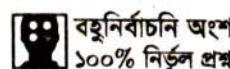
১০০% সঠিক ফরম্যাট অনুসরণে শিখনফলের ধারায় প্রশ্ন ও উত্তর



সূজনশীল অংশ

কমন উপযোগী প্রশ্ন ও উত্তর

পৃষ্ঠা : ১৫-৫৫



বহুনির্বাচনি অংশ

১০০% নির্ভুল প্রশ্ন ও উত্তর

পৃষ্ঠা : ৫৫৬-৫৭১



যাচাই ও মূল্যায়ন [Assessment & Evaluation]

মডেল টেস্ট আকারে সূজনশীল ও বহুনির্বাচনি প্রশ্নবাণিক পৃষ্ঠা ৫২



এক্সক্লুসিভ সাজেশন্স [Exclusive Suggestions]

কলেজ পরীক্ষা ও ইচ্যুএসসি পরীক্ষা উপযোগী সাজেশন্স পৃষ্ঠা ৫৪



বিকল্প প্রস্তুতি [Alternative Preparation]

গতানুগতিক ধারার গুরুত্বপূর্ণ প্রশ্নের সমন্বয়ে বিশেষ পাঠ পৃষ্ঠা ৫৪



এক্সক্লুসিভ টিপস [Exclusive Tips]

পৃষ্ঠাগত প্রস্তুতি নিশ্চিতকরে অভিনব কৌশলভিত্তিক নির্দেশনা পৃষ্ঠা ৫৪

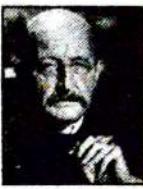


EXCLUSIVE ITEMS Admission Test After HSC

- মেডিকেল, ইঞ্জিনিয়ারিং ও বিশ্ববিদ্যালয় ভর্তি পরীক্ষায় আসা প্রশ্নোত্তর পৃষ্ঠা ৫৪



অধ্যায় সংশ্লিষ্ট ৩ বিজ্ঞানীর পরিচিতি



জি মার্ক বিজ্ঞানী ম্যার্ক প্ল্যান্ক কোয়ান্টাম মেকানিজ্মের আবিষ্কারক হিসেবে খ্যাত। কোয়ান্টাম মেকানিজ্মের সাহায্যে পরমাণুর গঠন ব্যাখ্যা করা যায়। প্ল্যান্ক ১৯১৮ সালে নোবেল পুরস্কার লাভ করেন।



প দার্থবিজ্ঞানী আলবার্ট আইনস্টাইন আপেক্ষিকতার তত্ত্ব এবং ভরণশক্তি সমতুল্যতার সূত্র আবিষ্কারের জন্য বিখ্যাত। আলোক-তড়িৎ ক্রিয়া সম্পর্কিত গবেষণার জন্য তিনি নোবেল পুরস্কার লাভ করেন।

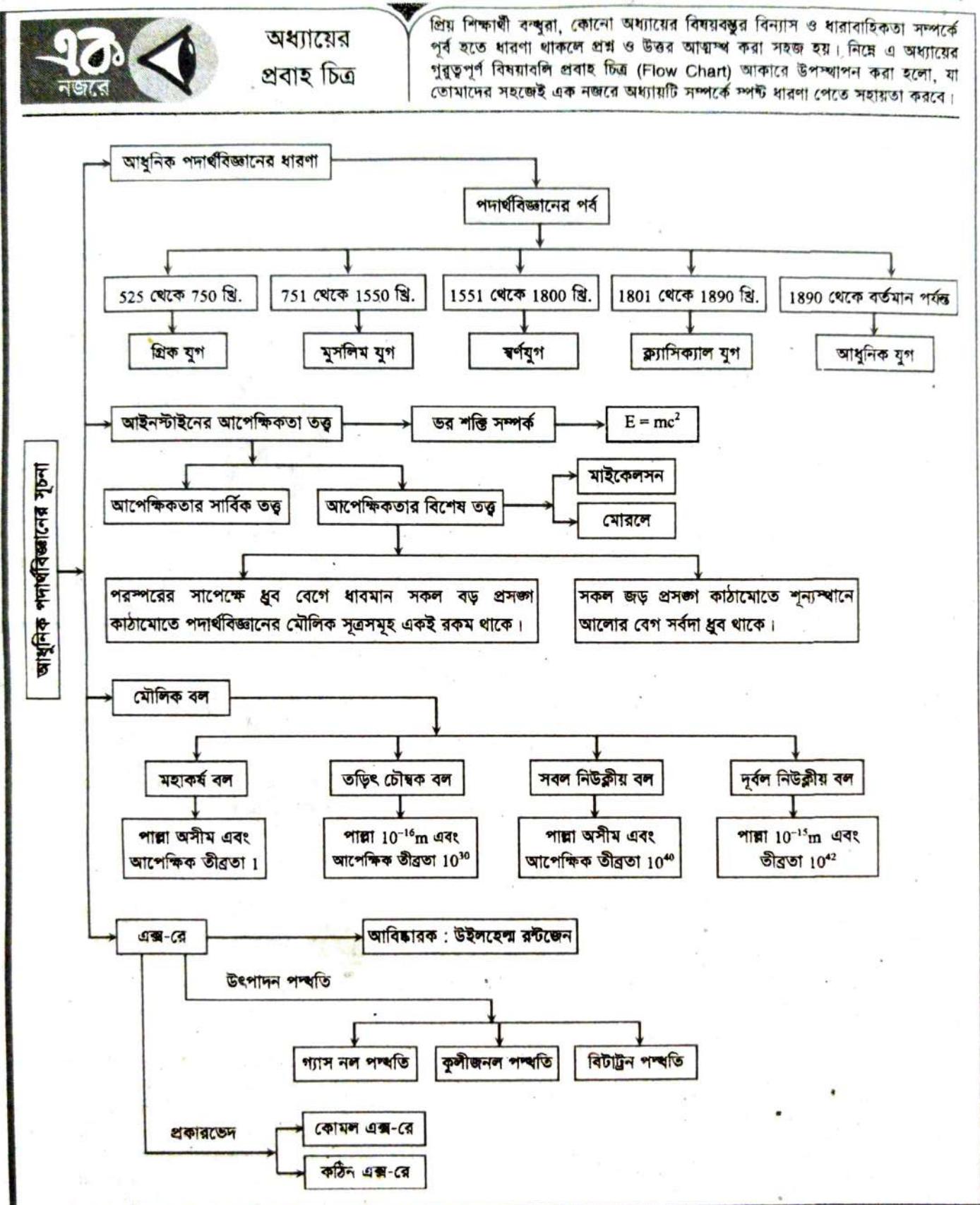


ন ইস দ্য ব্রগলী নোবেল পুরস্কার জীবী ফরাসি পদার্থবিদ। তিনি প্রথম পদার্থের তরঙ্গ ধর্মের ধারণা দেন এবং এ ধারণার মাধ্যমে নীলস বোরের কোয়ান্টাম তত্ত্বের নিয়মের ব্যাখ্যা প্রদান করেন।



ও.য়ে.ব.সা.ই.ট তথ্য সংযোগ

অধ্যায়টিকে বিষয়বস্তুর ওপর শিখনফলের ধারাবাহিকতার প্রশ্ন তৈরিতে এবং উত্তরকে তথ্যবহুল ও নিষ্কৃতা নিশ্চিতকরণে বোর্ড বইয়ের পাশাপাশি নিম্নোক্ত ওয়েবের লিঙ্কের সহায়তা নেওয়া হয়ে—
en.wikipedia.org/wiki/Modern_physics
en.wikipedia.org/wiki/Michelson–Morley_experiment
en.wikipedia.org/wiki/Theory_of_relativity
en.wikipedia.org/wiki/Galilean_transformation
en.wikipedia.org/wiki/Mass–energy_equivalence
en.wikipedia.org/wiki/Fundamental_interaction
en.wikipedia.org/wiki/Photoelectric_effect
en.wikipedia.org/wiki/Matter_wave



অধ্যায় বিশ্লেষণ (Chapter Analysis)

- ৮৯ টি সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর (বোর্ড প্রশ্ন ২৯টি + অনুশীলনীর প্রশ্ন ৪৫টি + মাস্টার ট্রেইনার প্রশ্ন ১০টি + কলেজ প্রশ্ন ৮টি + সমর্পিত প্রশ্ন ১টি)
- ৩২৮ টি বহুবিকাশনি প্রশ্ন ও উত্তর (বোর্ড প্রশ্ন ৬২টি + মাস্টার ট্রেইনার প্রশ্ন ১৯৮টি + কলেজ প্রশ্ন ১১৬টি + অনুশীলনীর প্রশ্ন ৫২টি)

অনলাইনে প্রস্তুতি যাচাই



সূজনশীল যডেল টেক্স্ট ০৫টি
বহুবিকাশনি যডেল টেক্স্ট ০৫টি

PART

01



অনুশীলন
Practice

প্রিয় শিক্ষার্থী, Part 01 সম্পূর্ণভাবে অনুশীলন নির্ভর; যা মূলত দুটি অংশে বিভক্ত— সূজনশীল অংশ ও বহুনির্বাচনি অংশ। তোমাদের অনুশীলনের সুবিধার্থে NCTB অনুযোগিত পাঠ্যবইসমূহের অনুশীলনীর প্রথা ও উভয়ের পাশাপাশি এইচএসসি পরীক্ষা, মাস্টার ট্রেইনার প্যানেল, শীর্ষস্থানীয় কলেজ ও সমর্পিত অধ্যায়ের প্রশ্নোত্তর সংযোজন করা হয়েছে। প্রথা ও উভয়ের সর্বশেষ সংশোধিত ফরমাট অনুসৃত হয়েছে।

অধ্যায়ের শিখনফল

- অধ্যায়টি অনুশীলন করে আমি যা জানতে পারব—
- আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের ধারণা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- জড় কাঠামো ও অজড় কাঠামো ব্যাখ্যা করতে পারব।
- মাইকেলসন-মোরলে পরীক্ষার ফলাফল বিশ্লেষণ করতে পারব।
- আইনস্টাইনের আপেক্ষিক তত্ত্ব ব্যাখ্যা করতে পারব।
- গ্যালিলিয়ান রূপান্তর ও লরেন্টজ রূপান্তর ব্যাখ্যা করতে পারব।
- আপেক্ষিকতা তত্ত্ব অনুসারে সময় সম্প্রসারণ, দৈর্ঘ্য সংকোচন এবং ভর বৃদ্ধি বর্ণনা করতে পারব।
- ভর শক্তির সম্পর্ক ব্যাখ্যা করতে পারব।
- মৌলিক চারটি বল ব্যাখ্যা করতে পারব।
- মহাকাশ ভ্রমণে আপেক্ষিকতা তত্ত্বের সময় সম্প্রসারণ ও দৈর্ঘ্য সংকোচনের নিয়ম ব্যবহার করতে পারব।
- প্রাক্তের কালো বক্তুর বিকিরণ ব্যাখ্যা করতে পারব।
- এক্সের উৎপাদন প্রক্রিয়া বর্ণনা করতে পারব।
- আইনস্টাইনের ফটোইলেক্ট্রিক ক্রিয়ার ঘটনা বর্ণনা করতে পারব।
- দ্য ব্রগলীর তরঙ্গ ধারণা ব্যাখ্যা করতে পারব।
- কম্পটন ক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারব।
- হাইজেনবার্গের অনিচ্ছ্যতার নীতি ব্যাখ্যা করতে পারব।



সকল বোর্ডের এইচএসসি পরীক্ষার সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রিয় শিক্ষার্থী, সারা দেশের ৮টি শিক্ষা বোর্ডের এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৯, ২০১৮, ২০১৭, ২০১৬ ও ২০১৫-এ আসা এ অধ্যায়ের সূজনশীল প্রশ্নসমূহের যথাযথ উত্তর নিচে সংযোজিত হলো। এসব প্রশ্ন ও উত্তর অনুশীলনের মাধ্যমে তোমরা এইচএসসি পরীক্ষার প্রয় ও উভয়ের ধরন সম্পর্কে স্পষ্ট ধারণা পাবে।

এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৯ এর প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ১: ইলেক্ট্রনের সাথে সংযোগের ফলে 4400 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আপত্তি ফোটন 60° কোণে বিকিঞ্চ হয়ে একটি ধাতব পৃষ্ঠকে আঘাত করে। ধাতব পৃষ্ঠের কার্যাপেক্ষক 2.5 eV । ($h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$, $m_0 = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

ক. ফটোইলেক্ট্রন কাকে বলে?

খ. বেগুনী আলোর শক্তি লাল আলোর চেয়ে বেশি কেন? ব্যাখ্যা কর।

গ. আপত্তি ফোটনের শক্তি কত?

ঘ. ফটোইলেক্ট্রন ও বিকিঞ্চ ইলেক্ট্রনের মধ্যে কোনটির পতিশূলি বেশি হবে— যাচাই কর।

১

২

৩

৪

৫

৬

৭

৮

[ঢ. বো. '১৯]

১নং প্রশ্নের উত্তর

প্রশ্ন ২: যথাযথ উচ্চ কম্পাক্ষের আলোক রশ্মি কোনো ধাতব পৃষ্ঠে আপত্তি হলে তা থেকে ইলেক্ট্রন নিঃসৃত হয়, এই ইলেক্ট্রনকে ফটোইলেক্ট্রন বলে।

প্রশ্ন ৩: আমরা জানি, আলো ফোটন আকারে নিঃসৃত হয় এবং ফোটনের শক্তি, $E = hv$ বা $E \propto v$ অর্থাৎ আলো তথা ফোটনের শক্তি এর কম্পাক্ষের সমানুপাতিক।

আমরা জানি, বেগুনি আলোর কম্পাক্ষক লাল আলো অপেক্ষা বেশি। ফলে উপরোক্ত সম্পর্ক অনুসারে বেগুনি আলোর শক্তি লাল আলোর চেয়ে বেশি।

এখানে,

আপত্তি ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 4400 \text{ Å} = 4400 \times 10^{-10} \text{ m}$

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

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

\therefore আপত্তি ফোটনের শক্তি,

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

$$= 6.63 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{4400 \times 10^{-10}} \text{ J} = 4.52 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\therefore E = 2.83 \text{ eV}$$

প্রশ্ন ৪: বিকিঞ্চ ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ' হলে,

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

$$m_0 = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

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

$$\phi = 60^\circ$$

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

$$W_0 = 2.5 \text{ eV}$$

আমরা জানি,

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \phi)$$

$$\text{বা, } \lambda' = \left\{ \frac{6.63 \times 10^{-34}}{(9.1 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8)} (1 - \cos 60^\circ) + 4400 \times 10^{-10} \right\} \text{ m}$$

$$\therefore \lambda' = 4400.0121 \times 10^{-10} \text{ m}$$

বিক্ষিপ্ত ইলেকট্রনটির গতিশক্তি,

$$\begin{aligned} E &= \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} \\ &= hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'} \right) \\ &= 6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 \left(\frac{1}{4400 \times 10^{-10}} - \frac{1}{4400.0121 \times 10^{-10}} \right) \\ &= 1.25 \times 10^{-24} \text{ J} \\ \therefore E &= 7.77 \times 10^{-6} \text{ eV} \end{aligned}$$

ফটো ইলেকট্রনের গতিশক্তি,

$$\begin{aligned} E' &= \frac{hc}{\lambda} - W_0 \\ &= \left(\frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4400 \times 10^{-10}} - 2.5 \times 1.6 \times 10^{-19} \right) \text{ J} \\ &= 5.2 \times 10^{-20} \text{ J} \\ \therefore E' &= 0.33 \text{ eV} \end{aligned}$$

উপরোক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যাচ্ছে, $E' > E$

অর্থাৎ ফটো ইলেকট্রনের গতিশক্তি বিক্ষিপ্ত ইলেকট্রন অপেক্ষা বেশি হবে।

প্রয়োগ ২ ফাহিম পদার্থবিজ্ঞানের একজন ছাত্র। তিনি পর্যায়ক্রমে $4 \times 10^{-7} \text{ m}$ ও $7.8 \times 10^{-7} \text{ m}$ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোক রশ্মি ব্যবহার করে ফটোইলেক্ট্রন নির্গমন পরীক্ষা সম্পন্ন করলেন। তার পরীক্ষায় ব্যবহৃত ধাতুর কর্ম অপেক্ষক 2.3 eV । [দেওয়া আছে, $1 = \text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J-s}$, $C = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$]

- ক. তাপের যান্ত্রিক সমতা কাকে বলে? ১
 খ. বৈদ্যুতিক লাইনে কাজ করার সময় DC 220 V অপেক্ষা AC-220 V লাইন বেশি বিপজ্জনক— কারণ ব্যাখ্যা কর। ২
 গ. ব্যবহৃত ধাতুর ক্ষেত্রে সূচন কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। ৩
 ঘ. উদ্ধীপকে বর্ণিত উভয় ক্ষেত্রে আলোক তড়িৎ ত্রিয়া সংঘটিত হবে কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার মতামত দাও। ৪

[যা. বো. '১৯]

২নং প্রশ্নের উত্তর

ক. এক একক তাপ উৎপন্ন করতে যে পরিমাণ কাজ করতে হয় বা এক একক তাপ ছারা যে পরিমাণ কাজ করা যায়, তাকে তাপের যান্ত্রিক সমতা বলে।

খ. 220 V A.C-এর ক্ষেত্রে,

তড়িচালক শক্তি, $E_{rms} = 220 \text{ V}$

এর শীর্ষমান, $E = \sqrt{2} \times E_{rms} = \sqrt{2} \times 220 \text{ V} = 311 \text{ V}$
 সূতরাং, কোনো ব্যক্তি যদি 220 V D.C শক পান তাহলে তা 220 V ছারা হবে। কিন্তু 220 V A.C শক পেলে তিনি সর্বাধিক শক পাবেন 311 V এর, যা 220 V এর শক এর চেয়ে অনেক বেশি। তাই বৈদ্যুতিক লাইনে কাজ করার সময় DC 220 V অপেক্ষা AC 220 V লাইন বেশি বিপজ্জনক।

গ. এখানে, প্লাজ্মের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J-s}$

কর্ম অপেক্ষক, $\phi = 2.3 \text{ eV} = 2.3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 3.68 \times 10^{-19} \text{ J}$

সূচন কম্পাঙ্ক, $f_0 = ?$

আমরা জানি,

$$\phi = hf_0$$

$$\text{বা, } f_0 = \frac{\phi}{h} = \frac{3.68 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ Hz}}$$

$$\therefore f_0 = 5.55 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

অতএব, উদ্ধীপকে ব্যবহৃত ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক $5.55 \times 10^{14} \text{ Hz}$ ।

(১) নির্মিত সূজনশীল পদার্থবিজ্ঞান বিত্তীয় পত্র একাদশ-স্বাদশ শ্রেণি

‘গ’ হতে পাই,

ব্যবহৃত ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক, $f_0 = 5.55 \times 10^{14} \text{ Hz}$

$$\begin{aligned} f_1 &= \frac{c}{\lambda_1} \\ &= \frac{3 \times 10^8}{4 \times 10^{-7} \text{ m}} \text{ Hz} \\ &= 7.5 \times 10^{14} \text{ Hz} \end{aligned}$$

এখানে,

$$\begin{aligned} c &= 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} \\ \lambda_1 &= 4 \times 10^{-7} \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{এবং } f_2 &= \frac{c}{\lambda_2} \\ &= \frac{3 \times 10^8}{7.8 \times 10^{-7} \text{ m}} \text{ Hz} \\ &= 3.85 \times 10^{14} \text{ Hz} \end{aligned}$$

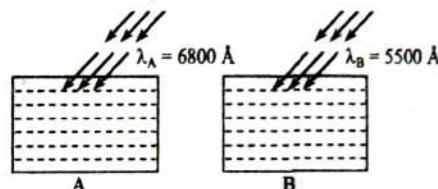
এখানে,

$$\begin{aligned} c &= 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} \\ \lambda_2 &= 7.8 \times 10^{-7} \text{ m} \end{aligned}$$

উপরোক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যাচ্ছে, $f_1 > f_0$ কিন্তু, $f_2 < f_0$ অর্থাৎ, উদ্ধীপকে ব্যবহৃত প্রথম রশ্মির কম্পাঙ্ক ব্যবহৃত ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক অপেক্ষা বেশি কিন্তু ২য় রশ্মির কম্পাঙ্ক ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক অপেক্ষা কম।

অতএব, ১ম ক্ষেত্রে আলোক তড়িৎ প্রক্রিয়া সংঘটিত হলেও ২য় ক্ষেত্রে হবে না।

প্রয়োগ ৩



চিত্রে A ও B দুটি ধাতব পাত। পাত দুটির কার্য অপেক্ষক W_A এবং W_B যথাক্রমে 2.1 eV এবং 2.0 eV । আলোক উৎস থেকে যথাক্রমে 6800 \AA এবং 5500 \AA তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোকরশ্মি আপত্তি হয়।

ক. দৈর্ঘ্য সংকোচন কাকে বলে? ১

খ. আপেক্ষিকতার তত্ত্বতে কোনো বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হতে পারে না— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. B ধাতব পাতের সূচন কম্পাঙ্ক কত? ৩

ঘ. উদ্ধীপকে A ও B উভয় পাতে ফটোতড়িৎ ত্রিয়া সংঘটিত হবে কি-না—গাণিতিকভাবে মতামত দাও। ৪

[যা. বো. '১৯]

৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে কোনো বস্তুর গতিশীল অবস্থার দৈর্ঘ্য এ বস্তুর স্থির অবস্থার দৈর্ঘ্যের চেয়ে ছোট হওয়াকে দৈর্ঘ্য সংকোচন বলে।

খ. ভরের আপেক্ষিকতা থেকে আমরা জানি, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

যদি কোনো বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হয় অর্থাৎ, $v = c$ হয় তবে এই সমীকরণ অনুসারে বস্তুর ভর অসীম হয়ে যায়। যা সত্ত্বেও নয়। সূতরাং, কোনো বস্তু বেগ আলোর সমান বেগে চলতে পারে না।

গ. এখানে,

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

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

সূচন কম্পাঙ্ক, $f_0 = ?$

আমরা জানি,

$$W_B = hf_0$$

$$\text{বা, } f_0 = \frac{W_B}{h} = \frac{2.0 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ J-s}}$$

$$\therefore f_0 = 4.83 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

সূতরাং B পাতের সূচন কম্পাঙ্ক $4.83 \times 10^{14} \text{ Hz}$.

এখানে, A পাতের কার্যাপেক্ষক, $W_A = 2.1 \text{ eV}$

B পাতের কার্যাপেক্ষক, $W_B = 2.0 \text{ eV}$

A পাতের উপর আপত্তি আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$$\lambda_A = 6800 \text{ Å} = 6800 \times 10^{-10} \text{ m}$$

B পাতের উপর আপত্তি আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$$\lambda_B = 5500 \text{ Å} = 5500 \times 10^{-10} \text{ m}$$

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

আমৰা জানি, এখন, A পাতেৰ ক্ষেত্ৰে,

$$E_A = hf_A$$

$$= h \frac{c}{\lambda_A} \\ = \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{6800 \times 10^{-10} \text{ m}} \\ = 2.925 \times 10^{-19} \text{ J} = 1.83 \text{ eV}$$

যেহেতু $E_A < W_A$ সেহেতু A পাতে ফটো তড়িৎ ক্ৰিয়া সংঘটিত হবে না।

আবার, B পাতেৰ ক্ষেত্ৰে,

$$E_B = hf_B$$

$$= h \frac{c}{\lambda_B} \\ = \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{5500 \times 10^{-10} \text{ m}} \\ = 3.616 \times 10^{-19} \text{ J} = 2.26 \text{ eV}$$

যেহেতু, $E_B > W_B$ সেহেতু B পাতে ফটো তড়িৎ ক্ৰিয়া সংঘটিত হবে।

প্ৰয়োগ ৩ | 1 m লম্বা একটি ধাতব বস্তুৰ ঘনত্ব পৃথিবীৰ পৃষ্ঠে $1.8 \times 10^4 \text{ kg m}^{-3}$ । বস্তুটিকে একটি বিশেষ যন্ত্ৰেৰ মাধ্যমে দৈৰ্ঘ্য বৰাবৰ 0.9 c বেগে গতিশীল কৰা হলো।

ক. কাল দীৰ্ঘায়ন কাকে বলে?

১

খ. তড়িৎ ক্ষেত্ৰেৰ কোনো বিন্দুতে প্ৰাবল্য শূন্য হলে বিভও

কি শূন্য হয়?

২

গ. গতিশীল অবস্থায় বস্তুটিৰ দৈৰ্ঘ্য নিৰ্ণয় কৰ।

৩

ঘ. গতিশীল বস্তুটিৰ ঘনত্ব কি পৰিমাণ বাড়বে বা কমবো গাপিতিকভাৱে যাচাই কৰ।

৪

[ক. বো. '১৯]

৪৩৮ প্ৰশ্নৰ উত্তৰ

কোনো পৰ্যবেক্ষকেৰ সাপেক্ষে গতিশীল অবস্থায় সংঘটিত দুটি ঘটনাৰ মধ্যবৰ্তী কাল ব্যবধান ঐ পৰ্যবেক্ষকেৰ সাপেক্ষে নিশ্চল অবস্থায় সংঘটিত ঐ একই ঘটনাবৰয়েৰ মধ্যবৰ্তী কাল ব্যবধানেৰ চেয়ে বেশি হবে, এ ঘটনাকে কাল দীৰ্ঘায়ন বলে।

আমৰা জানি, তড়িৎক্ষেত্ৰেৰ কোনো বিন্দুৰ প্ৰাবল্য ঐ বিন্দুৰ দূৰত্ব সাপেক্ষে বিভওৰেৰ পৰিবৰ্তনেৰ হাৰেৰ সমানুপাতিক। অৰ্থাৎ তড়িৎ প্ৰাবল্য E, তড়িৎ বিভৱ V হলো,

$$E = - \frac{dV}{dr}$$

অতএব, তড়িৎ প্ৰাবল্য শূন্য হলে, তড়িৎ বিভৱ শূন্য নাও হতে পাৱে।

ধৰি, গতিশীল অবস্থায় ধাতব বস্তুৰ দৈৰ্ঘ্য L

উদ্বৃপক হতে, বস্তুৰ দৈৰ্ঘ্য, $L_0 = 1 \text{ m}$; বেগ, $v = 0.9c$

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

$$= 1 \text{ m} \sqrt{1 - \left(\frac{0.9c}{c}\right)^2}$$

$$= 1 \text{ m} \sqrt{1 - 0.81} = 0.436 \text{ m}$$

সূতৰাং গতিশীল অবস্থায় ধাতব বস্তুটিৰ দৈৰ্ঘ্য 0.436 m।

১ উদ্বৃপক অনুসারে, বস্তুৰ বেগ, $v = 0.9 c$

ধৰি, বস্তুৰ নিশ্চল ভৰ m₀

এবং গতিশীল অবস্থায় ভৰ, m

আদি ঘনত্ব, $\rho_0 = 1.8 \times 10^4 \text{ kg m}^{-3}$

আদি দৈৰ্ঘ্য, $L_0 = 1 \text{ m}$

গ নং হতে, চলমান দৈৰ্ঘ্য, $L = 0.436 \text{ m}$

মনে কৰি, বস্তুৰ প্ৰস্থ x, উচ্চতা y এবং দৈৰ্ঘ্য z অক্ষ বৰাবৰ।

∴ আদি আয়তন, $V_0 = 1 \times x \times y = xy \text{ m}^3$

এবং পৰিবৰ্তিত আয়তন, $V = 0.436 \text{ m} \times x \times y$

$$= 0.436 xy \text{ m}^3 = 0.436 V_0$$

$$\text{আবাৰ, } m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.9c}{c}\right)^2}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - 0.81}} = \frac{m_0}{0.436}$$

$$\text{আদি ঘনত্ব, } \rho_0 = \frac{m_0}{V_0}$$

$$\therefore \text{পৰিবৰ্তিত ঘনত্ব, } \rho = \frac{m}{V} = \frac{\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}}{0.436 V_0}$$

$$= \frac{m_0}{V_0} \times \frac{1}{(0.436)^2} = 1.8 \times 10^4 \text{ kg m}^{-3} \times 5.26$$

$$\therefore \rho = 94.68 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\rho > \rho_0$$

$$\text{বা, } \rho = \rho - \rho_0 = (94.68 \times 10^3 - 1.8 \times 10^4) \text{ kg m}^{-3}$$

$$\therefore \Delta \rho = 76.68 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

অতএব, গতিশীল বস্তুটিৰ ঘনত্ব $76.68 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ বাড়বে।

প্ৰয়োগ ৪ | তোমাৰ বন্ধু একটি অতিদৃৢুত গতিসম্পন্ন কাছনিক গাড়িতে 0.76 c গতিতে তোমাৰ পাশ দিয়ে চলে গেল। গাড়িটি 5.80 m লম্বা বলে তোমাৰ কাছে মনে হলো।

ক. পালসাৰ নক্ষত্ৰ কী?

খ. কোন শক্তে মহাবিশ্বে মহাসংকোচন শুৰু হবে? ব্যাখ্যা কৰ।

গ. স্থিৰ অবস্থায় গাড়িটিৰ দৈৰ্ঘ্য কত হবে?

ঘ. তোমাৰ ঘড়িতে 20 sec সময় অতিবাহিত হলে তোমাৰ বন্ধুৰ ঘড়িতে অতিবাহিত সময় বেশি না কম হবে? গাপিতিকভাৱে যাচাই কৰ।

[চ. বো. '১৯]

৪৩৯ প্ৰশ্নৰ উত্তৰ

ক কোনো নক্ষত্ৰ যখন সুপাৰনোভা হিসেবে বিস্কোৱিত হয় তখন এৰ কোৱা বা মূল বস্তুৰ চাপ এত বেশি হয় যে প্ৰোটন ও নিউট্ৰন একত্ৰিত হয়ে নিউট্ৰন গঠন কৰে। এদেৱকে নিউট্ৰন নক্ষত্ৰ বা পালসাৰ বলে।

খ ρ_0 এৰ চেয়ে ρ বড় হলে মহাবিশ্ব আবস্থা হবে এবং সাথে সাথে বা কিছুকাল পৰে মহাকৰ্ষ প্ৰসাৱণ থামিয়ে দেবে। এৰ ফলে মহাবিশ্ব সংকুচিত হতে শুৰু কৰবে। ঘটনাৰ পৰম্পৰায় হবে মহাবিস্কোৱণেৰ পৰ যা যা ঘটেছিল তাৰ বিপৰীত ফলে কড়কড়, যড়মড় মহাশৰ্দে ভেঙে এক চৰম সম্বৰ্ধকল উপস্থিত হবে এবং মহাবিশ্বেৰ অঘণ্টণ মৃত্যু হবে। এৱপৰ অন্য একটি মহাবিস্কোৱণ যদি ঘটে তাহলে মহাবিশ্বেৰ শুৰু ও শেষ হবে চৰোকাৰ যাব কোনো শুৰু বা শেষ নেই।

ঘ এখানে, গাড়িৰ বেগ, $v = 0.76 c$

গতিশীল অবস্থায় গাড়িৰ দৈৰ্ঘ্য, $L = 5.80 \text{ m}$

স্থিৰ অবস্থায় গাড়িৰ দৈৰ্ঘ্য, $L_0 = ?$

আমৰা জানি,

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

$$\text{বা, } L_0 = \frac{5.80}{\sqrt{1 - \frac{(0.76 c)^2}{c^2}}} = 8.924 \text{ m}$$

অতএব, স্থিৰ অবস্থায় গাড়িৰ দৈৰ্ঘ্য হবে 8.924 m।

ঘ এখানে, গাড়ির বেগ, $v = 0.76 c$
স্থির ঘড়িতে সময় ব্যবধান, $t = 20 \text{ s}$
গতিশীল ঘড়িতে সময় ব্যবধান, $t_0 = ?$

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

$$\text{বা, } t_0 = t \times \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = t \times \sqrt{1 - \frac{(0.76 c)^2}{c^2}} = 20 \times 0.6499 = 12.998 \text{ s}$$

এখানে, $t_0 < t$
∴ বস্তুর ঘড়িতে অতিবাহিত সময় কম হবে।

প্রশ্ন ৭ | কোনো পরমাণুর দূটি ইলেক্ট্রনের বেগ যথাক্রমে $0.90 c$ এবং $0.99 c$ । এখানে c হলো আলোর বেগ এবং ইলেক্ট্রনের স্থির ভর $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ।

ক. ফোটন কাকে বলে?

খ. একই আকারের কাছের বস্তু অপেক্ষা দূরের বস্তুকে ছোট দেখি কেন ব্যাখ্যা কর।

গ. হিতীয় ইলেক্ট্রনটির গতিশীল ভর নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্দীপকের কোনো ইলেক্ট্রনের আপেক্ষিক গতিশীল বেশি হবে? গাণিতিকভাবে যাচাইপূর্বক মন্তব্য কর।

[ব. বো. '১৯]

৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো বস্তু থেকে আলো বা শক্তির নিঃসরণ নিরবচ্ছিন্নভাবে হয় না। শক্তি বা বিকিরণ ছিন্নায়িত অর্থাৎ গুচ্ছগুচ্ছ আকারে প্যাকেট বা কোয়ান্টাম হিসেবে নিঃস্ত হয়। আলো তথা যেকোনো বিকিরণ সংখ্য কোয়ান্টাম সমষ্টি। আলোর এই কণা বা প্যাকেটই হলো ফোটন।

খ দূরের জিনিস ছোট দেখার কারণ উভল লেসে লক্ষ্যবস্তু লেস থেকে যত দূরে হবে উভল লেস লক্ষ্যবস্তুর তত ছোট বিষ গঠন করে। মানুষের চোখের লেস উভল প্রকৃতির তাই চোখের লেসে দূরের বস্তুর খরিত এবং উল্লেখ বিষ গঠন করে তাই দূরের জিনিস ছোট দেখা যায়।

ঘ এখানে, ইলেক্ট্রনের স্থির ভর, $m_0 = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

ইলেক্ট্রনের বেগ, $v = 0.99 c$

ইলেক্ট্রনটির গতিশীল ভর,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{9.1 \times 10^{-31}}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.99 c}{c}\right)^2}} \text{ kg}$$

$$\therefore m = 6.45 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

অতএব, উদ্দীপকের হিতীয় ইলেক্ট্রনটির গতিশীল ভর $6.45 \times 10^{-30} \text{ kg}$ ।

ঙ ‘গ’ হতে পাই,

হিতীয় ইলেক্ট্রনটির গতিশীল ভর, $m = 6.45 \times 10^{-30} \text{ kg}$

এখন, ১ম ইলেক্ট্রনটির গতিশীল ভর,

$$m' = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v'^2}{c^2}}} = \frac{9.1 \times 10^{-31}}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.9 c}{c}\right)^2}} \text{ kg}$$

$$\therefore m' = 2.09 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

১ম ইলেক্ট্রনটির আপেক্ষিক গতিশীল,

$$T' = m'c^2 - m_0c^2$$

$$\text{বা, } T' = (m' - m_0)c^2$$

$$= (2.09 \times 10^{-30} - 9.1 \times 10^{-31}) \times (3 \times 10^8)^2 \text{ J}$$

$$= 1.06 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$\therefore T' = 662446.8 \text{ eV}$$

এখানে,
 $m_0 = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$
 $v' = 0.90 c$

২য় ইলেক্ট্রনটির আপেক্ষিক গতিশীল,

$$T = mc^2 - m_0c^2$$

$$\text{বা, } T = (m - m_0)c^2 = (6.45 \times 10^{-30} - 9.1 \times 10^{-31}) \times (3 \times 10^8)^2 \text{ J}$$

$$\text{বা, } T = 4.99 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$\therefore T = 3116250 \text{ eV}$$

দেখা যাচ্ছে, $T > T'$

অতএব, উদ্দীপকের ২য় ইলেক্ট্রনটির আপেক্ষিক গতিশীল বেশি হবে।

প্রশ্ন ৮ | এককণ্ড ধাতুর উপর 2800 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের এবং $5.55 \times 10^{14} \text{ Hz}$ সূচন কম্পাঙ্কের আলো পতিত হলে ধাতু থেকে ফটোইলেক্ট্রন নির্গত হয়।

ক. অপবর্তনের সংজ্ঞা দাও।

খ. Reverse Bias-এ বিভব প্রাচীরের উচ্চতা বৃদ্ধি পায়—
ব্যাখ্যা কর।

গ. নির্গত ফটোইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ নির্ণয় কর।

ঘ. ধাতু খণ্ডের উপর 3800 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপত্তি হলে ইলেক্ট্রন নির্গত হবে কি না?
গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[বি. বো. '১৯]

৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো প্রতিবন্ধকের ধার ঘৰ্ষে বা সরু ছিদ্রের মধ্য দিয়ে যাওয়ার সময় আলো কিছুটা বেঁকে যাওয়ার ঘটনাকে অপবর্তন বলে।

খ বিদ্যুতী বৌকে কোথের ধনাত্মক প্রান্ত p-টাইপ এবং ঝণাত্মক প্রান্ত p-টাইপ বস্তুর সাথে সংযুক্ত থাকে। এক্ষেত্রে p-টাইপ বস্তুর মুক্ত ইলেক্ট্রন ধনাত্মক প্রান্তের আকর্ষণের ফলে p-টাইপ বস্তুতেই থেকে যায় এবং জাহান পার হয়ে কিছুতেই p-টাইপ বস্তুতে যেতে পারে না। একই কারণে p-টাইপ বস্তুর হোলও p-টাইপ বস্তু অংশেই থেকে যায়। ফলে Reverse Bias-এ বিভব প্রাচীরের উচ্চতা বৃদ্ধি পায়।

গ আপত্তি ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 2800 \text{ Å} = 2.8 \times 10^{-7} \text{ m}$
ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক, $f_0 = 5.55 \times 10^{14} \text{ Hz}$

ফটোইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ, $v_{\max} = ?$

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } \frac{hc}{\lambda} = hf_0 + K_{\max}$$

$$\text{বা, } K_{\max} = \frac{hc}{\lambda} - hf_0$$

$$= \frac{6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2.8 \times 10^{-7}} - 6.626 \times 10^{-34} \times 5.55 \times 10^{14}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} mv_{\max}^2 = 7.09 \times 10^{-19} - 3.67 \times 10^{-19}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} mv_{\max}^2 = 3.42 \times 10^{-19}$$

$$\text{বা, } v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \times 3.42 \times 10^{-19}}{9.1 \times 10^{-31}}} = 8.67 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$$

ঘ উদ্দীপকের ধাতুটির কার্যপেক্ষক,

$$\varphi = hf_0 = 6.626 \times 10^{-34} \times 5.55 \times 10^{14} \text{ J} = 3.67 \times 10^{-19} \text{ J}$$

২য় ক্ষেত্রে আপত্তি আলোর শক্তি,

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3800 \times 10^{-10}} = 5.23 \times 10^{-19} \text{ J}$$

যেহেতু আপত্তি আলোর শক্তি (E) ধাতুর কার্যপেক্ষক (φ) এর চেয়ে বেশি।

অতএব ইলেক্ট্রন নির্গত হবে।

১৩ এইচএসসি পৱীক্ষা ২০১৭ এৰ প্ৰশ্ন ও উত্তৰ

প্ৰশ্ন ৮ ধৰি, ৩৭০ আলোক বৰ্ষ দূৰে অবস্থিত প্ৰাণীৰ বসবাস উপযোগী একটি গ্ৰহেৰ সম্মান পেয়ে নাসাৰ বিজ্ঞানীৱা ৫০ বছৰ বয়সী একটি কাছিমকে $0.7 c$ বেগে চলমান নভোযানে কৰে ত্ৰি গ্ৰহেৰ উদ্দেশ্যে পাঠায়। কাছিমেৰ ভৰ 30 kg এবং গড় আয়ু 450 বছৰ। । ।
আলোক বৰ্ষ $= 9.46 \times 10^{15} \text{ m}$

- ক.** ফোটন কী? ১
- খ.** মহাশূন্যে নভোচাৰীৱা আকাশ কী রকম দেখবে? ২
- গ.** চলন্ত অবস্থায় কাছিমেৰ শক্তি নিৰ্গত কৰ। ৩
- ঘ.** কাছিমটি জীবিত অবস্থায় ত্ৰি গ্ৰহে পৌছতে সক্ষম হবে কি-না যাচাই কৰ। ৪

[ঢা. বো. '১৭]

৮নং প্ৰশ্নেৰ উত্তৰ

ক কোনো বস্তু থেকে আলো বা শক্তিৰ নিঃসৃতণ নিৰবচ্ছিন্ন ভাৱে হয় না। শক্তি বা বিকিৰণ ছিৱায়িত অৰ্থাৎ গুচ্ছগুচ্ছ আকাৱে প্যাকেট বা কোয়ান্টাম হিসেবে নিঃসৃত হয়। আলো তথা যেকোনো বিকিৰণ সংখ্যা কোয়ান্টাম সমষ্টি। আলোৰ এই কণা বা প্যাকেটই হলো ফোটন।

খ পৃথিবীৰ বায়ুমণ্ডল না থাকলে বিক্ষেপণ হতো না। যে স্থানে বায়ুমণ্ডল নেই সে স্থানে আলোৰ বিক্ষেপণ হয় না। তাই সেই স্থান কালো দেখায়। মহাশূন্য স্থানে কোনো বায়ুমণ্ডল নেই বলে একজন নভোচাৰীৰ কাছে থাহকে কালো দেখায়।

গ ধৰি, চলন্ত অবস্থায় কাছিমেৰ শক্তি E_R

উদ্বৃক হতে, কাছিমেৰ স্থিৰ ভৰ, $m_0 = 30 \text{ kg}$
বেগ, $v = 0.7 c$; আলোৰ বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

চলন্ত অবস্থায় কাছিমেৰ গতিশক্তি, $E = ?$

$$\begin{aligned} \text{চলন্ত অবস্থায় ভৰ } m &= \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ &= \frac{30 \text{ kg}}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.7 c}{c}\right)^2}} = 42 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{চলন্ত অবস্থায় মোট শক্তি, } E_R &= mc^2 = 42 \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2 \\ &= 3.781 \times 10^{18} \text{ J} \end{aligned}$$

সূতৰাং চলন্ত অবস্থায় কাছিমেৰ শক্তি $3.781 \times 10^{18} \text{ J}$

ঘ ১ আলোক বৰ্ষ $= 9.46 \times 10^{15} \text{ m}$

.. ৩৭০ আলোক বৰ্ষ, $d = 370 \times 9.46 \times 10^{15} \text{ m} = 3.5 \times 10^{18} \text{ m}$
নভোযানেৰ বেগ, $v = 0.7 c = 0.7 \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

ধৰি, নিচল সময়, t এবং গতিশীল সময়, t_0
আমৰা জানি, $d = vt$

$$\text{বা, } t = \frac{d}{v} = \frac{3.5 \times 10^{18} \text{ m}}{0.7 \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}$$

$$\therefore t = 1.667 \times 10^{10} \text{ s}$$

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

$$\text{বা, } t_0 = t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 1.667 \times 10^{10} \text{ s} \sqrt{1 - \left(\frac{0.7 c}{c}\right)^2}$$

$$= 1.667 \times 10^{10} \text{ s} \times \sqrt{0.51}$$

$$= 1.19 \times 10^{10} \text{ s} = 377.5 \text{ y}$$

যাতাৰ পৰে কাছিমেৰ বয়স, $t' = 50 \text{ y}$

$$\therefore কাছিমেৰ বৰ্তমান বয়স = $377.5 \text{ y} + 50 \text{ y} = 427.5 \text{ y}$$$

কাছিমেৰ গড় আয়ু = 450 y

যেহেতু কাছিমেৰ গড় আয়ু কাছিমেৰ বৰ্তমান বয়সেৰ চেয়ে বেশি সেহেতু কাছিমটি জীবিত অবস্থায় ত্ৰি গ্ৰহে পৌছতে সক্ষম হবে।

প্ৰশ্ন ৯ কৰিম ও তাৰ বন্ধু বহিমেৰ সাথে আপেক্ষিক তত্ত্বেৰ বিভিন্ন বিষয় নিয়ে আলোচনা কৰল। কৰিম বলল একজন মহাশূন্যচাৰী ৩০ বছৰ বয়সে $2.5 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ বেগে একটি রকেটে চড়ে নতুন গ্ৰহেৰ অনুসম্মানে গেল। পৃথিবীতে রকেটেৰ দৈৰ্ঘ্য ছিল 80 m ।

- ক. সুপাৰনোভা কী?
- খ. আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসাৱে সমবেগে গতিশীল কাঠামোতে ঘড়ি ধীৱে চলে কেন— ব্যাখ্যা কৰ।
- গ. পৃথিবী থেকে পৰিমাপকৃত গতিশীল রকেটেৰ দৈৰ্ঘ্য কত হবে?
- ঘ. অনুসম্মান শেষে উক্ত নভোচাৰী পৃথিবীৰ হিসাবে ৫০ বছৰ পৰ ফিৰে আসলে আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসাৱে তাৰ বয়স পৃথিবীৰ ক্যালেন্ডাৰ অনুযায়ী একই হবে কি-না— ব্যাখ্যা কৰ।

[৩. বো. '১৭]

৯নং প্ৰশ্নেৰ উত্তৰ

ক নক্ষত্ৰেৰ ভৰ দুই থেকে পাঁচ সৌৱ ভৰেৰ মধ্যে হলো সংকোচনেৰ সময় এটি এৰ বহিঃস্থ আন্তৰণ ছুঁড়ে দিয়ে অত্যন্ত উজ্জ্বল হয়ে যায়। নক্ষত্ৰেৰ এই উজ্জ্বল হয়ে যাওয়াই হলো সুপাৰনোভা।

খ সময়েৰ আপেক্ষিকতা অনুসাৱে গতিশীল কাঠামোৰ সময়, t_0 এবং নিচল কাঠামোৰ সময় t হলে,

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

কোনো বস্তুই আলোৰ সমান বেগে গতিশীল হতে পাৱে না বলে $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ সৰ্বদাই ১ এৰ চেয়ে কম হয়। ফলে $t > t_0$ । অৰ্থাৎ স্থিৰ কাঠামোৰ ঘড়ি দুৰ্ত ঘুৱে। অতএব গতিশীল কাঠামোতে সময় দীৰ্ঘ হয়। এজন্য সমবেগে গতিশীল কাঠামোতে ঘড়ি ধীৱে চলে।

গ ধৰি, গতিশীল রকেটেৰ দৈৰ্ঘ্য, L

উদ্বৃক হতে, রকেটেৰ বেগ, $v = 2.5 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

রকেটেৰ নিচল দৈৰ্ঘ্য, $L_0 = 80 \text{ m}$

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

আমৰা জানি,

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 80 \text{ m} \sqrt{1 - \left(\frac{2.5 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}\right)^2} = 44.22 \text{ m}$$

সূতৰাং পৃথিবী থেকে পৰিমাপকৃত গতিশীল রকেটেৰ দৈৰ্ঘ্য 44.22 m ।

ঘ উদ্বৃক অনুসাৱে,

পৃথিবী থেকে নিৰ্ণীত সময় ব্যবধান, $t = 50 \text{ y}$

রকেটেৰ দুৰ্তি, $v = 2.5 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

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

রকেটে নভোচাৰীৰ বয়স বৃদ্ধি, $t_0 = ?$

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

$$\text{বা, } t_0 = t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 50 \text{ y} \sqrt{1 - \left(\frac{2.5 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}\right)^2} = 27.64 \text{ y}$$

গুহ অনুসম্মান শেষে পৃথিবীতে নভোচাৰীৰ বয়স, $t_0 = (30 + 27.64) \text{ y} = 57.64 \text{ y}$

পৃথিবীৰ হিসেবে বয়স, $t = (30 + 50) \text{ y} = 80 \text{ y}$

যেহেতু $t_2 \neq t_1$, সেহেতু আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসাৱে বয়স এবং পৃথিবীৰ ক্যালেন্ডাৰ অনুযায়ী বয়স একই হবে না।

প্রয়োগ ১০ ৫০ বছর বয়সে একজন মহাশূন্যচারী মহাশূন্যায়নে চড়ে মহাকাশ অভিযানে গেলেন এবং ৩০ বছর পর পৃথিবীতে ফিরে এলেন। মহাশূন্যায়নের ভর = 720 kg , মহাশূন্যায়নের বেগ = $3.72 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$, আলোর গতি = $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.

ক. নিউক্লিয়াস কী?

খ. কোনো বস্তু আলোর সমান বেগে চলতে পারে না

ব্যাখ্যা কর।

গ. পৃথিবীতে মহাশূন্যচারীর বয়স নির্ণয় কর।

ঘ. মহাশূন্যায়নের মূল ভরের পরিবর্তন কীরূপ হবে? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও।

[য. বো. '১৭]

১০নং প্রশ্নের উত্তর

ক. নিউক্লিয়াসে যেসব কণা থাকে সেগুলোই নিউক্লিয়াস।

খ. ভরের আপেক্ষিকতা থেকে আমরা জানি, $m = \sqrt{\frac{m_0}{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

যদি কোনো বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হয় অর্থাৎ, $v = c$ হয় তবে সমীকরণ অনুসারে বস্তুর ভর অসীম হয়ে যায়। যা সন্দেহ নয়। সুতরাং, কোনো বস্তু বেগ আলোর সমান বেগে চলতে পারে না।

গ. ধরি, পৃথিবী থেকে নির্ণীত সময় ব্যবধান t

উদ্দীপক হতে, মহাশূন্যায়নের বেগ, $v = 3.72 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$

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

মহাশূন্যায়ন থেকে নির্ণীত সময় ব্যবধান, $t_0 = 30 \text{ y}$

আমরা জানি,

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{30 \text{ y}}{\sqrt{1 - \left(\frac{3.72 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}}{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}\right)^2}} = 30 \text{ y}$$

মহাশূন্যচারী ৫০ বছর বয়সে মহাশূন্যায়ন

ব্যাখ্যা পৃথিবীতে মহাশূন্যচারীর বয়স = $(50 + 30) \text{ y} = 80 \text{ y}$

ঘ. উদ্দীপক অনুসারে, মহাশূন্যায়নের নিশ্চল ভর, $m_0 = 720 \text{ kg}$ বেগ, $v = 3.72 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$; আলোর গতি, $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ আমরা জানি,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{720 \text{ kg}}{\sqrt{1 - \left(\frac{3.72 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}}{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}\right)^2}} = 720.0006 \text{ kg}$$

মহাশূন্যায়নের মূল ভরের পরিবর্তন = $720.0006 \text{ kg} - 720 \text{ kg} = 0.0006 \text{ kg} = 0.6 \text{ g}$

অতএব, উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায় যে, $3.72 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$ বেগে মহাশূন্যায়নটি গতিশীল হলে এর ভর 0.6 g বৃদ্ধি পাবে।

প্রয়োগ ১১ একটি তড়িৎ ক্ষরণ নলে X-ray উৎপাদন এর জন্য 12.4 kV এবং আরেকবার 24.8 kV বিভব পার্থক্য সরবরাহ করা হলো। এই যন্ত্রে ইলেক্ট্রনের গতিশীলতা $0.3\% \text{ X-ray}$ উৎপাদন করে।

ক. সূচন কম্পাঙ্ক কী?

খ. p টাইপ অর্ধপরিবাহীর আধান বাহক হোল-ব্যাখ্যা কর।

গ. ১ম ক্ষেত্রে ইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ বেগ নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্দীপকে উৎপাদিত দুই ধরনের X-ray এর ক্ষেত্রে কোনটির ভেদনযোগ্যতা বেশি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও।

[কু. বো. '১৭]

১১নং প্রশ্নের উত্তর

ক. আপত্তি ক্ষেত্রের কম্পাঙ্কের যে ন্যূনতম মানের জন্য ধাতব পৃষ্ঠ হতে ইলেক্ট্রন নির্গত হতে পারে সেই কম্পাঙ্ককাছি সূচন কম্পাঙ্ক।

খ. ধরি, সূজনশীল পদার্থবিজ্ঞান বিত্তীয় পত্র একাদশ-বাদশ শ্রেণি

p টাইপ অর্ধপরিবাহীতে বিভব প্রয়োগ করা হলে হোল তার পার্শ্ববর্তী পরমাণু থেকে একটি ইলেক্ট্রন গ্রহণ করে ফলে পার্শ্ববর্তী পরমাণুতে সঞ্চালিত হয়ে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি করে অর্থাৎ হোল তড়িৎ প্রবাহে আধান বাহকের কাজ করে। এজন্য p টাইপ অর্ধপরিবাহীর আধান বাহক হোল।

গ. ধরি, ইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ বেগ v_{max}

উদ্দীপক হতে, বিভব পার্থক্য, $V_0 = 12.4 \text{ kV} = 12.4 \times 10^3 \text{ V}$

ইলেক্ট্রনের ভর, $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

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

আমরা জানি,

$$\frac{1}{2} mv_{max}^2 = eV_0$$

$$\text{বা, } V_{max} = \sqrt{\frac{2eV_0}{m}} \\ = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 12.4 \times 10^3 \text{ V}}{9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}}} = 6.6 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$$

সুতরাং ১ম ক্ষেত্রে ইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ বেগ $6.6 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$ ।

ঘ. ২য় ক্ষেত্রে, আমরা জানি,

$$K'_{max} = eV_{01} \\ = 1.6 \times 10^{-19} \times 24.8 \times 10^3 \\ = 3.968 \times 10^{-15} \text{ J}$$

প্রথম ক্ষেত্রে,

$$K_{max} = eV_0 \\ = 1.6 \times 10^{-19} \times 12.4 \times 10^3 \\ = 1.984 \times 10^{-15} \text{ J}$$

এখানে,

উদ্দীপক হতে, বিভব পার্থক্য,

$$V_{01} = 24.8 \text{ kV} \\ = 24.8 \times 10^3 \text{ V}$$

ইলেক্ট্রনের ভর,

$$m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

ইলেক্ট্রনের চার্জ,

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

দেখা যাচ্ছে $K'_{max} > K_{max}$ ।

অতএব, ২য় ক্ষেত্রের x_{ray} এর ভেদনযোগ্যতা বেশি হবে।

প্রয়োগ ১২ দুটি ইলেক্ট্রন যথাক্রমে 0.866 c এবং 0.99 c বেগে গতিশীল। ইলেক্ট্রনের নিশ্চল ভর $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ।

ক. কার্যাপেক্ষক কাকে বলে?

খ. একই বেগে গতিসম্পন্ন প্রোটন ও ইলেক্ট্রনের মধ্যে ইলেক্ট্রনের ডি' ব্রগলী তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি কেন? ২

গ. প্রথম ইলেক্ট্রনের গতিশীল ভর নির্ণয় কর। ৩

ঘ. প্রথম ইলেক্ট্রনের আপেক্ষিকতার গতিশীলতা হিতীয় ইলেক্ট্রনের চেয়ে কম—গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে প্রমাণ কর। ৪

[কু. বো. '১৭]

১২নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো ধাতব পৃষ্ঠ হতে শূন্য বেগ সম্পর্ক ইলেক্ট্রন নির্গত করতে যতটুকু শক্তির প্রয়োজন তাকে ঐ ধাতুর কার্যাপেক্ষক বলে।

খ. ডি'ব্রগলী তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ক্ষেত্রে আমরা জানি, $\lambda = \frac{h}{mv}$; যেখানে h প্লাকের ধ্রুবক, m কণার ভর, v কণাটির বেগ।

যদি একই গতিসম্পন্ন প্রোটন ও ইলেক্ট্রনের ক্ষেত্রে এই তরঙ্গদৈর্ঘ্য হিসাব করা হয়, তবে ইলেক্ট্রনের ভর প্রোটনের ভরের চেয়ে কম হওয়ার কারণে ডি'ব্রগলী তরঙ্গদৈর্ঘ্যের মান প্রোটনের চেয়ে ইলেক্ট্রনের বেশি। কেননা, $\lambda \propto \frac{1}{v}$ ।

ঘ. ধরি, ১ম ইলেক্ট্রনের গতিশীল ভর, m_1

উদ্দীপক হতে, ১ম ইলেক্ট্রনের বেগ, $v_1 = 0.866 \text{ c}$

এবং নিশ্চল ভর, $m_0 = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

আমরা জানি,

$$m_1 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.866 c}{c}\right)^2}}$$

$$\therefore m_1 = 1.82 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

সূতৰাং ১ম ইলেকট্রনের গতিশীল ভৱ 1.82 × 10⁻³⁰ kg।

Q ধৰি, ১ম ইলেকট্রনের আপেক্ষিকতাৰ গতিশক্তি E_{k1}

এবং ২য় ইলেকট্রনের আপেক্ষিকতাৰ গতিশক্তি E_{k2}

উদ্দীপক অনুসারে,

১ম ও ২য় ইলেকট্রনের নিচল ভৱ, m₀ = 9.1 × 10⁻³¹ kg

১ম ইলেকট্রনের গতিশীল ভৱ, m₁ = 1.82 × 10⁻³⁰ kg

২য় ইলেকট্রনেৰ বেগ, v₂ = 0.99 c; এবং গতিশীল ভৱ, m₂ = ?

আমরা জানি,

$$m_2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.99 c}{c}\right)^2}}$$

$$\therefore m_2 = 6.45 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

আবাৰ, E_{k1} = (m₁ - m₀)²

$$= (1.82 \times 10^{-30} \text{ kg} - 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}) c^2$$

$$= 9.1 \times 10^{-31} c^2 \text{ kg}$$

এবং E_{k2} = (m₂ - m₀)²

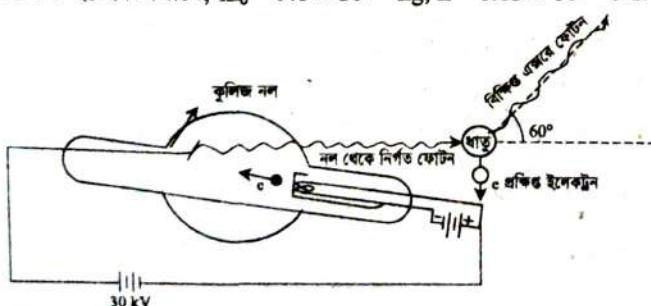
$$= (6.45 \times 10^{-30} \text{ kg} - 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}) c^2$$

$$= 5.54 \times 10^{-30} c^2 \text{ kg}$$

অৰ্থাৎ E_{k1} < E_{k2}

অতএব, গাণিতিক বিশ্লেষণে মাধ্যমে প্ৰমাণিত হয় যে, প্ৰথম ইলেকট্রনের আপেক্ষিকতা গতিশক্তি দ্বিতীয় ইলেকট্রনের চেয়ে কম।

জ্ঞান ১৩ নিম্নেৰ একটি ব্যবস্থা দেখানো হলো যেখানে কুলিজ নল থেকে উৎপন্ন X রশ্মি ধাতুৰ পাশ দিয়ে যাওয়াৰ সময় 60° কোণে বিকিষ্ট হচ্ছে। এখানে, m₀ = 9.1 × 10⁻³¹ kg, h = 6.63 × 10⁻³⁴ J-s.



- Q** ক. পারমাণবিক ভৱ একক বলতে কী বুঝ? ১
খ. L₀ দৈৰ্ঘ্যেৰ কোনো বস্তুকে আলোৰ বেগে মহাশূন্যে পাঠালে এৰ দৈৰ্ঘ্যেৰ কিনুপ পৱিতৰণ হবে? ২
গ. কুলিজ নল থেকে নিৰ্গত ফোটনেৰ তৰঙাদৈৰ্ঘ্য নিৰ্ণয় কৰ। ৩
ঘ. বিকিষ্ট ফোটন ও প্ৰকিষ্ট ইলেক্ট্ৰনেৰ ভৱেগেৰ তুলনা কৰ। ৪

[সি. বো. '১৭]

১৩নং প্ৰশ্নেৰ উত্তৰ

ক পারমাণবিক ভৱ একক বা amu বলতে ₆C¹² পারমাণুৰ ভৱেৰ $\frac{1}{12}$ অংশকে বুঝায়।

খ দৈৰ্ঘ্যেৰ আপেক্ষিকতা অনুসারে নিচল দৈৰ্ঘ্য L₀ এবং গতিশীল দৈৰ্ঘ্য L হলে,

$$L = L_0 \sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} = L_0 \sqrt{\left(1 - \frac{c^2}{c^2}\right)} = L_0 \sqrt{1 - 1} = 0$$

অৰ্থাৎ L₀ দৈৰ্ঘ্যেৰ কোনো বস্তুকে আলোৰ বেগে মহাশূন্যে পাঠালে এৰ দৈৰ্ঘ্য 0 হবে।

গ ধৰি, নিৰ্গত ফোটনেৰ তৰঙাদৈৰ্ঘ্য λ

উদ্দীপক হতে, ইলেকট্রনেৰ ভৱ, m₀ = 9.1 × 10⁻³¹ kg

প্ৰায়কেৰ ধূৰক, h = 6.63 × 10⁻³⁴ Js

ইলেকট্রনেৰ আধান, e = 1.6 × 10⁻¹⁹ c

বিভৱ পাৰ্থক্য, V = 30 kV = 30 × 10³ V

আমৰা জানি,

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 m_0 e V}} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}}{\sqrt{2 \times 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ c} \times 30 \times 10^3 \text{ V}}} = 0.071 \times 10^{-10} \text{ m} = 0.071 \text{ Å}$$

সূতৰাং কুলিজ নল থেকে নিৰ্গত ফোটনেৰ তৰঙাদৈৰ্ঘ্য 0.071 Å।

ঘ 'g' হতে পাই, আপতিত ফোটনেৰ তৰঙাদৈৰ্ঘ্য,

$$\lambda = 0.071 \text{ Å} = 0.071 \times 10^{-10} \text{ m}$$

বিক্ষেপণ কোণ, φ = 60°

∴ বিকিষ্ট ফোটনেৰ তৰঙাদৈৰ্ঘ্য λ' হলে কম্পটন ক্ৰিয়া অনুসারে,

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \phi)$$

$$\text{বা, } \lambda' = \lambda + \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8} (1 - \cos 60^\circ) \\ = (0.071 \times 10^{-10} + 1.2143 \times 10^{-12}) \text{ m} \\ = 8.3143 \times 10^{-12} \text{ m}$$

$$\therefore \text{বিকিষ্ট ফোটনেৰ ভৱবেগ, } P' = \frac{h}{\lambda'} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{8.3143 \times 10^{-12}} \text{ kg m s}^{-1} \\ = 7.974 \times 10^{-23} \text{ kg m s}^{-1}$$

আপতিত ফোটনেৰ গতিপথকে X অক্ষ বিবেচনা কৰলে এৰ লম্ব বৰাবৰ তথা ধনাত্মক Y অক্ষ বৰাবৰ বিকিষ্ট ফোটনেৰ ভৱবেগ।

$$P'_y = P' \sin \phi$$

ইলেকট্রনেৰ ভৱবেগ P_e হলে ধনাত্মক Y অক্ষ বৰাবৰ ইলেক্ট্ৰনেৰ ভৱবেগেৰ উপাংশ, P_{ey} = P_e cos 180° = -P_e

ফোটন আপতিত হওয়াৰ আগে ধনাত্মক Y অক্ষ বৰাবৰ ভৱবেগ শূন্য হিল

∴ ভৱবেগেৰ সংৰক্ষণ সূত্ৰানুসারে,

$$P'_y + P_{ey} = 0$$

$$\text{বা, } P' \sin \phi - P_e = 0$$

$$\text{বা, } P_e = P' \sin \phi = 7.974 \times 10^{-23} \times \sin 60^\circ \text{ kg m s}^{-1}$$

$$\therefore P_e = 6.9 \times 10^{-23} \text{ kg m s}^{-1}$$

$$\therefore \frac{P'}{P_e} = \frac{7.974 \times 10^{-23}}{6.9 \times 10^{-23}} = 1.155$$

$$\therefore \frac{P'}{P_e} > 1$$

$$\text{বা, } P' > P_e$$

অতএব, বিকিষ্ট ফোটনেৰ ভৱবেগ প্ৰকিষ্ট ইলেক্ট্ৰনেৰ ভৱবেগ অপেক্ষা বেশি।

জ্ঞান ১৪ কোনো ধাতুৰ উপৰ 2500 Å তৰঙাদৈৰ্ঘ্যেৰ অতিবেগুনি রশ্মি ফেলা হলো। ধাতুৰ কাৰ্য অপেক্ষক 2.3eV।

ক. লেঞ্জ এৰ সূত্ৰটি লিখ।

খ. সূচন তৰঙাদৈৰ্ঘ্য অপেক্ষা বেশি তৰঙাদৈৰ্ঘ্যেৰ আলো ধাতুৰ পৃষ্ঠে আপতিত হলে ইলেকট্ৰন নিৰ্গত হয়না কেন? ২

গ. নিঃসূত ফটো ইলেকট্রনেৰ সৰ্বোচ্চ বেগ কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকেৰ তথ্য হিলে আপতিত ফোটনেৰ কম্পাঙ্ক বনাম গতিশক্তিৰ লেখচিত্ৰ অঙ্কনপূৰ্বক লেখচিত্ৰ কম্পাঙ্কক অক্ষকে ছেদ কৰাৰ কাৰণ ব্যাখ্যা কৰ। ৪

[ব. বো. '১৭]

১৪নং প্ৰশ্নেৰ উত্তৰ

ক লেঞ্জেৰ সূত্ৰটি হলো— যেকোনো তড়িভোৰক আৰেশেৰ ক্ষেত্ৰে আবিষ্ট তড়িভোৰক বল বা প্ৰবাহেৰ দিক এমন হয় যে, তা সূচি হওয়া মাত্ৰই যে কাৰণে সৃষ্টি হয় সেই কাৰণকেই বাধা দেয়।

খ আইনস্টাইনের আলোক তড়িৎ সমীকরণ অনুসারে আলোক ইলেকট্রনের গতিশক্তি,

$$\frac{1}{2}mv^2 = hf - hf_0 = h(f - f_0) = h\left(\frac{c}{\lambda} - \frac{c}{\lambda_0}\right)$$

$$\therefore \frac{1}{2}mv^2 = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right) \dots\dots\dots (i)$$

এই সমীকরণ হতে প্রতীয়মান হয় যে, আপত্তিত তরঙ্গদৈর্ঘ্য সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা বেশি হলে, $\frac{1}{\lambda} < \frac{1}{\lambda_0}$ হয়।

এক্ষেত্রে গতিশক্তি ঋগাত্মক হয় যা স্কৃত নয়; এজন্য সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা বেশি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ধাতব পৃষ্ঠে আপত্তিত হলে ইলেকট্রন নির্গত হয় না।

গ ধরি, নিঃস্ত ফটো ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগ v_{max} উদ্দীপক হতে,

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

$$\text{কার্য অপেক্ষক}, W_0 = 2.3 \text{ eV} = 2.3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

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

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

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

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}mv_{max}^2 &= hf - w_0 = h\frac{c}{\lambda} - W_0 \\ &= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{2500 \times 10^{-10} \text{ m}} - 2.3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} \\ &= 7.956 \times 10^{-19} \text{ J} - 3.68 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

$$\text{বা, } v_{max}^2 = 4.276 \times 10^{-19} \text{ J} \times \frac{2}{m} = \frac{4.276 \times 10^{-19} \text{ J} \times 2}{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}}$$

$$\text{বা, } v_{max} = 9.694 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$$

সূতরাং নিঃস্ত ফটো ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগ $9.694 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,

$$\text{কার্য অপেক্ষক}, W_0 = 2.3 \text{ eV} = 2.3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

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

$$\text{সূচন কম্পাঙ্কক}, f_0 = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } W_0 = hf_0$$

$$\text{বা, } f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{2.3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}} = 5.55 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

গ হতে পাই,

$$\text{ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগ, } v_{max} = 9.694 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$$

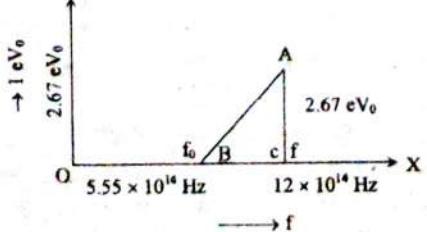
$$\text{আবার, } \frac{1}{2}mv_{max}^2 = eV_0$$

$$\text{বা, } eV_0 = \frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \times (9.694 \times 10^5 \text{ m s}^{-1})^2 = 4.276 \times 10^{-19} \text{ J} = 2.67 \text{ eV}$$

$$\text{আবার, } eV_0 = h(f - f_0)$$

$$\text{বা, } f - f_0 = \frac{eV_0}{h}$$

$$\text{বা, } f = \frac{4.276 \times 10^{-19} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}} + f_0 = 6.45 \times 10^{14} \text{ Hz} + 5.55 \times 10^{14} \text{ Hz} = 12 \times 10^{14} \text{ Hz}$$



নতুন সংজ্ঞালি পদার্থবিজ্ঞান হিতীয় পত্র একাদশ-বাদশ শ্রেণি

লেখচিত্রিত হতে দেখা যায় যে, লেখচিত্রিত X অক্ষকে B বিন্দুতে ছেদ করেছে। B বিন্দু হলো সূচন কম্পাঙ্কক। সূচন কম্পাঙ্কের চেয়ে কম কম্পাঙ্কে ধাতুটিতে আলো পড়লে ধাতু হতে কোনো ইলেকট্রন নির্গত হবে না। এই কম্পাঙ্কের চেয়ে কম্পাঙ্ক যত বৃদ্ধি পাবে গতিশক্তিও তত বৃদ্ধি পাবে। অর্থাৎ সূচন কম্পাঙ্ককে নির্দেশ করার জন্যই কম্পাঙ্ক বনাম গতিশক্তি লেখচিত্রিত অঙ্কন করলে লেখচিত্রিত কম্পাঙ্কক অক্ষকে ছেদ করে।

প্রয়োজন করিম তার বন্ধু রহিমের সাথে আপেক্ষিক তত্ত্বের বিভিন্ন বিষয় নিয়ে আলোচনা করল। করিম বলল একজন মহাশূন্যচারী 40 বছর বয়সে $2.62 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ বেগে একটি রকেটে চড়ে একটি নতুন গ্রহের অনুসন্ধানে গেল। পৃথিবীতে রকেটের দৈর্ঘ্য ছিল 75 m।

- ক. কাল দীর্ঘায়ন কী?
- খ. ফটোতড়িৎ ক্রিয়া ব্যাখ্যায় প্লাজ্যের তত্ত্বের প্রয়োজন কেন? ব্যাখ্যা কর।
- গ. পৃথিবী থেকে পরিমাপকৃত গতিশীল রকেটের দৈর্ঘ্য কত?
- ঘ. অনুসন্ধান শেষে উক্ত নভোচারী পৃথিবীর হিসাবে 45 বছর পর ফিরে আসলে আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে পৃথিবীর ক্যালেন্ডার অনুযায়ী তাদের বয়স একই হবে কিনা — ব্যাখ্যা কর।

[নি. বো. '১৭]

১৫৮ প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে গতিশীল অবস্থায় সংঘটিত দুটি ঘটনার মধ্যবর্তী সময় ব্যবধান ঐ পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে স্থির অবস্থায় সংঘটিত ঐ একই ঘটনাস্থায়ের মধ্যবর্তী সময় ব্যবধানের চেয়ে বেশি হবে। এটিই কাল দীর্ঘায়ন।

খ ফটোতড়িৎ ক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা। এ ক্রিয়ার ক্ষেত্রে আলোক রশ্মির আপতন ও ইলেকট্রন নির্গমনের মাঝে কোনো কাল বিলম্ব নেই, যা ব্যাখ্যার জন্য প্লাজ্যের কোয়ান্টাম তত্ত্ব প্রয়োজন। ফটোতড়িৎ ক্রিয়ায় নিঃস্ত ইলেকট্রনের প্রাথমিক গতিশক্তি আলোর কম্পাঙ্কের উপর নির্ভরশীল যার ব্যাখ্যা শুধুমাত্র প্লাজ্যের কোয়ান্টাম তত্ত্ব অনুসারে দেওয়া স্কৃত। এসব কারণেই ফটোতড়িৎ ক্রিয়া ব্যাখ্যায় প্লাজ্যের তত্ত্বের প্রয়োজন।

গ ধরি, গতিশীল রকেটের দৈর্ঘ্য L

উদ্দীপক হতে, রকেটের বেগ, v = $2.62 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

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

নিশ্চল রকেটের দৈর্ঘ্য, $L_0 = 75 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \text{আমরা জানি, } L &= L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \\ &= 75 \text{ m} \sqrt{1 - \left(\frac{2.62 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}\right)^2} = 36.534 \text{ m} \end{aligned}$$

সূতরাং পৃথিবী থেকে পরিমাপকৃত গতিশীল রকেটের দৈর্ঘ্য 36.534 m।

ঘ উদ্দীপক অনুসারে, রকেটের বেগ, v = $2.62 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

আলোর বেগ, c = $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$; নিশ্চল সময়, t = 45 y

ধরি, গতিশীল সময়, t₀

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

$$\text{বা, } t_0 = t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 45 \text{ y} \sqrt{1 - \left(\frac{2.62 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}\right)^2} = 21.92 \text{ y}$$

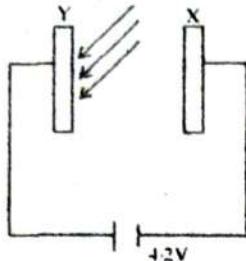
মহাশূন্যচারীর বর্তমান বয়স, t₁ = 40 y + 21.92 y = 61.92 y

পৃথিবীর হিসেবে বর্তমান বয়স, t₂' = 40 y + 45 y = 85 y

যেহেতু t₁ ≠ t₂ সেহেতু পৃথিবীর ক্যালেন্ডার অনুযায়ী তাদের বয়স একই হবে না।

 এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৬ এর প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ১৬ শূন্য মাধ্যমে একই রকম দূরি থাতব পাত X ও Y পরস্পর থেকে 4 cm দূরে অবস্থিত। Y পাত থেকে ইলেকট্রন নির্গত হয়ে সরাসরি X পাতের দিকে গতিশীল হয়। Y পাতের কার্যাপেক্ষক 1.85 eV। দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পাশ্চা 4000 Å থেকে 8000 Å।



- ক. আলোক তড়িৎ ক্রিয়া কাকে বলে?
খ. কোনো তেজস্ত্বিয় পদার্থের নিঃশেষ কাল অসীম—
ব্যাখ্যা কর।
গ. সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য বের কর।
ঘ. দৃশ্যমান আলোর সাহায্যে Y পাত থেকে নির্গত ইলেকট্রন X পাতে পৌছতে পারবে কি-না বিশ্লেষণ কর।

[রা. বো. '১৬]

 ১৬নং প্রশ্নের উত্তর 

ক উচ্চ কম্পাঙ্কবিশিষ্ট আলোকরশ্মি কোনো ধাতবপৃষ্ঠে আপত্তি হলে তা থেকে ইলেকট্রন নিঃস্তৃত হয়, এ ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বলে।
খ তেজস্ত্বিয় পদার্থের পরমাণু মধ্যস্থিত নিউক্লিয়াস স্থায়ী নয়। সবসময়ই এদের ভাঙ্গন চলতে থাকে, যতক্ষণ না একটি অতেজস্ত্বিয় মৌলের পরমাণুতে পরিণত হয়। ভাঙ্গনের সময় মূল বা জনক পরমাণু আলফা অথবা বিটা কণা বিকিরণ করে ভিন্ন পদার্থের পরমাণুতে বৃপ্তিরিত হয়। এ ধরনের তেজস্ত্বিয় বিকিরণকে তেজস্ত্বিয় ক্ষয় বলা হয়। পরমাণুর এ ভাঙ্গন একটি সম্পূর্ণ অনিশ্চিত ঘটনা। কোন পরমাণুটি কখন ভেঙে পড়বে তার কিছুই নির্ধারিত নেই। একটি তেজস্ত্বিয় মৌলের ভাঙ্গন চলতেই থাকবে। বাহ্যিক কোনো কিছু এ ভাঙ্গনকে প্রভাবিত করতে পারে না। তাই একটি তেজস্ত্বিয় মৌলের নিঃশেষকাল অসীম।

গ ধরি, সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য, λ_0

উদ্ধৃত হতে,

$$\text{কার্যাপেক্ষক}, W_0 = 1.85 \text{ eV} = 1.85 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 2.96 \times 10^{-19} \text{ J}$$

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

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

আমরা জানি,

$$W_0 = hf_0 = h \frac{c}{\lambda_0}$$

$$\text{বা, } \lambda_0 = \frac{hc}{W_0} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{2.96 \times 10^{-19} \text{ J}}$$

$$\therefore \lambda_0 = 6.72 \times 10^{-7} \text{ m}$$

অতএব, সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য $6.72 \times 10^{-7} \text{ m}$ ।

ঘ গ নং হতে পাই, কার্যাপেক্ষক, $W_0 = 2.96 \times 10^{-19} \text{ J}$

উদ্ধৃত অনুসারে,

$$\begin{aligned} \text{দৃশ্যমান আলোর সর্বোচ্চ তরঙ্গদৈর্ঘ্য}, \lambda_{\max} &= 8000 \text{ Å} \\ &= 8000 \times 10^{-10} \text{ m} \\ \text{দৃশ্যমান আলোর সর্বনিম্ন তরঙ্গদৈর্ঘ্য}, \lambda_{\min} &= 4000 \text{ Å} \\ &= 4000 \times 10^{-10} \text{ m} \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} \text{সর্বোচ্চ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ক্ষেত্রে শক্তি}, E_1 &= hf_{\max} = h \frac{c}{\lambda_{\max}} \\ &= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}{8000 \times 10^{-10} \text{ m}} \\ &= 2.486 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

যেহেতু $E_1 < W_0$ সেহেতু কোনো ইলেকট্রন নির্গত হবে না।

$$\begin{aligned} \text{সর্বনিম্ন তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ক্ষেত্রে শক্তি}, E_2 &= hf_{\min} \\ &= h \frac{c}{\lambda_{\min}} \\ &= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}{4000 \times 10^{-10} \text{ m}} \\ &= 4.97 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

যেহেতু $E_2 > W_0$ সেহেতু Y পাত হতে ইলেকট্রন নির্গত হবে।

উদ্ধৃত চিত্র হতে দেখা যাচ্ছে Y পাতকে ব্যাটারির ধনাত্ত্বক এবং X পাতকে ব্যাটারির ঋণাত্ত্বক পাতের সাথে যুক্ত করা হয়েছে। Y পাতের উপর দৃশ্যমান আলোক আপত্তি হলে নির্গত ইলেকট্রন Y পাত দ্বারা আকৃষ্ট হবে এবং প্রবাহমাত্রা হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ১৭ কোনো ধাতব পাত হতে ইলেকট্রন নিঃসরণের জন্য এর উপর 2500 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ফেলা হলো। ধাতুটির কার্যাপেক্ষক 2.3 eV। প্র্যাক্ষেকের ধূবক $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$ ।

ক. ডোপিং কাকে বলে? ১

খ. পরমাণু নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন ধাকতে পারে না কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্ধৃতকে নিঃস্তৃত ফটোইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ কত হবে? বের কর। ৩

ঘ. উদ্ধৃতকে বর্ণিত ধাতুর উপর 5897 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো পতিত হলে ইলেকট্রন মুক্ত হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

[য. বো. '১৬]

 ১৭নং প্রশ্নের উত্তর 

ক বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীর সাথে খুব সাধারণ পরিমাণ ত্রিয়োজী বা পঞ্চয়োজী মৌলের মিশ্রণের কৌশলকে ডোপিং বলে।

খ হাইজেনবার্গের অনিচ্যতা নীতি অনুসারে কোনো কণার অবস্থানের অনিচ্যতা Δx এবং ভরবেগের অনিচ্যতা Δp হলে, $\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2\pi}$

ইলেকট্রন যদি নিউক্লিয়াসের খুব কাছাকাছি অবস্থান করে তবে এর অবস্থানের অনিচ্যতা কমে যায়। হাইজেনবার্গের নীতি অনুসারে তখন ইলেক্ট্রনের ভরবেগের অনিচ্যতা অত্যধিক বৃদ্ধি পায়। ফলে ইলেকট্রন দূর নিউক্লিয়াস হতে দূরে সরে যাবে। তাই “ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের মধ্যে ধাকতে পারে না।”

ঘ ধরি, নিঃস্তৃত ফটোইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ v_{\max}

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

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

$$\text{কার্যাপেক্ষক}, W_0 = 2.3 \text{ eV} = 2.3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

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

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

$$\text{আমরা জানি, } \frac{1}{2} mv_{\max}^2 = hf - W_0$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} mv_{\max}^2 = h \frac{c}{\lambda} - W_0$$

$$= 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \frac{3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}{2500 \times 10^{-10} \text{ m}} - 2.3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} m v_{\max}^2 = 4.276 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{বা, } v_{\max}^2 = \frac{2 \times 4.276 \times 10^{-19} \text{ J}}{m} = \frac{8.552 \times 10^{-19} \text{ J}}{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}}$$

$$\therefore v_{\max} = 9.7 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$$

অতএব, নিঃস্তৃত ইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ, $9.7 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$ ।

১) উদ্ধীপক অনুসারে,

ধাতুর কার্যাপেক্ষক, $W_0 = 2.3 \text{ eV}$

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

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 5897 \text{ Å} = 5897 \times 10^{-10} \text{ m}$

আপত্তি আলোর শক্তি, $E = ?$

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} E &= hf = h \frac{c}{\lambda} \\ &= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{5897 \times 10^{-10} \text{ m}} = 3.373 \times 10^{-19} \text{ J} \\ &= \frac{3.373 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV} = 2.108 \text{ eV}. \end{aligned}$$

যেহেতু $E < W_0$ সেহেতু ধাতুর উপর 5897 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো পত্তি হলে ইলেক্ট্রন মুক্ত হবে না।

প্রয়োগ ১৮ নিলয় সিজিয়াম ধাতুর পাতে $4 \times 10^{-7} \text{ m}$ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপত্তি করে ফটো তড়িৎ ক্রিয়ার পরীক্ষণ পরিচালনা করছে। সে নির্ণয় বিভবের মান পেল 2 V । পরবর্তীতে সে $6.8 \times 10^{-7} \text{ m}$ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের লাল আলো ব্যবহার করে। ইলেক্ট্রনের ভর $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

- ক. প্রবাহ বিবর্ধক গুণক কাকে বলে? ১
- খ. তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধপরিবাহীর পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় কেন? ২
- গ. উদ্ধীপক অনুসারে ফটোইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. লাল আলো ব্যবহার করায় ফটোতড়িৎ প্রবাহ ঘটবে কি-না— ব্যাখ্যা কর। ৪

[কু. বো. '১৬]

১৮নং প্রশ্নের উত্তর

১) সংগ্রাহক পীঠ ডোল্টেজ V_{CB} ধূর থাকলে সংগ্রাহক প্রবাহ I_C ও নিম্নসারক প্রবাহ I_E এর অনুপাতকে প্রবাহ বিবর্ধন গুণক (a) বলে।

২) আমরা জানি, পরম শূন্য তাপমাত্রায় অর্ধ পরিবাহীর ইলেক্ট্রনগুলো পরমাণুতে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে। এই তাপমাত্রায় সহযোজী অণুবন্ধনগুলো খুবই সবল হয় এবং সবগুলো যোজন ইলেক্ট্রনই সহযোগী অণুবন্ধন তৈরিতে ব্যস্ত থাকে। ফলে কোনো মুক্ত ইলেক্ট্রন থাকে না। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে কিছু সংখ্যক সহযোজী অণুবন্ধন ভেঙে যায় এবং কিছু ইলেক্ট্রন পরিবহন ব্যাধে প্রবেশ করার মতো যথেষ্ট শক্তি অর্জন করে এবং মুক্ত ইলেক্ট্রনে পরিণত হয়। এসময় সামান্য বিভব পার্থক্য প্রয়োগে মুক্ত ইলেক্ট্রনগুলো তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে অর্থাৎ এর পরিবাহক বৃদ্ধি পায়।

৩) ধরি, ফটোইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ v_{max}

উদ্ধীপকে হতে, নির্ণয় বিভব, $V_0 = 2 \text{ V}$

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

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

আমরা জানি, $eV_0 = \frac{1}{2} m v_{max}^2$

বা, $v_{max}^2 = \frac{2eV_0}{m}$

$$\text{বা, } v_{max} = \sqrt{\frac{2eV_0}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 2 \text{ V}}{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}}}$$

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

সুতরাং ফটোইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ, $8.386 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$

৪) উদ্ধীপক অনুসারে,

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

নির্ণয় বিভব, $V_0 = 2 \text{ V}$

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

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

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

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

আপত্তি ফোটনের শক্তি,

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

$$= 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times \frac{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{4 \times 10^{-7} \text{ m}} = 4.97 \times 10^{-19} \text{ J}$$

লাল আলোর ফোটনের, $E' = hf = h \frac{c}{\lambda}$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{6.8 \times 10^{-7} \text{ m}} = 2.925 \times 10^{-19} \text{ J}$$

আবার ইলেক্ট্রন নির্ণয় হওয়া জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি, $W_0 = E - eV_0$
 $= 4.97 \times 10^{-19} \text{ J} - 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 2 \text{ V} = 1.77 \times 10^{-19} \text{ J}$

যেহেতু $E' > W_0$ সেহেতু লাল আলো ব্যবহার করায় ফটোতড়িৎ প্রবাহ ঘটবে।

প্রয়োগ ১৯ পদার্থবিজ্ঞান পরীক্ষাগারে হাসান সাহেব 1 m দৈর্ঘ্যের ধাতব বস্তুর ঘনত্ব নির্ণয় করলেন $19.3 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ । অন্যদিকে পাবনী বস্তুটির দৈর্ঘ্য বরাবর $0.9c$ বেগে গতিশীল কাঠামো হতে বস্তুটির ঘনত্ব নির্ণয় করলেন।

১) ক. বস্তুন শক্তি কাকে বলে?

২) খ. সূর্য কৃষ্ণগহরে পরিণত হলে পৃথিবী কি সূর্যের চারিদিকে ঘূরবে? ব্যাখ্যা কর।

৩) গ. গতিশীল কাঠামোতে ধাতব বস্তুটির দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

৪) ঘ. হাসান সাহেব ও পাবনী ধাতব বস্তুটির ঘনত্ব একই পাবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[সি. বো. '১৬]

১৯নং প্রশ্নের উত্তর

১) একটি নিউক্লিয়াসকে ভেঙে পৃথক পৃথক প্রোটন, নিউট্রনে পরিণত করতে যে পরিমাণ শক্তির প্রয়োজন তাকে নিউক্লিয়াসের বস্তুন শক্তি বলে।

২) সূর্য কৃষ্ণগহরে পরিণত হলেও পৃথিবী সূর্যের চারিদিকে ঘূরবে।
ব্যাখ্যা : পৃথিবী সূর্যের চারিদিকে তার অভিকর্ষ বল বা অভিকর্ষের প্রভাবের কারণে ঘটে। সূর্য কৃষ্ণগহরে পরিণত হলে সূর্য আমাদের কাছে অদৃশ্য মনে হবে কিন্তু তার অভিকর্ষীয় প্রভাব ঠিকই বিদ্যমান থাকবে। এজন্য সূর্য কৃষ্ণগহরে পরিণত হলেও পৃথিবী সূর্যের চারিদিকে ঘূরবে।

৩) ধরি, গতিশীল কাঠামোতে ধাতব বস্তুর দৈর্ঘ্য L

উদ্ধীপক হতে, বস্তুর দৈর্ঘ্য, $L_0 = 1 \text{ m}$; বেগ, $v = 0.9c$

$$\begin{aligned} \text{আমরা জানি, } L &= L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \\ &= 1 \text{ m} \sqrt{1 - \left(\frac{0.9c}{c}\right)^2} = 1 \text{ m} \sqrt{1 - 0.81} = 0.436 \text{ m} \end{aligned}$$

সুতরাং গতিশীল কাঠামোতে ধাতব বস্তুটির দৈর্ঘ্য 0.436 m ।

৪) উদ্ধীপক অনুসারে,

বস্তুর বেগ, $v = 0.9c$; ধরি, বস্তুর মিশ্চল ভর m_0

এবং গতিশীল অবস্থার ভর, m ; আদি ঘনত্ব, $\rho_0 = 19.3 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$

আদি দৈর্ঘ্য, $L_0 = 1 \text{ m}$; গ নং হতে, চলমান দৈর্ঘ্য, $L = 0.436 \text{ m}$

মনে করি, বস্তুর প্রশ্ব খ, উচ্চতা য এবং দৈর্ঘ্য z অক্ষ বরাবর।

$$\therefore \text{আদি আয়তন, } V_0 = 1 \times x \times y = xy \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{এবং পরিবর্তিত আয়তন, } V &= 0.436 \text{ m} \times x \times y = 0.436 xy \text{ m}^3 \\ &= 0.436 V_0 \end{aligned}$$

$$\text{আবার, } m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.9c}{c}\right)^2}} \\ = \frac{m_0}{\sqrt{1 - 0.81}} = \frac{m_0}{0.436}$$

$$\text{আবার, } \rho_0 = \frac{m_0}{V_0}$$

$$\therefore \text{পরিবর্তিত ঘনত্ব, } \rho = \frac{m}{V} = \frac{\frac{m_0}{0.436}}{0.436 V_0} \\ = \frac{m_0}{V_0} \times \frac{1}{(0.436)^2} = 19.3 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3} \times 5.26, \\ \therefore \rho = 101.52 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

যেহেতু $\rho_0 \neq \rho$ সেহেতু হাসান সাহেব ও পাবনী ধাতব বস্তুটির একই ঘনত্ব পাবে না।

প্রশ্ন ২০। ফটো-তড়িৎ প্রক্রিয়া পর্যবেক্ষণের জন্য মিথিলা পটাসিয়াম ধাতুর উপর উপযুক্ত কম্পাঙ্কের একটি আলো আপত্তি করল। পটাসিয়াম পৃষ্ঠ হতে যে ইলেকট্রন নির্গত হলো তার গতিশক্তি 1.4 eV । পটাসিয়ামের কার্যাপেক্ষক হলো 2.0 eV । নাবিলা 10 kV বিভব পার্থক্য একটি ইলেকট্রনকে গতিশীল করল।

- ক.** কৃষ্ণ গহৰ কী? ১
খ. ঘূৰ্ণনশীল কাঠামো জড় প্ৰসঙ্গ কাঠামো নয়— ব্যাখ্যা কৰ। ২
গ. উদীপকের পটাসিয়ামের উপর আপত্তি আলোৱ তৰঙাদৈৰ্য কৰ ছিল? ৩
ঘ. উদীপকের উভয় ইলেকট্রনের গতিবেগ একই ছিল কি? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ তোমাৰ মতামত দাও। ৪
 [ব. বো. '১৬]

২০নং প্রশ্নের উত্তর

ক. মহাকাশে কোনো বস্তু বা এৰ আশেপাশে যে অঞ্চল থেকে কোনো তথ্য পাওয়া সম্ভব নয় এবং যেখান থেকে আলো বা কোনো বস্তু বেঁচিয়ে আসতে পাৰে না সেই অঞ্চলই হলো কৃষ্ণগহৰ।

খ. পৰম্পৰেৰ সাপেক্ষে ধূৰবেগে গতিশীল যে সকল প্ৰসঙ্গ কাঠামোতে নিউটনৰে গতিসূত্ৰ অৰ্জন কৰা যায় তাৰেকে জড় প্ৰসঙ্গ কাঠামো বলে। ঘূৰ্ণনশীল কাঠামোতে বস্তুৰ গতি হাস বা বৃক্ষ ঘটানোৰ জন্য মন্দন বা তুলণ সৃষ্টি হয় বলে বস্তু সমবেগে চলে না। এজন্য ঘূৰ্ণনশীল কাঠামো জড় প্ৰসঙ্গ কাঠামো নয়।

ঘ. ধৰি, আপত্তি আলোৱ তৰঙাদৈৰ্য, λ

উদীপক হতে, পটাসিয়ামের কার্যাপেক্ষক, $W_0 = 2.0 \text{ eV}$

নির্গত ইলেকট্রনের গতিশক্তি, $K_{\max} = 1.4 \text{ eV}$

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

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

আমৰা জানি,

$$E = K_{\max} + W_0$$

$$\text{বা, } hf = 1.4 \text{ eV} + 2.0 \text{ eV}$$

$$\text{বা, } h \frac{c}{\lambda} = 3.4 \text{ eV}$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{hc}{3.4 \text{ eV}}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{3.4 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}$$

$$\text{বা, } \lambda = 3.656 \times 10^{-7} \text{ m} = 3656 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\therefore \lambda = 3656 \text{ Å}$$

অতএব, পটাসিয়ামের উপৰ আপত্তি আলোৱ তৰঙা দৈৰ্য 3656 Å ।

ঘ. ধৰি, মিথিলাৰ ইলেকট্রনেৰ বেগ v_m

এবং নাবিলাৰ ক্ষেত্ৰে ইলেকট্রনেৰ বেগ v_n

গতিশক্তি, $K = 1.4 \text{ eV} = 1.4 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 2.24 \times 10^{-19} \text{ J}$

বিভব পার্থক্য, $V = 10 \text{ kV} = 1 \times 10^4 \text{ V}$

ইলেকট্রনেৰ ভৰ, $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

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

মিথিলাৰ ক্ষেত্ৰে,

$$K = 2.24 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} mv_m^2 = 2.24 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{বা, } v_m^2 = \frac{2 \times 2.24 \times 10^{-19} \text{ J}}{m} = \frac{4.48 \times 10^{-19} \text{ J}}{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}}$$

$$\therefore v_m = 7.02 \times 10^5 \text{ ms}^{-1}$$

নাবিলাৰ ক্ষেত্ৰে,

$$v_n = \sqrt{\frac{2 \text{ eV}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1 \times 10^4 \text{ V}}{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}}}$$

$$\therefore v_n = 5.93 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$$

অৰ্থাৎ $v_n > v_m$
অতএব উপৰেৰ গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায়, উভয়ক্ষেত্ৰে ইলেকট্রনেৰ গতিবেগ একই ছিল না।

প্রশ্ন ২১। ভৃপৃষ্ঠে একটি রকেট এৰ দৈৰ্য 10 m এবং ভৰ 5000 kg । এটি ভৃপৃষ্ঠেৰ কোনো স্থিৰ পর্যবেক্ষকেৰ সাপেক্ষে $3 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$ বেগে চলতে শুৰু কৰল।

- ক.** এক্স-ৱে কী? ১
খ. নিউক্লিয়াৰ ফিশান বিক্ৰিয়ায় উৎপন্ন শক্তিৰ কাৰণ কী? ২
গ. উদীপকেৰ আলোকে রকেট এৰ চলমান দৈৰ্য নিৰ্ণয় কৰ। ৩
ঘ. উদীপকে রকেটটিৰ বেগ ছিগুণ কৰা হলো এৰ ভৱেৰ কিৰূপ পৰিবৰ্তন হৰে— গাণিতিক বিশ্লেষণসহ ব্যাখ্যা কৰ। ৪
 [দি. বো. '১৬]

২১নং প্রশ্নেৰ উত্তর

ক. এক্স-ৱে হলো বিদ্যুৎ চুম্বকীয় আড় তৰঙা।

খ. নিউক্লিয়াৰ ফিশান বিক্ৰিয়ায় বিভাজিত নিউক্লিয়াস বা জাতক নিউক্লিয়াসেৰ ভৰ কিছুটা হাস পায়। এ হাসকৃত ভৰ, ভৰ-শক্তি সমীকৰণ অনুসাৰে শক্তিতে বৃপ্তিৰিত হয়। অৰ্থাৎ নিউক্লিয়াসেৰ হাসকৃত ভৱেৰ শক্তিতে বৃপ্তিৰিত হওয়াই নিউক্লিয়াৰ ফিশান বিক্ৰিয়ায় উৎপন্ন শক্তিৰ কাৰণ।

ঘ. ধৰি, রকেটেৰ চলমান দৈৰ্য L

উদীপক হতে,

রকেটেৰ দৈৰ্য, $L_0 = 10 \text{ m}$; রকেটেৰ বেগ, $v = 3 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$

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

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

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

$$= 10 \text{ m} \sqrt{1 - 0.01} = 10 \text{ m} \times 0.995 = 9.95 \text{ m}$$

সুতৰাং রকেটেৰ চলমান দৈৰ্য 9.95 m .

ঘ. এখানে,

রকেটেৰ বেগ, $v = 2 \times 3 \times 10^7 \text{ m s}^{-1} = 6 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$

স্থিৰ ভৰ, $m_0 = 5000 \text{ kg}$

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

ধৰি, চলমান ভৰ, $= m_1$

$$\text{আমরা জানি, } m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{5000 \text{ kg}}{\sqrt{1 - \left(\frac{6 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}}{3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}\right)^2}} \\ = \frac{5000 \text{ kg}}{\sqrt{1 - 0.04}} = \frac{5000 \text{ kg}}{0.9798} = 5103.08 \text{ kg}$$

অর্থাৎ রকেটের চলমান ভর 5103.08 kg

$$\therefore \text{ভরের পরিবর্তন} = (5103.08 - 5000) \text{ kg} = 103.08 \text{ kg}$$

অতএব, উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায় যে, রকেটের বেগ ছিগুণ করা হলে ভর 103.08 kg বৃদ্ধি পাবে।

চোখের এইচএসসি পরীক্ষা ২০১৫ এর প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ২১ ফটোতড়িৎ ক্রিয়া পরীক্ষণে দেখা গেল পটাসিয়াম ধাতুর উপর 4400 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপত্তি হলে শুধুমাত্র ইলেক্ট্রন নির্গত হয় কিন্তু গতিশক্তি প্রাপ্ত হয় না। যদি 1500 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপত্তি হয় তবে ইলেক্ট্রন নিঃসরিত হয় এবং গতিশক্তি প্রাপ্ত হয়।

প্রশ্ন ২২ ক. কৃষ্ণগহুর কাকে বলে? ১

খ. p-টাইপ অর্ধ-পরিবাহী তড়িৎ নিরপেক্ষ কি-না— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. পটাসিয়ামের কার্যাপেক্ষক নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্বীপকের নিঃসরিত ইলেক্ট্রনের গতিশক্তি প্রাপ্ত হওয়া না

হওয়ার কারণ কী? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

[জ. বো. '১৫]

২২নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি তারকার ভর ও ঘনত্ব যথেষ্ট হলে তার থেকে আলো আসতে পারেনা বলে আমরা এদের দেখতে পাইনা। তবে এদের মহাকর্ষ আর্কুর্স আমাদের বোধগম্য হবে, এই সমস্ত তারকা অর্থাৎ কৃত পিণ্ডকে কৃষ্ণগহুর বলে।

খ সাধারণভাবে আমরা জানি, 'p টাইপ বস্তুতে অতিরিক্ত কিছু হোল আছে। কিন্তু এই অতিরিক্ত ইলেক্ট্রন সরবরাহ করে দাতা অপদ্রব্য। এই দাতা অপদ্রব্য নিজে তড়িৎ নিরপেক্ষ। যখন অপদ্রব্য মেশানো হয় তখন যাকে 'অতিরিক্ত ইলেক্ট্রন' বলা হয় প্রকৃতপক্ষে তা অর্ধপরিবাহী কেলাসে সমযোজী বস্থন গঠনের জন্য প্রয়োজনীয় সংখ্যক হোলের অতিরিক্ত। এই অতিরিক্ত হোল মুক্ত হোল এবং এরা অর্ধপরিবাহীর পরিবাহিতা বৃদ্ধি করে। তাই বলা যায়, p টাইপ সেমিকন্ডারির প্রকৃতপক্ষে তড়িৎ নিরপেক্ষ।

গ ধরি, পটাসিয়ামের কার্যাপেক্ষক, W_0

$$\text{আমরা জানি, } W_0 = \frac{hc}{\lambda_0} \\ \text{বা, } W_0 = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4400 \times 10^{-10}} \text{ J} \\ = 4.52 \times 10^{-19} \text{ J} \\ = 4.52 \times 10^{-19} \text{ eV} \\ \therefore W_0 = 2.825 \text{ eV}$$

অতএব, পটাসিয়ামের কার্যাপেক্ষক 2.825 eV।

ঘ ধাতব পাত হতে ইলেক্ট্রন নিঃসরণ ও গতিশক্তি প্রাপ্ত হওয়ার জন্য যে শক্তির প্রয়োজন তা হলো,

$$E = \frac{hc}{\lambda} \\ \text{বা, } E = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1500 \times 10^{-10}} \text{ J} \\ = 13.26 \times 10^{-19} \text{ J} \\ = 13.26 \times 10^{-19} \text{ eV} \\ = 8.2875 \text{ eV}$$

$$\begin{aligned} \text{এখানে,} \\ \text{তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, } \lambda &= 1500 \text{ Å} \\ &= 1500 \times 10^{-10} \text{ m} \\ \text{আলোর বেগ,} \\ c &= 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} \\ \text{প্লাজ্মের ধূবক,} \\ h &= 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{আলোর বেগ,} \\ c &= 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} \\ \text{শক্তি, } E &= ? \end{aligned}$$

উপর সূজনশীল পদার্থবিজ্ঞান বিত্তীয় পত্র একাদশ-স্বাদশ শ্রেণি

(গ) হতে প্রাপ্ত কার্যাপেক্ষক; $W_0 = 2.825 \text{ eV}$

$E > W_0$, এ কারণে ধাতবপাত হতে ইলেক্ট্রন মুক্ত হয়, এবং উচ্চ গতিশক্তি প্রাপ্ত হয়।

একেকে সর্বোচ্চ গতিশক্তি, $K_{\max} = 8.2875 \text{ eV} - 2.825 \text{ eV} = 5.4625 \text{ eV}$

অর্থাৎ আপত্তি আলোকের তরঙ্গদৈর্ঘ্য কম বা কম্পাঙ্ক বেশি হওয়ায় আপত্তি গতিশক্তি পটাসিয়ামের কার্য অপেক্ষকের চেয়ে অনেক বেশি। ফলে ধাতু হতে উচ্চ গতিশক্তির ইলেক্ট্রন নির্গত হয়।

প্রশ্ন ২৩ 0.2500 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের এক্স-রশ্মি কোনো সক্ষয়কৃতে আঘাত হেনে 60° কোণে বিক্ষিপ্ত হলো। যেখানে ইলেক্ট্রনের নিঃসরণ ভর $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ এবং প্লাজ্মের ধূবক $6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$ ।

ক অর্ধায়ু কাকে বলে? ১

খ নিউক্লিয়াসিটি ফিউশন ব্যাখ্যা কর। ২

গ বিক্ষিপ্ত এক্স-রশ্মিটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ বিক্ষিপ্ত এক্স-রশ্মিটির শক্তি, আপত্তি রশ্মিটির চেয়ে অতি সামান্য কম। গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণের মাধ্যমে এর সত্যতা যাচাই কর। ৪

[য. বো. '১৫]

২৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সময়ে কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের ঠিক অর্ধেক পরিমাণ পরমাণু ভেঙে যায়, তাকে এ পদার্থের অর্ধায়ু বলে।

খ যে প্রক্রিয়ায় একাধিক হালকা নিউক্লিয়াস একত্রিত হয়ে একটি অপেক্ষাকৃত ভারী নিউক্লিয়াস গঠন করে এবং অত্যধিক শক্তি নির্গত হয়, তাকে নিউক্লীয় ফিউশন বা নিউক্লীয় সংযোজন বলে। উদাহরণস্বরূপ বলা যেতে পারে যে ৫টি হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয়াসকে সংযোজন করে একটি হিলিয়াম নিউক্লিয়াস গঠন করলে হিলিয়াম নিউক্লিয়াসের ভর ৫টি হাইড্রোজেন নিউক্লিয়াসের মোট ভর অপেক্ষা কিছু কম হয়। এ হ্রাসকৃত ভর শক্তিতে বৃপ্তিরিত হয়। ফলে প্রচন্ড শক্তি উৎপন্ন হয়।

গ ধরি, বিক্ষিপ্ত এক্স রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য, λ'

উদ্বীপক হতে পাই,

বিক্ষেপ কোণ, $\phi = 60^\circ$; ইলেক্ট্রনের ভর, $m_0 = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

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

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

আপত্তি এক্স রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 0.2500 \text{ nm} = 0.2500 \times 10^{-9} \text{ m}$

আমরা জানি, $\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \phi)$

বা, $\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \phi)$

$$= 0.2500 \times 10^{-9} \text{ m} + \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8} (1 - \cos 60^\circ)$$

$$= 0.2500 \times 10^{-9} \text{ m} + 0.001214 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$= 0.2500 \text{ nm} + 0.001214 \text{ nm} = 0.251214 \text{ nm}$$

অতএব, বিক্ষিপ্ত এক্স রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য 0.251214 nm।

ঘ এখানে, প্লাজ্মের ধূবক, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J-s}$

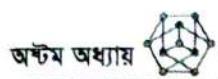
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 0.2500 \text{ nm} = 0.2500 \times 10^{-9} \text{ m}$

বিক্ষিপ্ত এক্স রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda' = 0.251214 \text{ nm}$

$$= 0.251214 \times 10^{-9} \text{ m}$$

[‘গ’ নং থেকে প্রাপ্ত]



$$\text{আপত্তি এক্সির শক্তি, } E_1 = \frac{hc}{\lambda} \\ = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0.2500 \times 10^{-9}} \text{ J} \\ = 79.56 \times 10^{-17} \text{ J}$$

বিকিন্ত এক্সির শক্তি,

$$E_2 = \frac{hc}{\lambda'} \\ = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0.251214 \times 10^{-9}} \text{ J} = 79.176 \times 10^{-17} \text{ J}$$

$$\Delta E = E_1 - E_2 = 0.384 \times 10^{-17} \text{ J} \text{ (যা অতি সামান্য)}$$

উক্তি সঠিক।

বিষয় ২৪ বিজ্ঞান উৎসুক মেধাবী ছাত্রী হুমায়রা তার বাবার সাথে ঢাকা বিশ্ববিদ্যালয়ের পদার্থবিজ্ঞান বিভাগের গবেষণাগারে গিয়ে একটি পরীক্ষণ দেখতে পায়। উক্ত পরীক্ষায় 0.4 \AA তরঙ্গদৈর্ঘ্যের একটি ফোটন কণা একটি স্থির ইলেকট্রনকে আঘাত করে 55° কোণে বিকিন্ত হয়ে যায়। [গবেষণাগারের তালিকা থেকে জানা যায় যে, ইলেকট্রনের ভর $= 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, আলোর বেগ $= 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ এবং প্লাঙ্কের ধ্রুবক $= 6.63 \times 10^{-34} \text{ J-s}$]

ক. আলোক তড়িৎ ক্রিয়া কাকে বলে?

১. খ. বিভব পার্থক্যের S.I. একক $\text{kg m}^{-2} \text{ A}^{-1} \text{ s}^{-3}$ ব্যাখ্যা কর। ২.

গ. উচ্চীপকের আপত্তি ফোটনের শক্তি কত?

৩. ঘ. উচ্চীপকের আলোকে বিক্ষেপণের পূর্বে ও পরে ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের তুলনামূলক বিপ্লবণ দাও। ৪

[ক. বো. '১৫]

২৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক যথোপযুক্ত উচ্চ কম্পাক্ষিক আলোকরশ্মি কোনো ধাতব পৃষ্ঠে আপত্তি হলে তা থেকে ইলেকট্রন নিঃস্ত হয়, এ ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বলে।

খ আমরা জানি,

$$P = VI$$

$$\text{বা, } V = \frac{P}{I} = \frac{t}{I} = \frac{W}{It} = \frac{Fs}{It} = \frac{mas}{It}$$

$$\therefore V \text{ এর একক} = \frac{\text{তড়িৎ প্রবাহের একক} \times \text{তরঙ্গের একক} \times \text{সরণের একক}}{\text{তড়িৎ প্রবাহের একক} \times \text{সময়ের একক}} \\ = \frac{\text{kg m s}^{-2} \times \text{m}}{\text{A} \times \text{s}} = \text{kg m}^2 \text{ s}^{-3} \text{ A}^{-1}$$

বিভব পার্থক্যের S.I. একক $\text{kg m}^2 \text{ A}^{-1} \text{ s}^{-3}$ ।

গ ধরি, ফোটনের শক্তি, E

$$\text{আমরা জানি, } E = \frac{hc}{\lambda} \\ = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0.4 \times 10^{-10}} \text{ J} \\ = 49.725 \times 10^{-16} \text{ J} \\ = \frac{49.725 \times 10^{-16}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV} \\ = 31078.125 \text{ eV}$$

অতএব, আপত্তি ফোটনের শক্তি 31078.125 eV ।

ঘ এখানে, বিক্ষেপণের পূর্বে তরঙ্গদৈর্ঘ্য $= \lambda$ ও

পরে তরঙ্গদৈর্ঘ্য $= \lambda'$; বিক্ষেপণ কোণ, $\varphi = 55^\circ$
ইলেকট্রনের ভর, $m_0 = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
প্লাঙ্কের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J-s}$
তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য, $\Delta\lambda$ হলে,

$$\text{আমরা জানি, } \lambda' - \lambda = \Delta\lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \varphi)$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8} (1 - \cos 55^\circ) \\ = 0.10356 \times 10^{-11} \text{ m} \\ = 0.010356 \text{ \AA}$$

অতএব, বিক্ষেপণের পরে তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিক্ষেপণের পূর্বের তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা বেশি।

বিষয় ২৫ আলোর ব্যতিচার পরীক্ষণে শিক্ষার্থীরা প্রথম দুটি সুসংগত উৎস ব্যবহার করলো যেগুলো থেকে সমদশাবিশিষ্ট 5500 \AA তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোক তরঙ্গ নির্গত হয়। তারা পর্দায় মিলিত তরঙ্গাস্তরের পথপার্থক্য 11000 \AA লক্ষ করলো।

ক. ফার্মাট-এর নীতি লিখ।

খ. বিপদ সংকেতে সবসময় লাল আলো ব্যবহার করা হয় কেন? ব্যাখ্যা কর।

গ. উৎস থেকে নির্গত প্রতিটি ফোটনের শক্তি হিসাব কর।

ঘ. শিক্ষার্থীরা উক্ত পরীক্ষণে কোন ধরনের ব্যতিচার লক্ষ্য করলো— গাণিতিক বিশ্লেষণসহ যুক্তি দাও।

[চ. বো. '১৫]

২৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক ফার্মাটের নীতিটি হলো— একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে পরিদ্রমকালে আলোকরশ্মি এমন একটি পথ অনুসরণ করে যা অতিরিক্ত প্রয়োজনীয় সময় নিকটবর্তী অন্যান্য পথের তুলনায় হয় সর্বনিম্ন বা অবম নতুবা সর্বোচ্চ বা চরম অথবা অপরিবর্তিত তথ্য স্থির থাকে।

খ লাল আলোর কম বিচ্ছিন্নির কারণে বিপদ সংকেতে লাল আলো ব্যবহার করা হয়। মৌলিক দৃশ্যামান আলোসমূহের মধ্যে লাল আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য সবচেয়ে বেশি এবং কাচের মধ্যে লাল রঙের বেগ সবচেয়ে বেশি। তাই লাল আলো অন্যান্য বর্ণের আলোর তুলনায় সবচেয়ে কম বাঁকে, অর্থাৎ বাস্তুর মধ্যদিয়ে লাল রঙের আলোর বিচ্ছিন্নি সবচেয়ে কম। তাই বিপদ সংকেতে লাল আলো ব্যবহার করা হয়।

গ আমরা জানি, ফোটনের শক্তি, E

$$E = \frac{hc}{\lambda} \\ = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{5500 \times 10^{-10}} \text{ J} \\ = 3.62 \times 10^{-19} \text{ J} \\ = \frac{3.62 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV} = 2.26 \text{ eV}$$

\therefore ফোটনের শক্তি 2.26 eV ।

এখানে,

$$\text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 5500 \text{ \AA} \\ = 5500 \times 10^{-10} \text{ m}$$

ফোটনের শক্তি, E = কত?

আলোর দুটি,

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

প্লাঙ্কের ধ্রুবক,

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

$$\frac{2\pi}{\lambda} = \frac{p\text{থপার্থক্য}}{\lambda}$$

$$\text{বা, } \text{দশাপার্থক্য} = 2\pi \times \frac{11000 \times 10^{-10}}{5500 \times 10^{-10}}$$

$$= 4\pi$$

\therefore দশাপার্থক্য (δ) $= 4\pi$

গঠনমূলক ব্যতিচারের ক্ষেত্রে :

$$\delta = 0, 2\pi, 4\pi, 6\pi, \dots \text{ ইত্যাদি হতে হবে।}$$

এখানে, $\delta = 4\pi$

\therefore শিক্ষার্থীরা গঠনমূলক ব্যতিচার লক্ষ্য করলো।

(নির্ণয় সূজনশীল পদার্থবিজ্ঞান বিতীয় পত্র) একাদশ-দ্বাদশ শ্রেণি

প্রশ্ন ২৬ আকমলের ভর 55 kg এবং বয়স 40 বছর। সে $2.4 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ বেগে গতিশীল মহাশূন্যানে চড়ে ছায়াপথ অনুসন্ধানে গেল। তার যমজ তাই তাজমলের বয়স যখন 80 বছর হলে তখন সে পৃথিবীতে ফিরে এলো।

- ক. জেনার ভোল্টেজ কাকে বলে? ১
 খ. অবতল লেন্সে গঠিত প্রতিবিষ্ট পর্দায় উৎপন্ন হয় কি-না? ১
 ব্যাখ্যা কর। ২
 গ. মহাশূন্যানে আকমলের ভর নির্ণয় কর। ৩
 ঘ. উদ্বিগ্নকে দুইভাইয়ের বর্তমান বয়স সমান থাকবে কি-না? ৪
 – গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

[চ. বো. '১৫]

২৬নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি p-n জাংশন ডায়োডকে বিমুখী বোকপ্রাণ অবস্থায় পচাত্ত্বামূল্য বায়স বাড়তে থাকলে যে বিশেষ ভোল্টেজে প্রবাহমাত্রা হঠাৎ খুব বেশি বেড়ে যায়, সেই ভোল্টেজকে জেনার ভোল্টেজ বলে।

খ অবতল লেন্সের ক্ষেত্রে ফোকাস দূরত্ব f সর্বদা ঝগড়াক। লেন্স হতে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব u এবং বিষের দূরত্ব v হলে,

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

বা, $\frac{1}{v} = -\frac{1}{f} - \frac{1}{u}$; অর্থাৎ u এর যেকোনো মানের জন্য v সর্বদা ঝগড়াক অর্থাৎ বিষ্ট সর্বদা অবাস্তব।

আবার, অবতল লেন্সে কোনো রশ্মি আপত্তি হলে তা প্রতিসরণের পর অপস্ত হয়। অতএব, অবতল লেন্সে গঠিত বিষ্টকে কখনোই পর্দায় ফেলা যায় না, অর্থাৎ প্রতিবিষ্ট পর্দায় উৎপন্ন করা যায় না।

গ এখানে, পৃথিবীতে অবস্থানকালে আকমলের ভর, $m_0 = 55 \text{ kg}$ মহাশূন্যানের বেগ, $v = 2.4 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

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

মহাশূন্যানে আকমলের ভর, m = কত?

$$\text{আমরা জানি, } m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\text{বা, } m = \frac{55}{\sqrt{1 - \left(\frac{2.4 \times 10^8}{3 \times 10^8}\right)^2}} \text{ kg} \\ = \frac{55}{\sqrt{1 - 0.64}} \text{ kg} = \frac{55}{0.6} \text{ kg} = 91.67 \text{ kg}$$

∴ মহাশূন্যানে আকমলের ভর 91.67 kg ।

ঘ পৃথিবীতে অবস্থানকালে বয়স, $t' = 40$ বছর

পৃথিবীর সময় অনুসারে আকমল $(80 - 40)$ বছর অর্থাৎ 40 বছর পরে ফিরে এলো।

∴ $t = 40$ বছর

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

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

মহাশূন্যানে আকমলের বয়স বৃদ্ধি = t_0

উদ্বিগ্নক অনুসারে তাজমলের বয়স 80 বছর।

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

$$\text{বা, } t_0 = 40 \sqrt{1 - \left(\frac{2.4 \times 10^8}{3 \times 10^8}\right)^2} = 40\sqrt{1 - 0.64}$$

$$\text{বা, } t_0 = 40\sqrt{0.36} = 40 \times 0.6 \text{ বছর} = 24 \text{ বছর।}$$

$$\therefore \text{আকমলের বয়স} = t' + t_0 = (40 + 24) \text{ বছর} = 64 \text{ বছর।}$$

অতএব, দুই ভাইয়ের বর্তমান বয়স সমান থাকবে না।

প্রশ্ন ২৭ একটি ধাতুর উপর 2500 \AA এবং 3500 \AA তরঙ্গ দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট দুটি তড়িৎচৰ্মকীয় তরঙ্গ আলাদাভাবে ফেলা হলো। ফলে দুটি ক্ষেত্রেই ধাতবপৃষ্ঠ হতে ইলেকট্রন নির্গত হলো। ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক $5.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$ ।

- ক. আলোক তড়িৎ ক্রিয়া কাকে বলে? ১
 খ. কোনো গতিশীল কণার বেগের সাথে তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সম্পর্ক কি? ২
 গ. ধাতুটির কার্য অপেক্ষক নির্ণয় কর। ৩
 ঘ. উদ্বিগ্নকে আপত্তিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের জন্য উভয়ক্ষেত্রে নির্বৃত্তি বিভবের তুলনামূলক গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

[চ. বো. '১৫]

২৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক একটি p-n জাংশন ডায়োডকে বিমুখী বোকপ্রাণ অবস্থায় পচাত্ত্বামূল্য বায়স বাড়তে থাকলে যে বিশেষ ভোল্টেজে প্রবাহমাত্রা হঠাৎ খুব বেশি বেড়ে যায়, সেই ভোল্টেজকে জেনার ভোল্টেজ বলে।

খ ধরি, গতিশীল কণার বেগ = v
 তরঙ্গ দৈর্ঘ্য = λ এবং কণার কম্পাঙ্ক = f , পর্যায়কাল = T
 কম্পাঙ্ক ও পর্যায়কালের সম্পর্ক হতে
 আমরা জানি, $f = \frac{1}{T}$ (১)

আবার গতিশীল কণা এক সেকেডে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাই-ই হলো গতিশীল কণার বেগ।

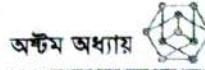
যদি T সময়ে λ দূরত্ব অতিক্রম করে, তাহলে, $v = \frac{\lambda}{T}$
 $\therefore v = f\lambda$
 অর্থাৎ, $v \propto \lambda$

অর্থাৎ গতিশীল কণার বেগ ও তরঙ্গদৈর্ঘ্য পরম্পর সমানুপাতিক।

গ এখানে, সূচন কম্পাঙ্ক, $f_0 = 5.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$
 প্লাঙ্কের ধূক, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$
 কার্যাপেক্ষক, W_0 = কত?
 আমরা জানি, $W_0 = hf_0$
 বা, $W_0 = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 5.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$
 $= 36.465 \times 10^{-20} \text{ J} = \frac{36.465 \times 10^{-20}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV}$
 $\therefore W_0 = 2.279 \text{ eV}$

অতএব, ধাতুটির কার্য অপেক্ষক 2.279 eV ।

ঘ ১ম ক্ষেত্রে, তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_1 = 2500 \text{ \AA} = 2500 \times 10^{-10} \text{ m}$
 $\lambda_2 = 3500 \text{ \AA} = 3500 \times 10^{-10} \text{ m}$
 আমরা জানি, $E = K_{\max} + W_0$
 বা, $\frac{hc}{\lambda_1} = eV_0 + hf_0$
 বা, $eV_0 = \frac{hc}{\lambda_1} - hf_0$
 বা, $eV_0 = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2500 \times 10^{-10}} \text{ J} - 6.63 \times 10^{-34} \times 5.5 \times 10^{14} \text{ J}$
 $= (0.7956 \times 10^{-18} - 36.465 \times 10^{-20}) \text{ J}$
 $= (0.7956 \times 10^{-18} - 0.36465 \times 10^{-18}) \text{ J}$
 বা, $eV_0 = 0.43095 \times 10^{-18} \text{ J}$
 বা, $V_0 = \frac{0.43095 \times 10^{-18}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ volt} = \frac{4.3095}{1.6} \text{ volt} = 2.69 \text{ volt}$
 দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, $E = K_{\max} + W_0$
 বা, $\frac{hc}{\lambda_2} = eV_0 + hf_0$



$$\text{বা, } V_0 = \frac{hc}{e\lambda_2} - \frac{hf_0}{e}$$

$$= \left(\frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.6 \times 10^{-19} \times 3500 \times 10^{-10}} - \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 5.5 \times 10^{14}}{1.6 \times 10^{-19}} \right) V$$

$$= (3.55 - 2.279) V = 1.27 \text{ V}$$

নির্বৃতি বিভব = $2.69 : 1.27$

অতএব, ১ম ক্ষেত্ৰে নিৰ্বৃতি বিভবের মান বেশি।

প্ৰৱৰ্তন ২৮ 20 kg ভৱের ও 10 m দৈৰ্ঘ্যের কোনো একটি বস্তু স্থিৰাবস্থা থেকে $0.5c$ বেগে চলা আৰণ্ড কৰলো।

ক. কাল দীৰ্ঘায়ন কী?

১

খ. ভৱ শক্তিতে বৃপ্তিৰিত হয়, ব্যাখ্যা কৰ।

২

গ. বস্তুটিৰ গতিশীল অবস্থায় দৈৰ্ঘ্য কত?

৩

ঘ. নিউটনীয় বলবিদ্যা হতে প্ৰাপ্ত গতিশক্তি ও আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে গতিশক্তি এক নয়— উদ্বীপকে প্ৰদত্ত তথ্যেৰ আলোকে বিশ্লেষণ কৰ।

৪

[ব. বো. '১৫]

২৮নং প্ৰশ্নেৰ উত্তৰ

ক কোনো পৰ্যবেক্ষকেৰ সাপেক্ষে গতিশীল অবস্থায় সংঘটিত দৃঢ় ঘটনাৰ মধ্যবৰ্তী সময় ব্যবধান ঐ পৰ্যবেক্ষকেৰ সাপেক্ষে স্থিৰ অবস্থায় সংঘটিত ঐ একই ঘটনাস্বয়েৰ মধ্যবৰ্তী সময় ব্যবধানেৰ চেয়ে বেশি হবে, একে কাল দীৰ্ঘায়ন বলে।

খ আপেক্ষিক তত্ত্বেৰ সব থেকে গুৰুত্বপূৰ্ণ আবিষ্কাৰ ভৱ-শক্তিৰ সম্পর্ক। চিৱায়ত পদাৰ্থবিদ্যা মতে ভৱ সংৱচ্ছিত, এৱ সৃষ্টি বা বিনাস নেই। শক্তিৰ সংৱচ্ছিত, শক্তিৰ উৎপন্ন বা ধৰণ কৰা যায় না। কিন্তু আইনস্টাইনেৰ আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে ভৱ ও শক্তি একই সত্তাৰ দৃঢ় ভিন্ন বূঝ। ভৱ ধৰণ কৰা যায় এবং এৱ ফলে শক্তি উৎপন্ন হয় অৰ্থাৎ ভৱ শক্তিতে বৃপ্তিৰিত হতে পাৰে। একইভাৱে শক্তিকে ভৱ বৃপ্তিৰিত কৰা যায়।

গ আমৰা জানি,

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

$$\text{বা, } L = 10 \sqrt{1 - \left(\frac{0.5c}{c}\right)^2}$$

$$= 10 \sqrt{1 - 0.25}$$

$$\therefore L = 8.66 \text{ m}$$

$$\therefore \text{গতিশীল অবস্থার দৈৰ্ঘ্য } 8.66 \text{ m!}$$

এখানে,
বস্তুৰ স্থিৰ অবস্থার দৈৰ্ঘ্য,
 $L_0 = 10 \text{ m}$
বস্তুটিৰ দৃঢ়তি, $v = 0.5c$
গতিশীল অবস্থার দৈৰ্ঘ্য, $L = ?$

ঘ নিউটনীয় বলবিদ্যা অনুসারে,

$$\text{গতিশক্তি} = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 20 \text{ kg} \times (0.5c)^2$$

$$= 10 \times 0.25 \times (3 \times 10^8)^2 \text{ J}$$

$$= 22.5 \times 10^{16} \text{ J}$$

আবাৰ, আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে গতিশক্তি, $K = (m - m_0) c^2$

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

$$= \frac{20}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.5c}{c}\right)^2}} = \frac{20}{\sqrt{1 - .25}} \text{ kg} = 23.094 \text{ kg}$$

$$\therefore \text{গতিশক্তি, } K = (m - m_0) c^2$$

$$= (23.094 - 20) \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$= 27.846 \times 10^{16} \text{ J}$$

আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে কোনো বস্তুৰ গতিশক্তি নিউটনীয় বলবিদ্যা হতে প্ৰাপ্ত গতিশক্তি অপেক্ষা বেশি।

প্ৰৱৰ্তন ২৯ 4000 Å তৰঙ্গ দৈৰ্ঘ্যেৰ আলো Na পৃষ্ঠে আপত্তি হলে ফটোইলেক্ট্ৰন নিৰ্গত হয়। ফটোইলেক্ট্ৰনৰ সৰ্বোচ্চ গতিশক্তি পাৰওয়া যায় 0.4 eV।

ক. ভৱ-তৃঢ়ি কী?

১

খ. দৃঢ় বিন্দুৰ বিভব পাৰ্থক্য 10 V বলতে কী বুঝায়?

২

গ. উদ্বীপকেৰ নিৰ্গত ইলেক্ট্ৰন থামাতে হলে Na পাতে কত মানেৰ নিৰ্বৃতি বিভব প্ৰয়োগ কৰতে হবে?

৩

ঘ. যুক্তি দিয়ে বুঝিয়ে দাও যে, একটি নিদিষ্ট মানেৰ চেয়ে কম মানেৰ কম্পাঙ্কেৰ আলো Na পাতে পড়লে তা থেকে ইলেক্ট্ৰন নিৰ্গত হবে না।

৪

[বি. বো. '১৫]

২৯নং প্ৰশ্নেৰ উত্তৰ

ক নিউক্লিয় ফিশনেৰ সময় ভাৱী নিউক্লিয়াসটি ভেজে যে দৃঢ় অহশে বিভৃত হয় তাদেৰ ভৱেৰ সমষ্টি ভাৱী নিউক্লিয়াসেৰ ভৱেৰ চেয়ে কিছু কম হয়। এ ভৱ ঘাটতিকেই ভৱ তৃঢ়ি বলে।

খ দৃঢ় বিন্দুৰ বিভব পাৰ্থক্য 10 V বলতে বুঝায়। কূলৰ চাৰ্জকে এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে স্থানান্তৰ কৰতে বাইৱেৰ এজেন্ট কৰ্তৃক 10 J কাজ কৰতে হয়।

গ আমৰা জানি,

$$K_{\max} = eV_0$$

$$\text{বা, } V_0 = \frac{K_{\max}}{e}$$

$$= \frac{6.4 \times 10^{-20}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ V}$$

$$= 0.4 \text{ V}$$

এখানে,

ফটোইলেক্ট্ৰনেৰ সৰ্বোচ্চ গতিশক্তি

$$K_{\max} = 0.4 \text{ eV}$$

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

$$= 6.4 \times 10^{-20} \text{ J}$$

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

$$\text{নিৰ্বৃতি বিভব, } V_0 = ?$$

অতএব, Na পাতে 0.4V মানেৰ নিৰ্বৃতি বিভব প্ৰয়োগ কৰতে হবে।

ঘ এখানে,

ফটোইলেক্ট্ৰনেৰ সৰ্বোচ্চ গতিশক্তি, $K_{\max} = 6.4 \times 10^{-20} \text{ J}$

আলোৰ তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্য, $\lambda = 4000 \text{ Å} = 4000 \times 10^{-10} \text{ m}$

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

$$\text{কম্পাঙ্ক, } f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{4000 \times 10^{-10} \text{ m}} = 7.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

সূচন কম্পাঙ্ক, $f_0 = ?$

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

আমৰা জানি, $hf = K_{\max} + hf_0$

বা, $hf_0 = hf - K_{\max}$

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

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 7.5 \times 10^{14} \text{ Hz} - 6.4 \times 10^{-20} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}}$$

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

এখানে, সূচন কম্পাঙ্ক, $f_0 = 6.535 \times 10^{14} \text{ Hz}$

ফটোতড়িৎ সম্পর্কিত আইনস্টাইনেৰ সমীকৰণ থেকে জানা আছে—

আপত্তি আলোৰ প্ৰতি কোয়ান্টামেৰ শক্তি = ইলেক্ট্ৰনেৰ সৰ্বাধিক শক্তি + ইলেক্ট্ৰন নিঃসৱণেৰ ন্যূনতম শক্তি।

ইলেক্ট্ৰন নিঃসৱণেৰ ন্যূনতম শক্তি = hf_0

অৰ্থাৎ, f_0 এৱ চেয়ে কম কম্পাঙ্কে ধাতুটি থেকে ইলেক্ট্ৰন নিৰ্গত হয় না।

ন্যূনতম f_0 কম্পাঙ্কে ইলেক্ট্ৰন ধাতুটি থেকে নিৰ্গত হতে পাৰে।



NCTB অনুমোদিত পাঠ্যবইসমূহের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রিয় শিক্ষার্থী, NCTB অনুমোদিত পাঠ্যবইসমূহের এ অধ্যায়ের অনুশীলনীর নমুনা সূজনশীল প্রশ্নসমূহের যথাযথ উত্তর নিচে সংযোজিত হলো। এসব প্রশ্নগুলির মাধ্যমে তোমরা কলেজ ও ইচেসার্স পরীক্ষার প্রশ্ন ও উত্তরের ধরন ও মান সম্পর্কে স্পষ্ট ধারণা পাবে।

৩ এ টি এম শামসুর রহমান সেলু ও জাকারিয়া তৌহিদ স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ৩০ 25 kg ভরের এবং 15 m দৈর্ঘ্যের একটি বস্তু স্থির অবস্থা থেকে 0.5 m বেগে গতিশীল।

১. ক. সূচন কম্পাঙ্কক কাকে বলে?
২. খ. নিউটনীয় বলবিদ্যা এবং আইনস্টাইনীয় বলবিদ্যার মধ্যে তফাত কী?
৩. গ. গতিশীল অবস্থায় বস্তুটির দৈর্ঘ্য কত?
৪. ঘ. নিউটনীয় গতিবিদ্যায় বস্তুর প্রাণ্ত গতিশক্তি এবং আপেক্ষিক তত্ত্বমতে প্রাণ্ত গতিশক্তি সমান নয়— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১]

৩০নং প্রশ্নের উত্তর

ক আপত্তি ফোটনের কম্পাঙ্কের যে ন্যূনতম মানের জন্য ধাতব পৃষ্ঠ হতে ইলেক্ট্রন নির্গত হতে পারে সেই কম্পাঙ্কক সূচন কম্পাঙ্ক।

খ নিউটনীয় বলবিদ্যা অনুসারে বস্তুর ভর একটি ধূবক। স্থান, কাল বা গতির পরিবর্তনের উপর এটি নির্ভরশীল নয়। কিন্তু আইনস্টাইনের বলবিদ্যা অনুসারে বস্তুর ভর ধূবক নয় বরং এটি আপেক্ষিক। বস্তুর গতির সাথে ভরের একটি সম্পর্ক আছে এবং বস্তুর গতিশীল অবস্থার ভর ও নিশ্চল ভর সমান নয়। এছাড়া নিউটনীয় বলবিদ্যায় গতিসূত্র কার্যকর হলেও তা আইনস্টাইনের বলবিদ্যায় কার্যকর নয়।

গ ধরি, বস্তুটির গতিশীল দৈর্ঘ্য, L

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} L &= L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \\ &= 15 \sqrt{1 - \frac{(0.5 c)^2}{c^2}} \\ &= 15 \sqrt{1 - \frac{0.25 c^2}{c^2}} \\ &= 15 \times 0.866 = 13 \text{ m} \end{aligned}$$

∴ গতিশীল অবস্থায় বস্তুটির দৈর্ঘ্য প্রায় 13 m।

উদ্দীপক হতে পাই,
বস্তুটির নিশ্চল দৈর্ঘ্য, $L_0 = 15 \text{ m}$
বস্তুটির ধূতি, $v = 0.5 c$
আলোর ধূতি = c

ঘ উদ্দীপক অনুসারে, বস্তুর ভর, $m = 25 \text{ kg}$

বেগ, $v = 0.5 c$

$$\begin{aligned} &= 0.5 \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} \quad [\because \text{আলোর বেগ, } c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}] \\ &= 1.5 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

∴ নিউটনীয় বলবিদ্যা অনুসারে,

$$\begin{aligned} \text{গতিশক্তি, } E_g &= \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times 25 \times (1.5 \times 10^8)^2 \\ &= 2.812 \times 10^{17} \text{ J} \end{aligned}$$

আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে,

$$\begin{aligned} m &= \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ &= \frac{25}{\sqrt{1 - \frac{(0.5 c)^2}{c^2}}} \\ &= \frac{25}{\sqrt{1 - \frac{0.25 c^2}{c^2}}} = \frac{25}{0.866} = 28.86 \text{ kg} \end{aligned}$$

এখানে,
স্থির অবস্থায়,
বস্তুর ভর, $m_0 = 25 \text{ kg}$
বেগ, $v = 0.5 c$
গতিশীল অবস্থায় ভর, $m = ?$

$$\begin{aligned} \text{আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে বস্তুর গতিশক্তি, } E &= (m - m_0)c^2 \\ &= (28.86 - 25) \times (3 \times 10^8)^2 \\ &= 3.474 \times 10^{17} \text{ J} \end{aligned}$$

উপরিউক্ত বিশ্লেষণের মাধ্যমে বলা যায়, আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে গতিশক্তি নিউটনীয় বলবিদ্যা থেকে প্রাণ্ত গতিশক্তির সমান হবে না।

প্রশ্ন ৩১ একটি পরীক্ষায় 0.4 A তরঙ্গদৈর্ঘ্যের একটি ফোটন কলা একটি স্থির ইলেক্ট্রনকে আঘাত করে 55° কোণে বিক্ষিপ্ত হয়ে যায়। [গবেষণাগারের তালিকা থেকে জানা যায় যে, ইলেক্ট্রনের ভর = $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ আলোর বেগ = $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ এবং প্লাঙ্কের ধূবক = $6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$]

১. ক. আলোক তড়িৎ ক্রিয়া কাকে বলে?
২. খ. পরমাণুতে আবস্থা ইলেক্ট্রনের মোট শক্তি সর্বদা ঝণাঝাক হয়— ব্যাখ্যা কর।
৩. গ. উদ্দীপকের আপত্তি ফোটনের শক্তি কত?
৪. ঘ. উদ্দীপকের আলোকে বিক্ষেপণের পূর্বে ও পরে ফোটনের শক্তির তুলনামূলক বিশ্লেষণ কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ২]

৩১নং প্রশ্নের উত্তর

ক উচ্চ কম্পাঙ্কবিশিষ্ট আলোকরশ্মি কোনো ধাতবপৃষ্ঠে আপত্তি হলে তা থেকে ইলেক্ট্রন নিঃস্ত হয়, এ ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বলে।

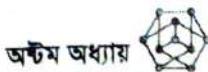
গ আমরা জানি, হাইড্রোজেন পরমাণুর π -তম কক্ষপথের শক্তির রাশিমালা, $E_n = \frac{me^4}{8e^2 n^2 h^2}$ । এই সমীকরণ থেকে পাই, প্রথম বোর কক্ষের অর্থাৎ ভূমি অবস্থার শক্তি, $E_1 = -13 \text{ eV}$, দ্বিতীয় কক্ষের শক্তি, $E_2 = -3.4 \text{ eV}$ অর্থাৎ ভূমি অবস্থার শক্তির মান বেশি। যেখানে ঝণাঝাক চিহ্ন ছারা বুঝায় অসীমের দিকে ইলেক্ট্রনকে সরিয়ে নিতে কাজ করতে হয়। অর্থাৎ ইলেক্ট্রন পরমাণুতে আবস্থা। এজন্য ভূমি অবস্থার ইলেক্ট্রনকে বৰ্ধনচ্যুত করতে সর্বাপেক্ষা বেশি শক্তির প্রয়োজন।

ঘ এখানে,
আপত্তি ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 0.4 \text{ Å} = 0.4 \times 10^{-10} \text{ m}$
প্লাঙ্কের ধূবক, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

$$\begin{aligned} \therefore \text{আপত্তি ফোটনের শক্তি, } E &= h \frac{c}{\lambda} \\ &= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0.4 \times 10^{-10}} \text{ J} \\ &= 4.9725 \times 10^{-15} \text{ J} \\ &= 31078.125 \text{ eV} \end{aligned}$$

অতএব, উদ্দীপকের আপত্তি ফোটনের শক্তি 31078.125 eV।

ঘ 'গ' হতে পাই,
বিক্ষেপণের পূর্বে ফোটনের শক্তি, $E = 31078.125 \text{ eV}$
বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ' হলে | এখানে, $\varphi = 55^\circ$
 $\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \varphi)$ | $m_0 = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$
 $= 0.4 \times 10^{-10} + \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8} \times (1 - \cos 55^\circ)$
 $= 4.10 \times 10^{-11} \text{ m}$



$$\therefore \text{বিক্ষিণু ফোটনের শক্তি}, E' = \frac{hc}{\lambda'} \\ = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4.104 \times 10^{-11}} \\ = 4.847 \times 10^{-15} \text{ J} = 30293.82 \text{ eV}$$

$E > E'$ অর্থাৎ, বিক্ষিণু ফোটনের শক্তি কম।

অতএব, বিক্ষেপণের পরে ফোটনের শক্তি পূর্বের শক্তি অপেক্ষা কম হবে।

প্রশ্ন ৩২ একজন মহাশূন্যচারী 30 বছর বয়সে $1.8 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ বেগে গতিশীল মহাশূন্যানে চড়ে ছায়াপথ অনুসন্ধানে গেলেন এবং পৃথিবীর পঞ্জিকা হিসাবে 50 বছর পর ফিরে এলেন। মহাশূন্যানের দৈর্ঘ্য 100 m এবং মহাশূন্যচারীসহ মহাশূন্যানের ভর 2000 kg।

ক. কার্যাপেক্ষক কী? ১

খ. কোনো বস্তু আলোর বেগের সমান বা বেশি বেগে চলতে পারে না কেন? ২

গ. উচ্চীপকে বর্ণিত মহাশূন্যচারী পৃথিবীতে ফিরে এলে তাঁর কাছে তাঁর বয়স কত হবে? ৩

ঘ. উচ্চীপকের আলোকে গতিশীল অবস্থার মহাশূন্যানের দৈর্ঘ্য হাস ও তার বৃদ্ধি পাবে কিনা? গাণিতিক যুক্তি দাও। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৩]

৩২নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতব পৃষ্ঠা হতে শূন্য বেগ সম্পর্ক ইলেক্ট্রন নির্গত করতে যতটুকু শক্তির প্রয়োজন তাকে ঐ ধাতুর কার্যাপেক্ষক বলে।

খ ভরের আপেক্ষিকতা থেকে আমরা জানি,

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

যদি কোনো বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হয় অর্থাৎ, $v = c$ হয় তবে সমীকরণ অনুসারে বস্তুর ভর অসীম হয়ে যায়। যা সম্ভব নয়। সূতরাং, কোনো বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হতে পারে না।

গ ধরি, মহাশূন্যানে মহাশূন্যচারীর বয়স t_0

আমরা জানি, $t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ | উচ্চীপক হতে পাই,
পৃথিবী থেকে নির্ভীত সময় ব্যবধান, $t = 50 \text{ y}$
আলোর দ্রুতি, $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
মহাশূন্যানের দ্রুতি, $v = 1.8 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

$$\text{বা } t_0 = t \times \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \\ = 50 \text{ y} \times \sqrt{1 - \left(\frac{1.8 \times 10^8}{3 \times 10^8}\right)^2} \\ = 50 \times \sqrt{1 - (0.6)^2} \text{ y} = 50 \times 0.8 \text{ y} = 40 \text{ y}$$

$$\therefore t_0 = 40 \text{ y}$$

মহাশূন্যচারীর বয়স হবে = $(40 + 30)$ বছর = 70 বছর।

ঘ উচ্চীপক হতে পাই,

শ্বেতাবস্থায় মহাশূন্যানের দৈর্ঘ্য, $L_0 = 100 \text{ m}$

শ্বেতাবস্থায় মহাশূন্যানের ভর, $m_0 = 2000 \text{ kg}$

গতিশীল অবস্থায় মহাশূন্যানের ভর, $m = ?$

গতিশীল অবস্থায় মহাশূন্যানের দৈর্ঘ্য, $L = ?$

আমরা জানি,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{2000}{\sqrt{1 - \left(\frac{1.8 \times 10^8}{3 \times 10^8}\right)^2}}$$

$$\therefore m = 2500 \text{ kg}$$

গতিশীল অবস্থায় মহাশূন্যানের ভর 2500 kg

$$\text{আবার, } L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 100 \times \sqrt{1 - \left(\frac{1.8 \times 10^8}{3 \times 10^8}\right)^2}$$

$$\therefore L = 80 \text{ m}$$

গতিশীল অবস্থায় মহাশূন্যানের দৈর্ঘ্য 80 m।

প্রশ্ন ৩৩ $1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$ শ্বেত ভরবিশিষ্ট একটি প্রোটন $2.4 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ গতিতে চলমান আছে। উল্লেখ্য আলোর বেগ $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

ক. আইনস্টাইনের বিশেষ আপেক্ষিক তত্ত্বের প্রথম বীকার্যটি লিখ। ১

খ. বস্তুর বেগ বৃদ্ধির সাথে তার বৃদ্ধি পায়— ব্যাখ্যা কর। ২

গ. প্রোটনের চলমান ভর কত হবে? ৩

ঘ. প্রোটনের সনাতন নিউটনীয় গতিশক্তি এবং আপেক্ষিকবাদ ভিত্তিক গতিশক্তি সমান হবে কি-না? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে তোমার উত্তরের সত্যতা যাচাই কর। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৪]

৩৩নং প্রশ্নের উত্তর

ক আইনস্টাইনের বিশেষ আপেক্ষিক তত্ত্বের প্রথম বীকার্যটি হলো— পরস্পরের সাথে সমবেগে গতিশীল সকল জড় কাঠামোতে পদাৰ্থবিজ্ঞানের মৌলিক সূত্রগুলো একই রকমের সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যবে।

খ ভরের আপেক্ষিকতা থেকে আমরা জানি, কোনো বস্তুর নিচল ভর m , আলোর বেগ c এবং v বেগে গতিশীল হলে তার ভর, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ । এক্ষেত্রে বেগের মান বেশি হলে $\frac{v^2}{c^2}$ এর মান বেশি হবে। ফলে $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ এর মান কমবে এবং $\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ এর মান বাড়বে। অর্থাৎ বস্তুর বেগ বৃদ্ধির সাথে সাথে তার বৃদ্ধি পায়।

গ ধরি, প্রোটনের চলমান ভর m

$$\begin{aligned} \text{আমরা জানি, } & \text{উচ্চীপক হতে পাই,} \\ m &= \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \begin{array}{l} \text{প্রোটনের বেগ, } v = 2.4 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} \\ \text{শ্বেত ভর, } m_0 = 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg} \\ \text{আলোর বেগ, } c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} \end{array} \\ &= \frac{1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}}{\sqrt{1 - \left(\frac{2.4 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}\right)^2}} \\ &= \frac{1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}}{\sqrt{1 - \left(\frac{2.4}{3}\right)^2}} = \frac{1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}}{\sqrt{1 - 0.64}} = \frac{1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}}{0.8} = 2.125 \times 10^{-27} \text{ kg} \end{aligned}$$

\therefore প্রোটনের চলমান ভর $2.125 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ।

ঘ উচ্চীপক হতে পাই,

শ্বেতাবস্থায় মহাশূন্যানের দৈর্ঘ্য, $L_0 = 100 \text{ m}$

শ্বেতাবস্থায় মহাশূন্যানের ভর, $m_0 = 2000 \text{ kg}$

গতিশীল অবস্থায় মহাশূন্যানের ভর, $m = ?$

আমরা জানি, প্রোটনের সনাতন নিউটনীয় গতিশক্তি,

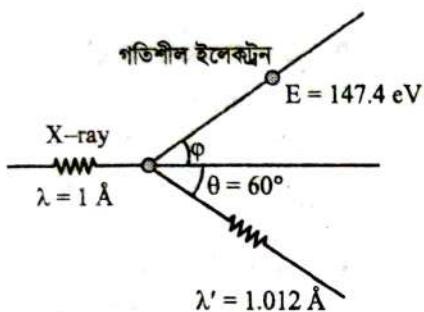
$$\begin{aligned} E_k &= \frac{1}{2} m_0 v^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg} \times (2.4 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 1.7 \times 5.76 \times 10^{-11} \text{ J} = 4.896 \times 10^{-11} \text{ J} \end{aligned}$$

আবার, আপেক্ষিকবাদ ভিত্তিক গতিশক্তি,

$$\begin{aligned} E_k &= mc^2 - m_0 c^2 \\ &= c^2 (m - m_0) \\ &= c^2 (2.83 - 1.7) \times 10^{-27} \text{ kg} \\ &= c^2 \times 1.13 \times 10^{-27} \text{ kg} \\ &= (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2 \times 1.13 \times 10^{-27} \text{ kg} \\ &= 9 \times 10^{16} \times 10^{-27} \text{ J} = 10.17 \times 10^{-11} \text{ J} \\ \text{সূতরাং প্রোটনের সমান নিউটনীয় গতিশক্তি} &= 4.896 \times 10^{-11} \text{ J} \\ \text{আপেক্ষিকবাদ ভিত্তিক গতিশক্তি} &= 10.17 \times 10^{-11} \text{ J} \\ \text{গতিশক্তি দুটির পার্থক্য} &= (10.17 \times 10^{-11} - 4.896 \times 10^{-11}) \text{ J} \\ &= 5.274 \times 10^{-11} \text{ J} \end{aligned}$$

সূতরাং বলা যায়, প্রোটনের সমান নিউটনীয় গতিশক্তি ও আপেক্ষিকবাদভিত্তিক গতিশক্তির মধ্যে পার্থক্য হলো $5.274 \times 10^{-11} \text{ J}$ ।

প্রয়োগ ৩৪ | নিচের চিত্রটি লক্ষ কর:



ক. ভরের আপেক্ষিকতা কী?

খ. নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে ইলেক্ট্রন থাকতে পারে না

কেন?

গ. গতিশীল ইলেক্ট্রনটির ভর কত?

ঘ. ডুলীপকের ঘটনা শক্তির সংরক্ষণশীলতা সমর্থন করে কি-না—গাণিতিকভাবে যাচাই কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৫]

৩৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বস্তুর নিশ্চল ভরের তুলনায় চলমান বা গতিশীল ভর বেশি হওয়ার ঘটনাকে ভরের আপেক্ষিকতা বলে।

খ. হাইজেনবার্গের অনিচ্ছয়তা নীতি অনুসারে কোনো কণার অবস্থানের অনিচ্ছয়তা Δx এবং ভরবেগের অনিচ্ছয়তা Δp হলে, $\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2\pi}$

ইলেক্ট্রন যদি নিউক্লিয়াসের খুব কাছাকাছি অবস্থান করে তবে এর অবস্থানের অনিচ্ছয়তা কমে যায়। হাইজেনবার্গের নীতি অনুসারে তখন ইলেক্ট্রনের ভরবেগের অনিচ্ছয়তা অত্যধিক বৃদ্ধি পায়। ফলে ইলেক্ট্রন দ্রুত নিউক্লিয়াস হতে দূরে সরে যাবে। তাই “ইলেক্ট্রন নিউক্লিয়াসের মধ্যে থাকতে পারে না।”

গ. এখানে, গতিশীল ইলেক্ট্রন শক্তি, $E = 147.4 \text{ eV}$

$$\begin{aligned} &= 147.4 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} \\ &= 2.358 \times 10^{-17} \text{ J} \end{aligned}$$

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

ইলেক্ট্রনের ভর, $m = ?$

আমরা জানি, $E = mc^2$

$$\text{বা, } m = \frac{E}{C^2} = \frac{2.358 \times 10^{-17}}{(3 \times 10^8)^2} = 2.62 \times 10^{-34}$$

অতএব, গতিশীল ইলেক্ট্রনের ভর $2.62 \times 10^{-34} \text{ kg}$ ।

নতুন সৃজনশীল পদাৰ্থবিজ্ঞান হিতীয় পত্ৰ একাদশ-বাদশ শ্ৰেণি

১ ডুলীপকে উপরিখিত ঘটনা শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি মেনে চলবে যদি আপত্তিত ফোটনের শক্তি এবং প্রক্ষিপ্ত ইলেক্ট্রনের শক্তি সমান হয়।

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} E &= \frac{hc}{\lambda} \\ &= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1 \times 10^{-10}} \\ &= 1.989 \times 10^{-15} \text{ J} \\ &= 1.3 \times 10^4 \text{ eV} \end{aligned}$$

এখানে,

$$\begin{aligned} \text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda &= 1 \text{ Å} \\ &= 1 \times 10^{-10} \text{ m} \end{aligned}$$

আলোর বেগ, C ,

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

প্ল্যান্কের ধ্রুবক, h

$$= 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

দেওয়া আছে, বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য

$$\begin{aligned} \lambda' &= 1.012 \text{ Å} = 1.012 \times 10^{-10} \text{ m} \\ E' &= \frac{hc}{\lambda'} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{(1.012 \times 10^{-10})} \\ &= 1.965 \times 10^{-15} \text{ J} \\ &= 1.228 \times 10^4 \text{ eV} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{বিক্ষেপণের পর মোট শক্তি} = (1.228 \times 10^4 \times 147.4) \text{ eV} \\ = 1.3 \times 10^4 \text{ eV}$$

অতএব, দেখা যাচ্ছে বিক্ষেপণের পূর্বে শক্তি এবং বিক্ষেপণের পরে মোট শক্তি সমান। তাই শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি মেনে চলবে।

প্রয়োগ ৩৫ | A ও B দুটি ধাতু নিয়ে আলোক তড়িৎক্রিয়া প্রদর্শনের পরীক্ষা চালানোর সময় উভয় ধাতুর উপর 2500 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপত্তিত করে দেখা গেল যে, ধাতুস্বয় হতে যথাক্রমে 2.67 eV ও 0.23 eV গতিসম্পন্ন ইলেক্ট্রন নির্গত হয়।

ধাতু	কার্য অপেক্ষক (eV)
সিজিয়াম	2.14
পটাসিয়াম	2.30
সোডিয়াম	2.75
বুপা	4.74
তামা	4.94

ক. ফটোইলেক্ট্রন কী?

খ. গতিশীল ফোটনের ভর নির্ণয় করা যায় না—ব্যাখ্যা কর।

গ. আপত্তিত ফোটনের ভরবেগ কত?

ঘ. A ও B ধাতুস্বয় কি হতে পারে? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৬]

৩৫নং প্রশ্নের উত্তর

ক. আলোক রশ্মির আপতনের ফলে ধাতব পদার্থ হতে নির্গত ইলেক্ট্রনকে ফটোইলেক্ট্রন বলে।

খ. আইনস্টাইনের ফটোতড়িৎ সমীকরণ থেকে পাওয়া যায় ফটোইলেক্ট্রনের গতিশক্তি,

$$\frac{1}{2} mv^2 = hf - hf_0 = \frac{hc}{\lambda} - hf_0$$

অর্থাৎ এ সমীকরণ থেকে ফোটনের ভর পেতে হলে তরঙ্গদৈর্ঘ্য জানা অত্যাবশ্যক। কিন্তু গতিশীল অবস্থায় তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় সম্ভব নয়। অতএব, গতিশীল ফোটনের ভর নির্ণয় করা সম্ভব নয়।

গ. ধরি, ফোটনের ভরবেগ, p

আমরা জানি,

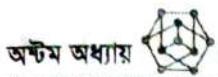
$$\begin{aligned} p &= \frac{h}{\lambda} \\ &= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}}{2500 \times 10^{-10} \text{ m}} \\ &= 2.652 \times 10^{-27} \text{ kg m s}^{-1} \end{aligned}$$

এখানে,

$$\begin{aligned} \text{তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, } \lambda &= 2500 \text{ Å} \\ &= 2500 \times 10^{-10} \text{ m} \end{aligned}$$

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

অতএব, আপত্তিত ফোটনের ভরবেগ $2.652 \times 10^{-27} \text{ kg m s}^{-1}$



১) আপত্তি আলোৰ কম্পাঙ্গ হলো,

$$c = f\lambda$$

$$\text{বা, } f = \frac{c}{\lambda}$$

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

$$= 1.2 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

১ম ধাতু হতে নির্গত ইলেকট্রনেৰ গতিশক্তি,

$$K'_{\max} = 2.67 \text{ eV}$$

$$= 2.67 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 4.272 \times 10^{-19} \text{ J}$$

১ম ধাতুৰ ক্ষেত্ৰে,

$$h\nu = K'_{\max} + \varphi_1$$

$$\text{বা, } \varphi_1 = h\nu - K'_{\max}$$

$$= 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 1.2 \times 10^{15} \text{ Hz} - 4.272 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= 7.956 \times 10^{-19} \text{ J} - 4.272 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= 3.684 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= \frac{3.684 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV} = 2.30 \text{ eV}$$

সারণি হতে প্রাপ্ত A ধাতুটি হলো পটাসিয়াম।

২য় ধাতুৰ ক্ষেত্ৰে,

$$K'_{\max} = 0.23 \text{ eV}$$

$$= 0.23 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 3.68 \times 10^{-20} \text{ J}$$

২য় ধাতুৰ ক্ষেত্ৰে,

$$h\nu = K'_{\max} + \varphi_2$$

$$\text{বা, } \varphi_2 = h\nu - K'_{\max}$$

$$= 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 1.2 \times 10^{15} \text{ Hz} - 3.68 \times 10^{-20} \text{ J}$$

$$= 7.588 \times 10^{-19} \text{ J} = 4.74 \text{ eV}$$

সারণি হতে প্রাপ্ত B ধাতুটি হলো রূপা।

বিষয় ৩৬ একটি হকি মাঠেৰ দৈৰ্ঘ্য 100 m এবং প্রস্থ 60 m দুই বন্ধু দুটি কানিক রকেটে কৰে 0.7 c বেগে ১ম বন্ধু দৈৰ্ঘ্য বৰাবৰ ও দ্বিতীয় জন প্রস্থ বৰাবৰ মাঠ অতিক্ৰম কৰল। গতিশীল অবস্থায় দুই বন্ধু মাঠেৰ ক্ষেত্ৰফল নিৰ্ণয় কৰল। প্ৰতিটি রকেটেৰ স্থিৰ ভৱ 10 টন।

- ক. তেজক্তিৰ ক্ষয় ধূৰক কী? ১
 খ. হাইড্ৰোজেন পৰমাণুৰ কক্ষপথে ইলেকট্রনেৰ স্থানান্তৰেৰ জন্য কখনোই X-ৱশ্য নিৰ্গত হয় না ব্যাখ্যা কৰ। ২
 গ. গতিশীল অবস্থায় রকেটেৰ ভৱ নিৰ্ণয় কৰ। ৩
 ঘ. উচ্চীপকেৰ দুই বন্ধু কৰ্তৃক নিৰ্মীত মাঠেৰ ক্ষেত্ৰফল সমান হবে কি? গণিতিকভাৱে বিশ্লেষণ কৰ। ৪

[অনুশীলনীৰ প্ৰঞ্চ ৭]

৩৬নং প্ৰশ্নেৰ উত্তৰ

ক. কোনো তেজক্তিৰ পদাৰ্থেৰ একটি পৰমাণুৰ একক সময়ে ভালোৱেৰ স্বত্বান্তৰকাকে ঐ পদাৰ্থেৰ ক্ষয় ধূৰক বলে।

খ. হাইড্ৰোজেন পৰমাণুতে কেবল 1টি ইলেকট্ৰন ও 1টি প্ৰোটন রয়েছে। এমনকি হাইড্ৰোজেন সৰ্বনিম্ন শক্তিৰ পৰমাণু। যখন হাইড্ৰোজেন সৰ্বাধিক শক্তি বিকিৰণ তখন ইলেকট্ৰন ২য় শক্তিস্তৰ থেকে ১ম শক্তিস্তৰে লেমে আসে। এ অবস্থায় হাইড্ৰোজেন কেবলমাত্ৰ একটি UV-Photon বিকিৰণ কৰে, যা কোনো X-ray শক্তিৰ সমকক্ষ নহয়।

গ. স্থিৰ রকেটেৰ ভৱ, $m_0 = 10$ টন

ৰকেটেৰ বেগ, $v = 0.7 c$

$$\text{আমৰা জানি, } m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{10}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.7 c}{c}\right)^2}} = 14.003 \text{ টন}$$

অতএব, গতিশীল অবস্থায় ৰকেটেৰ ভৱ 14.003 টন।

ঘ. ৰকেট যে বৰাবৰ গতিশীল শুধু সেই বৰাবৰ পৰিবৰ্তন হবে।

১ম বন্ধুৰ ক্ষেত্ৰে : ৰকেটেৰ বেগ, $v = 0.7 c$

দৈৰ্ঘ্য বৰাবৰ গতিশীল দৈৰ্ঘ্যেৰ পৰিবৰ্তন হবে।

স্থিৰ দৈৰ্ঘ্য, $L_0 = 100$ m

আমৰা জানি,

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

$$= 100 \times \sqrt{1 - \left(\frac{0.7 c}{c}\right)^2}$$

$$= 100 \times \sqrt{1 - (0.7)^2} = 10\sqrt{51}$$

প্ৰস্থ একই থাকবে অৰ্থাৎ 60 m

১ম বন্ধুৰ নিকট ক্ষেত্ৰফল = $60 \times 10\sqrt{51} = 4284.857 \text{ m}^2$

দ্বিতীয় বন্ধুৰ ক্ষেত্ৰে :

প্ৰস্থ বৰাবৰ গতিশীল প্ৰস্থেৰ পৰিবৰ্তন হবে। দৈৰ্ঘ্য অপৰিবৰ্তিত থাকবে।

প্ৰস্থ, $d_0 = 60 \text{ m};$ দৈৰ্ঘ্য, $L = 100 \text{ m}$

আমৰা জানি,

$$d = d_0 \times \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$= 60 \times \sqrt{1 - \left(\frac{0.7 c}{c}\right)^2} = 60 \times \sqrt{1 - (0.7)^2} = 6 \times \sqrt{51} \text{ m}$$

২য় বন্ধুৰ নিকট ক্ষেত্ৰফল = $6 \times \sqrt{51} \times 100 = 4284.857 \text{ m}^2$

উচ্চীপকে দুই বন্ধু কৰ্তৃক নিৰ্মীত মাঠেৰ ক্ষেত্ৰফল সমান হবে।

বিষয় ৩৭ একটি পারমাণবিক ভাঙন প্ৰক্ৰিয়া 236 amu ভৱেৰ পৰমাণু ভৱে 233 amu ভৱেৰ পৰমাণুসমূহ পাওয়া গেল। এদেৱে একটি কণিকাৰ নিশ্চল ভৱ $2.5 \times 10^{-27} \text{ kg}$ এবং কণাটি 0.9C বেগে গতিশীল আছে।

- ক. কম্পটন তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্যেৰ মান কৰত? ১
 খ. কোন ধাতুৰ সূচনকম্পাঙ্গ শূন্য হতে পাৰে কী? ব্যাখ্যা দাও। ২
 গ. অবশিষ্ট ভৱেৰ সমতুল্য শক্তি (Δm) MeV এককে প্ৰকাশ কৰ। ৩
 ঘ. কণিকাটিৰ গতিশীল শক্তি নিশ্চল শক্তিৰ ছিগুণেৰ বেশি – কথাটিৰ সত্যতা যাচাই কৰ। ৪

[অনুশীলনীৰ প্ৰঞ্চ ৮]

৩৭নং প্ৰশ্নেৰ উত্তৰ

ক. কম্পটন তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্যেৰ মান $2.426 \times 10^{-12} \text{ m}$

খ. প্ৰতিটি আলোক ইলেক্ট্ৰন নিৰ্গমনেৰ ক্ষেত্ৰে আপত্তি আলোকৰশ্মিৰ একটি নিদিষ্ট ন্যূনতম কম্পাঙ্গ রয়েছে যাৰ নাম সূচন কম্পাঙ্গ বা প্ৰারম্ভ কম্পাঙ্গ। ধাতব পদাৰ্থ থেকে ইলেক্ট্ৰন নিঃস্তৃত কৰাৰ জন্য এৰ চেয়ে কম কম্পাঙ্গ হলে ইলেক্ট্ৰন নিঃস্তৃত হবে না। আপত্তি আলোক রশ্মি বিভিন্ন ধৰনেৰ হতে পাৰে এবং তাৰে নিৰ্দিষ্ট কম্পাঙ্গ থাকে। তাই কোনো আপত্তি আলোক রশ্মিৰ সূচন কম্পাঙ্গ শূন্য হতে পাৰে না।

গ. অবশিষ্ট ভৱ, $\Delta m = (236 - 233) \text{ a.m.u}$

$$= 3 \text{ a.m.u}$$

$$= 3 \times 1.66057 \times 10^{-27} \text{ kg} [1 \text{ a.m.u} = 1.66057 \times 10^{-27} \text{ kg}]$$

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

সমতুল্য শক্তি, $E = ?$

আমৰা জানি, $E = \Delta mc^2$

$$= 3 \times 1.66057 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2$$

$$= 4.48 \times 10^{-10} \text{ J}$$

$$= \frac{4.48 \times 10^{-10}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV}$$

$$= 2.8022 \times 10^9 \text{ eV}$$

$$= \frac{2.8022 \times 10^9}{10^6} \text{ MeV}$$

$$= 2802.2 \text{ MeV}$$

$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$
 $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$

অতএব, অবশিষ্ট ভৱেৰ সমতুল্য শক্তি 2802.2 MeV।

১) আমরা জানি,

$$\begin{aligned} E_0 &= m_0 c^2 \\ &= 2.5 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2 \\ &= 2.25 \times 10^{-10} \text{ J} \end{aligned}$$

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

$$\therefore E_0 = \frac{2.25 \times 10^{-10}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV} = 1.4 \times 10^9 \text{ eV}$$

আবার, $0.9C$ বেগে গতিশীল কণাটির মোট শক্তি,

$$E = mc^2$$

$$\begin{aligned} &= \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ &= \frac{2.5 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2}{\sqrt{1 - (0.9)^2}} \\ &= 5.16 \times 10^{-10} \text{ J} \\ &= \frac{5.16 \times 10^{-10}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV} = 3.23 \times 10 \text{ eV} \end{aligned}$$

$$\text{কণাটির নিচল শক্তির হিগুণ} = 2 \times 1.4 \times 10^9 \text{ eV} \\ = 2.8 \times 10^9 \text{ eV}$$

$$\text{কণাটির গতিশীল শক্তি} = 3.23 \times 10^9 \text{ eV}$$

অতএব, দেখা যাচ্ছে গতিশীল শক্তি নিচল শক্তির হিগুণের বেশি।

প্রয়োগ ৩৫ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৯-এর উত্তরের জন্য
সূজনশীল প্রশ্ন ১-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৩৬ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১০-এর উত্তরের জন্য
সূজনশীল প্রশ্ন ২-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৩৭ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১১-এর উত্তরের জন্য
সূজনশীল প্রশ্ন ৪-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৩৮ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১২-এর উত্তরের জন্য
সূজনশীল প্রশ্ন ৫-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৩৯ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৩-এর উত্তরের জন্য
সূজনশীল প্রশ্ন ৬-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৪০ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৪-এর উত্তরের জন্য
সূজনশীল প্রশ্ন ৭-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৪১ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৫-এর উত্তরের জন্য ৫৪৮
পৃষ্ঠার ৬ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫০ পৃষ্ঠার ১ নং (অনুধাবনমূলক) এবং
৫১৯ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ৮-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৪২ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৬-এর উত্তরের জন্য ৫৪৮
পৃষ্ঠার ২ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫০ পৃষ্ঠার ২ নং (অনুধাবনমূলক) এবং
৫১৯ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ৯-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৪৩ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৭-এর উত্তরের জন্য ৫৪৮
পৃষ্ঠার ৩ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫০ পৃষ্ঠার ৩ নং (অনুধাবনমূলক) এবং
৫১৯ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ১০-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৪৪ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৮-এর উত্তরের জন্য ৫৪৮
পৃষ্ঠার ৪ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫০ পৃষ্ঠার ৫ নং (অনুধাবনমূলক) এবং
৫২০ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ১২-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৪৫ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৯-এর উত্তরের জন্য ৫৪৯
পৃষ্ঠার ৭ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫০ পৃষ্ঠার ৭ নং (অনুধাবনমূলক) এবং
৫২১ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ১৪-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৪৬ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২০-এর উত্তরের জন্য ৫৪৯
পৃষ্ঠার ৮ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫১ পৃষ্ঠার ৮ নং (অনুধাবনমূলক) এবং
৫২২ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ১৫-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৪৭ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২১-এর উত্তরের জন্য ৫৪৯
পৃষ্ঠার ১০ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫১ পৃষ্ঠার ১০ নং (অনুধাবনমূলক) এবং
৫২৩ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ১৭-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৪৮ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২২-এর উত্তরের জন্য ৫৪৯
পৃষ্ঠার ১১ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫১ পৃষ্ঠার ১১ নং (অনুধাবনমূলক) এবং
৫২৪ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ১৮-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৪৯ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২৩-এর উত্তরের জন্য ৫৪৯
পৃষ্ঠার ১৩ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫১ পৃষ্ঠার ১৩ নং (অনুধাবনমূলক) এবং
৫২৫ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ২০-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৫০ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২৪-এর উত্তরের জন্য ৫৪৯
পৃষ্ঠার ১৪ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫১ পৃষ্ঠার ১৪ নং (অনুধাবনমূলক) এবং
৫২৫ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ২১-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রয়োগ ৫১ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ২৫-এর উত্তরের জন্য ৫৪৯
পৃষ্ঠার ১৫ নং (জ্ঞানমূলক), ৫৫১ পৃষ্ঠার ১৫ নং (অনুধাবনমূলক) এবং
৫২৭ পৃষ্ঠার সূজনশীল প্রশ্ন ২৪-এর গ, ঘ উত্তর দ্রষ্টব্য।

ড. আমির হোসেন খান, মোহাম্মদ ইসহাক ও ড. মো. নজরুল ইসলাম স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

১) একটি বস্তুকণার ভর 10^{-30} kg । কণাটি $0.5c$ বেগে গতিশীল।

২) ক. ভরের আপেক্ষিকতা কী? ১

খ. নিচল ভর ও চলমান ভরের মধ্যে পার্থক্য কী? ২

গ. বস্তুকণাটির মোট শক্তি নির্ণয় কর। ৩

ঘ. বস্তুকণাটি কি আলোর বেগে গতিশীল হতে পারবে?

গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা কর। ৪

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১]

৫৫৫ প্রশ্নের উত্তর

১) দৈর্ঘ্য ও সময়ের মতো বস্তুর ভরও গতিশীলতার উপর নির্ভরশীল; আপেক্ষিক তত্ত্বানুসারে বস্তুর ভর বেগের সাথে বৃদ্ধি পায়। এটাই ভরের আপেক্ষিকতা।

২) নিচল ভর ও চলমান ভরের মধ্যে পার্থক্য নিচে দেওয়া হলো:

নিচল ভর	চলমান ভর
১. চলমান অথবা স্থির অবস্থায় একটি ভরের সাথে অপর ভরটি যদি স্থির থাকে, তবে স্থির ভরটিকে বলা হয় নিচল ভর।	১. চলমান অথবা স্থির অবস্থায় একটি ভরের সাথে অপর ভরটি যদি চলমান থাকে বা গতিশীল থাকে, তাকে চলমান ভর বলে।

নিচল ভর	চলমান ভর
২. বস্তুর নিচল ভর বস্তুর চলমান ভর থেকে কম হয়।	২. বস্তুর চলমান ভর বস্তুর নিচল ভর অপেক্ষা বেশি হয়।

৩) ধরি, বস্তুকণাটির মোট শক্তি E

আমরা জানি,

গতিশীল অবস্থায় বস্তুর ভর,

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

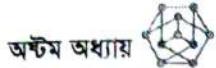
$$\text{যা, } m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{10^{-30} \text{ kg}}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.5c}{c}\right)^2}}$$

$$= 1.155 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

$$\therefore \text{মোট শক্তি, } E = mc^2 \\ = 1.155 \times 10^{-30} \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2$$

$$= 1.04 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$\therefore \text{বস্তুকণাটির মোট শক্তি } 1.04 \times 10^{-13} \text{ J।}$$



- ১** উদ্বীপক হতে পাই, বস্তুকণাটির ভর, $m_0 = 10^{-30} \text{ kg}$
কণাটির বেগ, $v =$ আলোর বেগ
 $\therefore v = c$

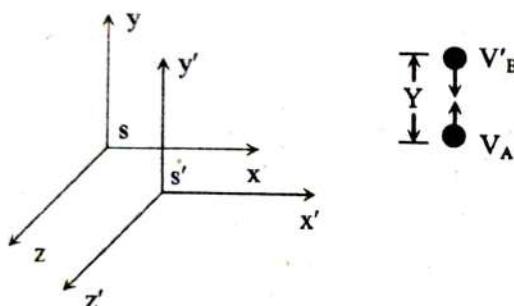
আমরা জানি, গতিশীল অবস্থায় বস্তুর ভর, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

বস্তুর বেগ, $v = c$ হলে,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - 1}} = \frac{m_0}{0} = \frac{10^{-30} \text{ kg}}{0} = \infty \text{ হয়, যা অসম্ভব}$$

বস্তুকণাটি আলোর বেগে গতিশীল হতে পারবে না।

- প্রয়োগ ৫৬** নিচের চিত্রে S এবং S' দুটি প্রসঙ্গ কাঠামো। S' কাঠামোটি X অক্ষের অভিমুখে S কাঠামোর সাপেক্ষে v বেগে গতিশীল। কাঠামোগুলোতে অবস্থিত দুই জন পর্যবেক্ষক দুটি কণা A ও B এর স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ পর্যবেক্ষণ করছেন।



- ?** ক. ভরের আপেক্ষিকতা কী? ১
খ. আপেক্ষিকতার সাধারণ ও বিশেষ তত্ত্বের পার্থক্য লেখ। ২
গ. একটি ইলেকট্রন $0.99\% c$ দ্রুতিতে গতিশীল হলে এর চলমান ভর কত? ৩
ঘ. বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান বা বেশি হওয়া সম্ভব নয়—উদ্বীপকের আলোকে সত্যতা যাচাই কর। ৪
(অনুশীলনীর প্রশ্ন ২)

৫৬নং প্রশ্নের উত্তর

- ১** কোনো বিষয় অন্যকোনো কিছুর সাপেক্ষে বিবেচিত হওয়ার নামই আপেক্ষিকতা। আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্ব অনুসারে চরম গতি নির্ধারিত। সব গতিই আপেক্ষিক এবং ভরের আপেক্ষিকতা হলো দৈর্ঘ্য ও সময়ের মতো বস্তুর ভরও গতিশীলতার উপর নির্ভরশীল বস্তুর ভর বেগের সাথে বৃদ্ধি পায়।

- ২** আপেক্ষিকতার সাধারণ ও বিশেষ তত্ত্বের পার্থক্য নিম্নরূপ:

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ১. সাধারণ তত্ত্বে পরম্পরের তুলনায় উৎর্ধা বা নিম্নগতিশীল বস্তুসমূহ বা সিস্টেম নিয়ে আলোচনা করা হয়েছে। | ১. বিশেষ তত্ত্ব শুধু পরম্পরের তুলনায় সমগতিতে সঞ্চারণশীল বা অসঞ্চারণশীল বস্তু বা সিস্টেম নিয়ে আলোচনা করা হয়েছে। |
| ২. আলোচিত বস্তু চন্দ, সূর্য, নক্ষত্র, ধূমকেতু ইত্যাদি। | ২. মূলত বিশেষ তত্ত্ব হলো সাধারণ তত্ত্বের একটি রূপ। |

- ৩** এখানে, আপেক্ষিক বেগ, $v = 0.99c \Rightarrow \frac{v}{c} = 0.99$

স্থির ইলেক্ট্রনের ভর, $m_0 = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$
চলমান ভর, $m = ?$

আমরা জানি,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}}{\sqrt{1 - (0.99)^2}} = \frac{9.1 \times 10^{-31}}{0.141} \text{ kg}$$

$\therefore m = 6.45 \times 10^{-30} \text{ kg}$

চলমান ভর $6.45 \times 10^{-30} \text{ kg}$ ।

- ১** ধরি, বস্তুটির বেগ v , আলোর বেগ c , স্থির অবস্থায় বস্তুর ভর m_0 এবং গতিশীল অবস্থায় বস্তুর ভর m
 \therefore আপেক্ষিকতার তত্ত্ব অনুযায়ী লিখা যায়,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \dots\dots\dots (১)$$

এখন, বস্তুটি যদি আলোর বেগে চলে, তাহলে $v = c$

- $\therefore (১)$ সমীকরণে $v = c$ বসালে পাই,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - 1}} = \frac{m_0}{\sqrt{0}} = \frac{m_0}{0}$$

$\therefore m = \infty$, যা অসম্ভব।

তাই বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হতে পারবে না। আবার, বস্তুটি যদি আলোর বেগের চাইতে বেশি বেগে চলে, তাহলে $v > c$ হবে।

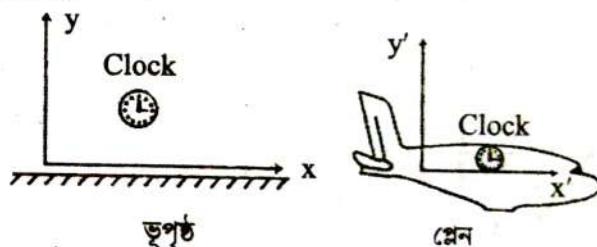
$$v > c \text{ হলে, } \frac{v^2}{c^2} > 1 \text{ হবে।}$$

এবং $\frac{v^2}{c^2} > 1$ হলে $\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)$ এর ঋণাত্মক মান আসবে যার বর্গমূল বের করা অসম্ভব।

তাই বস্তুটি আলোর বেগের চাইতে বেশি বেগে চলতে পারে না।

\therefore বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান বা বেশি হওয়া সম্ভব নয়।

প্রয়োগ ৫৭ | চিত্র দুটি লক্ষ কর :



- ১** ক. কাল দীর্ঘায়ন কী?

- খ. দৈর্ঘ্য সংকোচন এবং কাল দীর্ঘায়ন কেন হয়?

- গ. প্লেনের ভর 720 kg । পৃথিবীর বায়ুমণ্ডল অতিক্রমের পর

$3.72 \times 10^5 \text{ ms}^{-1}$ বেগে গতিশীল অবস্থায় ভৃপৃষ্ঠার বিজ্ঞানী প্লেনটিকে 30 দিন পর্যবেক্ষণ করলেন। বায়ুমণ্ডল অতিক্রমের পর প্লেনের ভর কত বাঢ়বে?

- ঘ. প্লেনের বেগ কত হলে একই ঘটনার সময় ব্যবধান প্লেনে

রাখিত ঘড়ির চেয়ে ভৃ-পৃষ্ঠে রাখিত ঘড়িতে ছিগুণ হবে?

(অনুশীলনীর প্রশ্ন ৩)

৫৭নং প্রশ্নের উত্তর

- ১** কোনো জড় কাঠামোতে সংঘটিত ঘটনা উন্ত কাঠামো সাপেক্ষে গতিশীল অন্য কোনো কাঠামো থেকে লক্ষ করলে দেখা যায় ঘটনার সময় অন্তর বৃদ্ধি পেয়েছে। এটাই কাল দীর্ঘায়ন।

- ২** কোনো দন্তের গতিশীল অবস্থার দৈর্ঘ্য দণ্ডিতে নিশ্চল অবস্থার দৈর্ঘ্যের চেয়ে ছোট হয়। এ ঘটনাকে লেবেজ জেবেড সংকোচন বা দৈর্ঘ্য সংকোচন বলা হয়। অর্থাৎ $L < L_0$ হয়। সুতরাং S কাঠামোর কোন পর্যবেক্ষকের নিকট S' কাঠামোতে দন্তের দৈর্ঘ্য $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ ছোট মনে হবে। এই কারণে দৈর্ঘ্য সংকোচন হয়ে থাকে।

আবার, দৈর্ঘ্যের মতো আপেক্ষিক বেগের সাথে সময়েরও পরিবর্তন ঘটে। তাই কোন ঘড়িকে গতিশীল রাখলে স্থিতিশীল অবস্থার চাইতে ধীরে চলবে অর্থাৎ, এ ঘড়িতে সময় $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে। এ কারণে কাল দীর্ঘায়নে ঘটে থাকে।

গ. ধৰি গতিশীল অবস্থায় প্লেনের ভৱ m

উদ্বৃত্তিপক্ষ হতে, প্লেনের ভৱ, $m_0 = 720 \text{ kg}$

প্লেনের বেগ, $v = 3.72 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$

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

$$\begin{aligned} \text{আমরা জানি, } m &= \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ &= \frac{720 \text{ kg}}{\sqrt{1 - \left(\frac{3.72 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}}{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}\right)^2}} \\ &= \frac{720 \text{ kg}}{\sqrt{1 - 1.5376 \times 10^{-6}}} = 720.00055 \text{ kg} \end{aligned}$$

∴ ভৱের পরিবর্তন $= m - m_0$

$$= (720.00055 - 720) \text{ kg} = 0.00055 \text{ kg}$$

সুতৰাং বায়ুমণ্ডল অতিক্রমের পর প্লেনের ভৱ বাঢ়বে 0.00055 kg।

হ. মনে করি, প্লেনের বেগ v

গতিশীল অবস্থায় ঘড়ির সময়, $t = 2 t_0$

ঘড়ির সময়, $t_0 = 2t$

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

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

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

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

$$\text{বা, } 1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{4}$$

$$\text{বা, } \frac{v^2}{c^2} = 1 - \frac{1}{4}$$

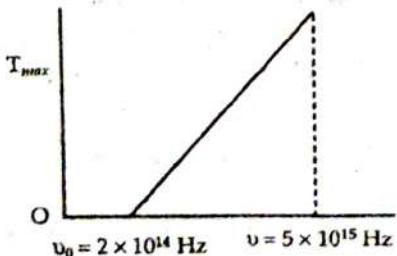
$$\text{বা, } v^2 = c^2 \frac{3}{4}$$

$$\text{বা, } v = \frac{\sqrt{3}}{2} \times c = \frac{\sqrt{3}}{2} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$\therefore v = 2.6 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

অতএব, প্লেনের বেগ $2.6 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ হলে একই ঘটনার সময় ব্যবধান প্লেনে রক্ষিত ঘড়ির চেয়ে ক্ষুণ্ণ রক্ষিত ঘড়িতে ঝিগুণ হবে।

গ. নিচের চিত্রে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া প্রদর্শন করা হয়েছে।



ক. নিরুত্তি বিভব কী?

খ. স্থান কাল তেজে মাইকেলসন-মোরলের পরীক্ষার ফলাফল পরিবর্তন হবে না কেন?

গ. কোনো পদার্থের কার্য অপেক্ষক 1.85 eV হলে এই পদার্থের কম্পাঙ্গক কত?

ঘ. উদ্বৃত্তিপক্ষের কম্পাঙ্গক v_0 হতে v তে পরিবর্তন করলে নিরুত্তি বিভবের ক্রিপ্ত পরিবর্তন হবে?

১

২

৩

৪

১

২

৩

৪

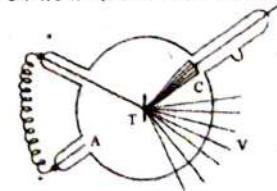
ক. এক্স-রে কী?

খ. ক্যাথোড রশ্মি ও এক্স-রের মধ্যে পার্থক্যসূচক বৈশিষ্ট্য লিখ।

গ. উদ্বৃত্তিপক্ষের ক্যাথোড ও আনোডের মধ্যে 7 kV বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করলে স্থির অবস্থা থেকে একটি ইলেক্ট্রন যে চূড়ান্ত বেগ প্রাপ্ত হবে তার মান নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্বৃত্তিপক্ষে সৃষ্টি এক্স-রের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য যদি 0.25 nm হয় এবং কোনো লক্ষ্যবস্তুকে আঘাত করে 60° কোণে বিক্ষিণ্ণ হলো। সেখানে ইলেক্ট্রনের নিচল ভৱ $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ এবং প্ল্যান্কের ধূবক $6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$ । বিক্ষিণ্ণ এক রশ্মিটির শক্তি আপত্তি রশ্মিটির চেয়ে সামান্য কম-গাপিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে এর সত্যতা যাচাই কর।

ক. অনুশীলনীর প্রশ্ন ৫



৫৮ং প্রশ্নের উত্তর

ক্যাথোড প্লেটের সাপেক্ষে আনোডে প্লেটে যে ন্যূনতম ঋণ বিভব দিলে আলোক তড়িৎ প্রবাহমাত্রা সদ্য বন্ধ হয়ে যায় সেই বিভবই নিরুত্তি বিভব।

মাইকেলসন-মোরলে পরীক্ষাটি পৃথিবীর গভীরে, উপরে বছরের বিভিন্ন সময়ে বিভিন্ন স্থানে, এমনকি জেজার রশ্মি ব্যবহার করে দেখেছিলেন যে, সকল ক্ষেত্রেই একই ফলাফল পাওয়া যায়। সুতরাং কালভেদে মাইকেলসন-মোরলের পরীক্ষার ফলাফল পরিবর্তিত হবে না।

গ. আমরা জানি,

$$W_0 = hv_0$$

$$\text{বা, } v_0 = \frac{W_0}{h}$$

$$= \frac{1.85 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}}$$

এখানে, কার্য অপেক্ষক,

$$W_0 = 1.85 \text{ eV}$$

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

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

কম্পাঙ্গক, $v = ?$

$$\therefore v_0 = 4.46 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

∴ পদার্থের কম্পাঙ্গক $4.46 \times 10^{14} \text{ Hz}$ ।

ম. উদ্বৃত্তিপক্ষের ক্ষেত্রে, $v_0 = 2 \times 10^{14} \text{ Hz}$

$$v = 5 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

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

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

কম্পাঙ্গক V_0 হলে নিরুত্তি বিভব,

$$V_0 = \frac{hv_0}{e}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 2 \times 10^{14} \text{ Hz}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 0.83 \text{ V}$$

আবার কম্পাঙ্গক v হলে নিরুত্তি বিভব

$$V = \frac{hv}{e}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 5 \times 10^{15} \text{ Hz}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 20.72 \text{ V}$$

∴ নিরুত্তি বিভবের পরিবর্তন $= 20.72 \text{ V} - 0.83 \text{ V} = 19.89 \text{ V}$

অর্থাৎ কম্পাঙ্গক v_0 হতে v তে পরিবর্তন করলে নিরুত্তি বিভব 19.89 V বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ৫. নিচের চিত্রে একটি গ্যাস নল দেখানো হয়েছে। এটি বিশেষ ধরনের গ্যাসনল। এতে C ক্যাথোড,

A আনোডে। নলে নিম্ন বায়ু চাপে

এবং ক্যাথোড ও আনোডের মধ্যে

অতি উচ্চ বিভব পার্থক্য প্রয়োগে

এক্স-রে উৎপন্ন হয়।



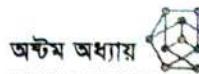
ক. এক্স-রে কী?

খ. ক্যাথোড রশ্মি ও এক্স-রের মধ্যে পার্থক্যসূচক বৈশিষ্ট্য লিখ।

গ. উদ্বৃত্তিপক্ষের ক্যাথোড ও আনোডের মধ্যে 7 kV বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করলে স্থির অবস্থা থেকে একটি ইলেক্ট্রন যে চূড়ান্ত বেগ প্রাপ্ত হবে তার মান নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্বৃত্তিপক্ষে সৃষ্টি এক্স-রের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য যদি 0.25 nm হয় এবং কোনো লক্ষ্যবস্তুকে আঘাত করে 60° কোণে বিক্ষিণ্ণ হলো। সেখানে ইলেক্ট্রনের নিচল ভৱ $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ এবং প্ল্যান্কের ধূবক $6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$ । বিক্ষিণ্ণ এক রশ্মিটির শক্তি আপত্তি রশ্মিটির চেয়ে সামান্য কম-গাপিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে এর সত্যতা যাচাই কর।

ক. অনুশীলনীর প্রশ্ন ৫



১৯নং প্রশ্নের উত্তর

১ দৃত গতিসম্পন্ন ইলেকট্রন কোন ধাতুকে আঘাত করলে তা থেকে উচ্চ ডেনক্ষমতা যে বিকিরণ উৎপন্ন হয় তাকে X-ray বা রঞ্জনরশ্মি বলে। এটি একটি বিদ্যুৎ চূম্বকীয় তরঙ্গ এবং সাধারণ আলোর সাথে এর পার্থক্য তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, X-ray এর তরঙ্গদৈর্ঘ্য প্রায় 10^{-10} m ।

২ X-ray ও ক্যাথোড রশ্মির পার্থক্যসূচক বৈশিষ্ট্য নিম্নরূপ :

X-ray (এজ-রে)	ক্যাথোড রশ্মি
১. এটি ফোটন হারা গঠিত ফলে চার্জহীন।	১. এটি ইলেকট্রন হারা গঠিত ফলে ঋণাত্মক চার্জযুক্ত।
২. তড়িৎ বা চৌম্বকক্ষেত্র দ্বারা বিচ্ছুত হয় না।	২. বিচ্ছুত হয় না।
৩. এর বেগ শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগের সমান।	৪. এর বেগ ক্যাথোড ও আনোডের বিভব পার্থক্যের উপর নির্ভর করে।
৫. এটি অত্যধিক ডেন ক্ষমতাসম্পন্ন।	৫. ডেনক্ষমতা ঘৱ্ল।

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

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

প্রযুক্তি বিভব পার্থক্য, $V = 7 \text{ kV} = 7000 \text{ volt}$

চূড়ান্ত বেগ, $v = ?$

আমরা জানি, ইলেকট্রনের চূড়ান্ত বেগ,

$$v = \sqrt{\frac{2eV}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 7000 \text{ V}}{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}}} = 4.96 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$$

ইলেকট্রন $4.96 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$ বেগ প্রাপ্ত হয়।

৪ উদ্বিগ্ন অনুসারে,

আপত্তি এক্সেলেন্সির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 0.25 \text{ nm} = 0.25 \times 10^{-9} \text{ m}$ বিক্ষেপণ কোণ, $\theta = 60^\circ$

ইলেকট্রনের নিচল ভর, $m_0 = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

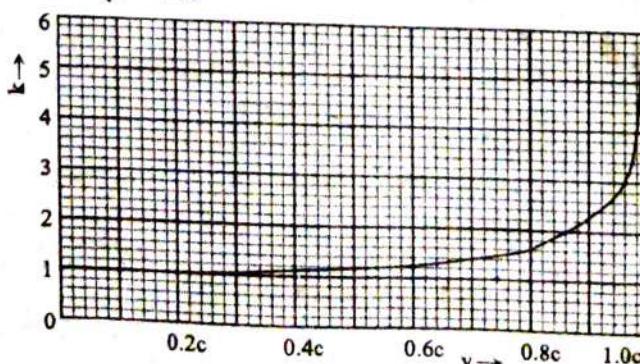
প্ল্যানকের ধূবক, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$

৫ গোলাম হোসেন প্রামাণিক, দেওয়ান নাসির উদ্দিন ও রবিউল ইসলাম স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ৬৫ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ৫-এর উত্তর মুক্তব্য।

প্রশ্ন ৬৬ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৫-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ৯-এর উত্তর মুক্তব্য।

প্রশ্ন ৬৭ একটি মহাশূন্যান্তের দুটি অংশের প্রতিটির ভর 500 kg । এটি একটি গ্যালাক্সি পরিভ্রমণরত। পাশের লেখচিত্রে বেগ v এর সমৰ্থে $k = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$ এর পরিবর্তন দেখানো হয়েছে।



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

ধরি, বিশিষ্ট এক্সেলেন্সির তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ' আমরা জানি,

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta)$$

$$\text{বা, } \lambda' = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta) + h$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}}{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}} (1 - \cos 60^\circ) + 0.25 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$= 2.512 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{আপত্তি এক্সেলেন্সির শক্তি, } E = hv = h \frac{c}{\lambda}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{0.25 \times 10^{-9} \text{ m}}$$

$$= 7.956 \times 10^{-16} \text{ J}$$

$$\text{বিশিষ্ট এক্সেলেন্সির শক্তি, } E' = hv' = h \frac{c}{\lambda'}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{2.512 \times 10^{-10} \text{ m}}$$

$$= 7.918 \times 10^{-16} \text{ J}$$

যেহেতু $E' < E$ সেহেতু বিশিষ্ট এক্সেলেন্সির শক্তি আপত্তি এক্সেলেন্সির শক্তির চেয়ে সামান্য কম।

প্রশ্ন ৬০ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৬-এর উত্তরের জন্য ১৮ নং (অনুধাবনমূলক) এবং সূজনশীল প্রশ্ন ১৬-এর ক, গ, ঘ উত্তর মুক্তব্য।

প্রশ্ন ৬১ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৭-এর উত্তরের জন্য ৯ নং (জ্ঞানমূলক), ১৭ নং (অনুধাবনমূলক) এবং সূজনশীল প্রশ্ন ১৮-এর গ, ঘ উত্তর মুক্তব্য।

প্রশ্ন ৬২ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৮-এর উত্তরের জন্য ১৯ নং (অনুধাবনমূলক) এবং সূজনশীল প্রশ্ন ১৯-এর ক, গ, ঘ উত্তর মুক্তব্য।

প্রশ্ন ৬৩ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১০-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১৪-এর গ, ঘ উত্তর মুক্তব্য।

প্রশ্ন ৬৪ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১১-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১৩-এর উত্তর মুক্তব্য।

ক. আপেক্ষিকতা কী?

খ. মহাশূন্যান্তিকে কি এমন বেগে চালানো সম্ভব যেখানে

$$k < 1$$

ব্যাখ্যা কর।

গ. যখন $k = 2$ তখন যান্তির ভরবেগ নির্ণয় কর।

ঘ. মহাশূন্যান্তির বেগ $0.58 c$ থেকে $0.72 c$ ও $0.72 c$ থেকে $0.86 c$ এ উন্নীত করতে কি একই পরিমাণ জ্বালানি প্রয়োজন হবে? তোমার উত্তরের সমক্ষে যুক্তি দাও।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৬]

৬৭নং প্রশ্নের উত্তর

১ পর্যবেক্ষক এবং যা পর্যবেক্ষণ করা হচ্ছে তাদের মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকলে পদার্থবিজ্ঞানের বিভিন্ন রাশির (যেমন দৈর্ঘ্য, ভর, সময় ইত্যাদি) পরিমাণ প্রভাবিত হওয়াকে আপেক্ষিকতা বলে।

২ এখানে, $k < 1$ হলে আমরা পাই,

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} < 1$$

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

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

$$\text{বা, } c^2 < c^2 - v^2 \\ \text{বা, } v^2 < c^2 - c^2 \\ \therefore v < 0$$

অর্থাৎ $k < 1$ হলে মহাশূন্যান্তির বেগ, $v < 0$ হয়। কিন্তু তা সম্ভব নয়। অতএব, মহাশূন্য যানটিকে এমন কোনো বেগে চালানো সম্ভব নয় যখনে $k < 1$ হয়।

৩ উদ্দীপকের লেখচিত্র হতে পাই, যখন $k = 2$, তখন $v = 0.86 c$ যেহেতু মহাশূন্য যানের দুটি অংশের প্রতিটির ভর 500 kg , সেহেতু মহাশূন্য যানের মোট নিশ্চল ভর, $m_0 = 2 \times 500 \text{ kg} = 1000 \text{ kg}$

গতিশীল অবস্থায় মহাশূন্যান্তের ভর m হলে,

$$\text{যানটির ভরবেগ, } P = mv = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ = \frac{1000 \text{ kg} \times 0.86 c}{\sqrt{1 - (0.86 c)/c^2}} \\ = 5.0559 \times 10^{11} \text{ kg ms}^{-1}$$

৪ মহাশূন্যান্তির নিশ্চল অবস্থায় ভর m_0 এবং v বেগে চলমান অবস্থায় ভর m হলে, চলমান অবস্থায় যানটির মোট শক্তি,

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

$$\text{এখন, যখন } v = 0.58 c, \text{ তখন } E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{(0.58 c)^2}{c^2}}} = 1.2275 m_0 c^2$$

$$\text{যখন } v = 0.72 c, \text{ যখন } E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{(0.72 c)^2}{c^2}}} = 1.4409 m_0 c^2$$

$$\text{যখন } v = 0.86 c, \text{ তখন } E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{(0.86 c)^2}{c^2}}} = 1.9596 m_0 c^2$$

মহাশূন্যান্তির বেগ $0.58 c$ থেকে $0.72 c$ এ উন্নতি করতে গতিশক্তির পরিবর্তন, $E = (1.4409 - 1.2275) m_0 c^2 \\ = 0.2134 m_0 c^2$

আবার, যানটির বেগ $0.72 c$ থেকে $0.86 c$ এ উন্নতি করতে গতিশক্তির পরিবর্তন, $E_2 = (1.9596 - 1.4409) m_0 c^2 \\ = 0.5187 m_0 c^2$

এখনে, $E_1 \# E_2$
যেহেতু যানটির বেগ $0.58 c$ থেকে $0.72 c$ এ উন্নতি করতে গতিশক্তির পরিবর্তন এবং $0.72 c$ থেকে $0.86 c$ এ উন্নতি করতে গতিশক্তির পরিবর্তন সমান নয়। সেহেতু উভয় ক্ষেত্রে একই পরিমাণ জ্বালানি প্রয়োজন হবে না।

প্রশ্ন ৬৮ একটি পারমাণবিক কণার নিশ্চল ভর $2.5 \times 10^{-27} \text{ kg}$ । কণিকাটি $0.9 c$ বেগে গতিশীল রয়েছে।



ক. সূচন কম্পাক্ষক কী?

খ. ইলেক্ট্রনের তাপীয় নিঃসরণ ও ফটোতড়িৎ নিঃসরণের

মধ্যে দুটি পার্থক্য উল্লেখ কর।

গ. উল্লেখিত কণাটির চলমান অবস্থায় ভর বের কর।

ঘ. চলমান অবস্থায় কণাটির মোট শক্তি উহার স্থির ভর

শক্তির চেয়ে বেশি—কথাটির প্রমাণ দাও।

প্রশ্ন ৬৯ সূজনশীল পদার্থবিজ্ঞান বিত্তীয় পত্র একাদশ-বাদশ শ্রেণি

১ ইলেক্ট্রনের তাপীয় নিঃসরণ ও ফটোতড়িৎ নিঃসরণের মধ্যে দুটি পার্থক্য নিচে দেওয়া হলো—

১. ইলেক্ট্রনের তাপীয় নিঃসরণ তাঙ্কণিক ঘটনা নয় অন্যদিকে ফটোতড়িৎ নিঃসরণ তাঙ্কণিক ঘটনা।

২. ইলেক্ট্রনের তাপীয় নিঃসরণ পরিবাহীর রোধ, প্রবাহমাত্রা ও প্রবাহকালের উপর নির্ভর করে অপরদিকে ফটোতড়িৎ নিঃসরণ আপত্তি আলোকের প্রাবল্যের সমানুপাতিক।

২ আমরা জানি,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ = \frac{2.5 \times 10^{-27}}{\sqrt{1 - \frac{(0.9 c)^2}{c^2}}} \\ = 5.735 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

এখানে,
নিশ্চল ভর, $m_0 = 2.5 \times 10^{-27} \text{ kg}$
বেগ, $v = 0.9 c$
আলোর বেগ = c
চলমান অবস্থায় ভর, $m = ?$

নির্ণেয় ভর = $5.735 \times 10^{-27} \text{ kg}$

৩ কণাটির স্থির ভর শক্তি, $E_0 = m_0 c^2$

$$= 2.5 \times 10^{-27} \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1})^2 \\ = 2.25 \times 10^{-10} \text{ J}$$

আবার, কণাটির চলমান অবস্থায় মোট শক্তি,

$$E = mc^2 \\ = 5.735 \times 10^{-27} \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2 = 5.16 \times 10^{-10} \text{ J}$$

এখানে, $E > E_0$

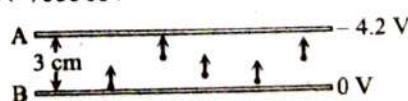
অতএব, চলমান অবস্থায় কণাটির মোট শক্তি উহার স্থির ভর শক্তির চেয়ে বেশি।

প্রশ্ন ৬৯ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ৯-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ১-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৭০ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১০-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ২-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৭১ অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ১৩-এর উত্তরের জন্য সূজনশীল প্রশ্ন ২৭-এর উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৭২ শূন্য মাধ্যমে A ও B পাতেরের মধ্যবর্তী দূরত্ব 3 cm । A ও B পাতের বিভিন্ন যথাক্রমে -4.2 V ও 0 V । B পাত থেকে ইলেক্ট্রন নির্গত হয়ে সরাসরি A পাতের দিকে গতিশীল হচ্ছে। B পাতের কার্যাপেক্ষক 1.85 eV । দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পাঞ্চ 4000 Å থেকে 7000 Å ।



ক. দৈর্ঘ্য সংকোচন কাকে বলে?

খ. বিশেষ আপেক্ষিকতার বিত্তীয় বীকার্য আপাত বিরোধী

সত্য—ব্যাখ্যা কর।

গ. সর্বিন্ধ কত বেগে একটি ইলেক্ট্রন নির্গত হলে তা A পাতে পৌছাতে পারবে নির্ণয় কর।

ঘ. দৃশ্যমান আলোর সাহায্যে B পাত থেকে নির্গত ইলেক্ট্রন A পাতে পৌছাতে পারবে কি-না—গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[অনুশীলনীর প্রশ্ন ১৫]

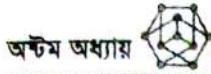
[অনুশীলনীর প্রশ্ন ৮]

৬৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক. আপত্তি ফোটনের কম্পাক্ষের যে ন্যূনতম যানের জন্য ধাতব পৃষ্ঠ হতে ইলেক্ট্রন নির্গত হতে পারে সেই কম্পাক্ষকই সূচন কম্পাক্ষ।

৭২নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো বস্তুর গতিশীল অবস্থার দৈর্ঘ্য ঐ বস্তুর স্থির অবস্থার দৈর্ঘ্যের চেয়ে ছোট হওয়াই দৈর্ঘ্য সংকোচন।



১ বিশেষ আপেক্ষিকতার হিতীয় বীকার্যটি হলো, “সব জড় প্রসঙ্গ কাঠামোতে শূন্যস্থানে আলোর দৃতি c একই থাকে।” আপেক্ষিকতার এই বীকার্যটি গ্রহণ করা খুব কঢ়কর, কারণ এটা গ্যালিলীওর সৃতিবিদ্যার সঙ্গে সংগতিপূর্ণ নয়। গ্যালিলীও সৃতিবিদ্যা হচ্ছে যা আমরা সাধারণ ধারণা বা দৈনন্দিন অভিজ্ঞতা থেকে শিক্ষা লাভ করে থাকি। তাই ‘আপাতদৃষ্টিতে এটা যথ্য মনে হয়। ধৰা যাক, কোনো জড় প্রসঙ্গ কাঠামোতে আলোর দৃতি c । ঐ প্রসঙ্গ কাঠামোর সাপেক্ষে আলোর দৃতির দিকে ও বিপরীত দিকে $v(v < c)$ সমন্বিতভাবে গতিশীল অপর কোনো প্রসঙ্গ কাঠামো থেকে আলোর দৃতি নির্ণয় করা হলে আলোর দৃতি পাওয়ার কথা যথাক্রমে $c - v$ ও $c + v$ । কিন্তু হিতীয় বীকার্য অনুসারে এ নির্ণীত দৃতি হবে c , যা মাইকেলসন ও মলির পরীক্ষা থেকে প্রমাণিত হয়েছে। তাই বিশেষ আপেক্ষিকতার হিতীয় বীকার্যটিকে আপাত বিরোধী সত্য বলা হয়।

২ উদ্ধীপকে,

$$\text{বিড়ব পার্শ্বক}, V = 0 \times V - (-4.2) V = 4.2 V$$

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

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

$$\text{বেগ}, v = ?$$

$$\text{আমরা জানি}, \frac{1}{2} mv^2 = eV$$

$$\text{বা}, mv^2 = 2eV$$

$$\text{বা}, v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

$$\text{বা}, v = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} C \times 4.2 V}{9.1 \times 10^{-31} kg}}$$

$$\therefore v = 1.215 \times 10^6 m s^{-1}$$

সৰ্বনিম্ন $1.215 \times 10^6 m s^{-1}$ বেগে একটি ইলেকট্রন নির্গত হলে তা A পাতে পৌছাতে পারবে।

৩ উদ্ধীপকে, B পাতের কার্যাপেক্ষক, $W_0 = 1.85 eV$

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

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

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

$$B \text{ পাত } \text{থেকে নির্গত ইলেকট্রনের সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য}, \lambda_0 = ?$$

আমরা জানি,

$$hv_0 = W_0$$

$$\text{বা}, \frac{hc}{\lambda_0} = W_0$$

$$\text{বা}, \lambda_0 = \frac{hc}{W_0}$$

$$\text{বা}, \lambda_0 = \frac{6.63 \times 10^{-34} J \cdot s \times 3 \times 10^8 m s^{-1}}{1.85 \times 1.6 \times 10^{-19} J}$$

$$\text{বা}, \lambda_0 = 6.72 \times 10^{-7} m$$

$$\text{বা}, \lambda_0 = 6720 \times 10^{-10} m$$

$$\therefore \lambda_0 = 6720 \text{ Å}$$

অতএব, B পাত থেকে নির্গত ইলেকট্রনের সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য 6720

Å । যেহেতু, উদ্ধীপকে দেয়া আছে, দৃশ্যমান আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের

পালা 4000 Å থেকে 7000 Å সেহেতু দৃশ্যমান আলোর সাহায্যে B

পাত থেকে নির্গত ইলেকট্রন A পাতে পৌছাতে পারবে।

৩ শাহজাহান তপন, মুহম্মদ আজিজ হাসান ও ড. রানা চৌধুরী স্যারের বইয়ের অনুশীলনীর সূজনশীল প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ১ একজন মহাশূন্যচারী 30 বছর বয়সে $2.4 \times 10^8 m s^{-1}$ বেগে গতিশীল মহাশূন্যানে চড়ে ছায়াপথ অনুসন্ধানে গেলেন এবং পৃথিবীর পঞ্জিকার হিসাবে 50 বছর পর ফিরে এলেন।

১ ক. কাল দীর্ঘায়ন কাকে বলে?

২ খ. লরেটজ বৃপ্তির থেকে কীভাবে গ্যালিলিও বৃপ্তিরে পৌছ যায় দেখা ও।

৩ গ. উদ্ধীপকে বর্ণিত মহাশূন্যচারী পৃথিবীতে ফিরে এলে তার বয়স কত হবে?

৪ ঘ. আইনস্টাইন বলেছেন স্থান ও কালের যতো ভরও আপেক্ষিক। তরুণিক সমীকরণ থেকে উদাহরণসহ এর পক্ষে যুক্তি দাও।

(অনুশীলনীর পৰ্যায় ১)

$$\text{এবং } y' = y \quad z' = z$$

$$t' = t$$

এটি গ্যালিলিও বৃপ্তির সমীকরণ।

৫ সূজনশীল ২ এর ‘ঘ’ নং উত্তর দ্রষ্টব্য।

৬ নিউটনীয় বলবিদ্যা থেকে আমরা জানি যে, বস্তুর ভর একটি ধ্রুবক। স্থান, কাল ও বেগের পরিবর্তন এর ওপর এটি নির্ভরশীল নয় বা এটি পরিবর্তিতও হয় না। কিন্তু আইনস্টাইনের আপেক্ষিক তত্ত্বের মতে বস্তুর ভর কোনো ধ্রুবক নয়। আপেক্ষিক বস্তুর চলমান বা গতিশীল ভর ও নিচল ভর সমান নয়। বস্তুর বেগ বৃদ্ধির সাথে সাথে ভর বৃদ্ধি পায়। পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে কোনো বস্তু যদি v ধূতিতে গতিশীল হয় তাহলে এর গতিশীল ভর পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে এর নিচল ভরের $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ গুণ হয়। কোনো বস্তুর নিচল অবস্থায় ভর

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

যদি M_0 হয় এবং চলমান অবস্থায় ভর যদি M হয় এবং বস্তুটি যদি v

ধূতিতে গতিশীল হয় তাহলে M_0 ও M এর সম্পর্ক, $M = \frac{M_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$,

এখান থেকে দেখা যায় যে যদি $v = c$ হয় তবে ভর অসীম হয়ে যায়। এতে আর পদাৰ্থবিজ্ঞানের সাধারণ সূত্ৰগুলো খাটে না।

৪ ৭৩ৎ প্রশ্নের উত্তর

১ কোনো পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে গতিশীল অবস্থায় সংঘটিত দুটি ঘটনার মধ্যবর্তী কাল ব্যবধান এই পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে নিচল অবস্থায় সংঘটিত এই একই ঘটনার মধ্যবর্তী কাল ব্যবধানের চেয়ে বেশি হবে, এ ঘটনাকে কাল দীর্ঘায়ন বলে।

২ যখন $v \ll c$ তখন $\frac{v}{c} \approx 0$

এবং লরেটজ বৃপ্তিরের সমীকরণগুলো দাঁড়ায়

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - 0}} = x - vt$$

১০ তফাজ্জল, মহিউদ্দিন, নীলুফার, হুমায়ুন ও আতিকুর স্যারের অনুশীলনীৰ সূজনশীল প্ৰশ্ন ও উত্তৰ

প্ৰশ্ন ৭৪ শিক্ষক কলেজ পৱৰিক্ষাগাৰে আলোক-তড়িৎ ক্ৰিয়া প্ৰদৰ্শনেৰ জন্য ব্যৱস্থা গ্ৰহণ কৱলেন। ১ম পৰ্যবেক্ষণে তিনি সোভিয়াম পাতেৰ উপৰ 300 N m তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্যৰ একবৰ্ণী আলো ফেলে পৱৰিক্ষাটি সম্পৰ্ক কৱলেন এবং সম্পূৰ্ণ পৱৰিক্ষাটি ছাত্ৰ/ছাত্ৰীদেৱ বৃক্ষিয়ে দিলেন। ২য় পৰ্যবেক্ষণে তিনি আপত্তিত আলোৰ তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্যৰ আলো সোভিয়াম পাতেৰ উপৰ আপত্তিত হলে নিৰ্গত ইলেকট্ৰনেৰ কোনো গতিশক্তি থাকে না।

ক. কাৰ্যাপেক্ষক কাকে বলে? ১

খ. কোনো নিৰ্দিষ্ট একটি ধাতব পাতেৰ জন্য ছোট না-কি বড় তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্যৰ আলো আৰা সহজে আলোক তড়িৎ ক্ৰিয়া প্ৰদৰ্শন সহজ হবে? ২

গ. সোভিয়াম পাতেৰ কাৰ্যাপেক্ষক কত? ৩

ঘ. আপত্তিত আলোক রশ্মিৰ তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্যৰ বৃক্ষিৰ সাথে সাথে নিৰ্গত ইলেকট্ৰনেৰ গতিশক্তি কেন কম ছিল তাৰ যথাযথ ব্যাখ্যা দাও এবং এৰ মাধ্যমে তুমি আলোৰ প্ৰকৃতি সম্পর্কে কীৰূপ ধাৰণা পাও? ৪

[অনুশীলনীৰ প্ৰশ্ন ৩]

১ আমৰা জানি,

কাৰ্যাপেক্ষক,

$$W_0 = \frac{hc}{\lambda}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{505 \times 10^{-9} \text{ m}}$$

$$= 3.94 \times 10^{-19} \text{ J}$$

সোভিয়াম পাতেৰ কাৰ্যাপেক্ষক $3.9 \times 10^{-19} \text{ J}$

উদ্বীপক হতে পাই,

সূচন তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্য,

$$\lambda_0 = 505 \text{ N m} = 505 \times 10^{-9} \text{ m}$$

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

প্ৰাংকেৰ ধূবক,

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

২ কোনো ধাতব পাতেৰ উপৰ নিৰ্গত আলোৰ তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্যৰ সাথে ইলেকট্ৰনেৰ গতিশক্তিৰ সম্পৰ্ক রয়েছে। আপত্তিত আলোৰ তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্য λ , প্ৰাংকেৰ ধূবক h , আলোৰ বেগ c হলে আপত্তিত আলোৰ জন্য প্ৰাপ্তি শক্তি E হবে, $E = \frac{hc}{\lambda}$

এখন আপত্তিত আলোৰ তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্য কম হলে E এৰ মান বেশি হবে।

কাৰণ $E \propto \frac{1}{\lambda}$

$$\text{আবাৰ, } \frac{hc}{\lambda} = \frac{1}{2} mv^2 + W$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} mv^2 = \frac{hc}{\lambda} - W.$$

অৰ্থাৎ ইলেকট্ৰনেৰ গতিশক্তি E নিৰ্ভৰ কৱবে প্ৰাপ্তি আলোৰ শক্তি এবং কাৰ্যাপেক্ষকেৰ বিয়োগফল হতে। ইলেকট্ৰনেৰ গতিশক্তি হবে প্ৰাপ্তি শক্তি ধাতব পাত হতে ইলেকট্ৰনকে মুক্ত কৱাৰ পৰ অবশিষ্ট শক্তি। যা ইলেকট্ৰনেৰ গতিশক্তি প্ৰদান কৱবে। এখন যদি আলোৰ তৰঙ্গ দৈৰ্ঘ্য বৃক্ষি পেতে থাকে তাহলে প্ৰাপ্তি শক্তি E এৰ মান কমতে থাকবে এবং ইলেকট্ৰনেৰ গতিশক্তি কমতে থাকবে। এই তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্য বৃক্ষি পেতে পেতে যদি এমন একটি মানে এসে পৌছায় যে প্ৰাপ্তি শক্তি ইলেকট্ৰনকে ধাতব পাত হতে মুক্ত কৱতে সক্ষম নয়, অৰ্থাৎ প্ৰাপ্তি শক্তি কাৰ্যাপেক্ষক হতে কম হয় তাহলে কোন ইলেকট্ৰন নিৰ্গত হবে না।

আমৰা বলতে পাৰি, আলোৰ তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্য কম হলে ইলেকট্ৰনেৰ গতিশক্তি বৃক্ষি পাবে এবং আলোৰ তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্য বেশি হলে ইলেকট্ৰনেৰ গতিশক্তি কমবে। ইলেকট্ৰনেৰ গতিশক্তি হতে আলোৰ প্ৰকৃতি সম্পর্কে তালো ধাৰণা পাওয়া যায়।

৭৪নং প্ৰশ্নেৰ উত্তৰ

ক. কোনো ধাতব পৃষ্ঠ হতে শূন্য বেগ সম্পৰ্ক ইলেকট্ৰন নিৰ্গত কৱতে যতটুকু শক্তিৰ প্ৰয়োজন হয় তাকে ঐ ধাতুৰ কাৰ্যাপেক্ষক বলে।

খ. কোনো নিৰ্দিষ্ট ধাতব পাতেৰ উপৰ ছোট তৰঙ্গ দৈৰ্ঘ্যে আলো পত্তিত হলে বেশি শক্তি নিৰ্গত হবে কেননা, $E = \frac{hc}{\lambda}$. ফেলে ইলেকট্ৰন অধিক শক্তি লাভ কৱবে এবং ইলেকট্ৰনেৰ গতিশক্তি বৃক্ষি পাবে। একইভাৱে বড় তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্যৰ আলো পত্তিত হলে কম শক্তি নিৰ্গত হবে। ফেলে ইলেকট্ৰনেৰ গতিশক্তি কম হবে। ইলেকট্ৰনেৰ গতিশক্তি বেশি হলে আলোক তড়িৎ ক্ৰিয়া প্ৰদৰ্শন সহজত হয়। তাই কোনো নিৰ্দিষ্ট একটি ধাতব পাতেৰ জন্য ছোট তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্যৰ আলো আৰা সহজে আলোক তড়িৎ ক্ৰিয়া প্ৰদৰ্শন সহজ হবে।

মাইকেলসন-মোৱলৰ পৰীক্ষাৰ ফলাফল বিশ্লেষণ প্ৰশ্ন ও উত্তৰ

শিখাৰ্থী, মাইকেলসন-মোৱলৰ পৰীক্ষাৰ ফলাফল বিশ্লেষণ প্ৰশ্ন ও উত্তৰসমূহ প্ৰণয়ন কৱোৱে। ১০০% মৌলিক উদ্বীপক নিৰ্ভৰ সূজনশীল প্ৰশ্ন ও উত্তৰসমূহৰে যথাযথ অনুশীলন কলেজ ও এইচএসসি পৱৰিক্ষাৰ জন্য তোমাদেৱ সেৱা প্ৰস্তুতি গ্ৰহণ এবং আৰাবিখাস বৃক্ষিতে সহায়তা কৱবে।

৮.১

প্ৰশ্ন: মাইকেলসন-মোৱলৰ পৰীক্ষাৰ ফলাফল বিশ্লেষণ প্ৰশ্ন ও উত্তৰ

মাইকেলসন মোৱলৰে পৱৰিক্ষায় ব্যৱহৃত আলোৰ তৰঙ্গ দৈৰ্ঘ্য 5000 \AA । প্ৰতিটি বাহুৰ দৈৰ্ঘ্য 5 m , পৃথিবীৰ বেগ $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ এবং আলোৰ বেগ $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ।

ক. ইথাৰ কী? ১

খ. স্থান-কাল ভেদে মাইকেলসন-মোৱলৰে পৱৰিক্ষাৰ ফলাফল পৱিবৰ্তিত হবে না কেন? ২

গ. উদ্বীপকেৰ তথ্যানুসৰে ইথাৰ মাধ্যমেৰ সাপেক্ষে ব্যতিচাৰ অপসাৱণেৰ পৰিমাণ নিৰ্ণয় কৰ। ৩

ঘ. বাহুৰ দৈৰ্ঘ্য হিঁগুণ কৱা হলে ইথাৰ মাধ্যমেৰ সাপেক্ষে ব্যতিচাৰ-অপসাৱণেৰ কীৰূপ পৱিবৰ্তন হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণেৰ মাধ্যমে দেখাও। ৪

ক. ইথাৰ হলো ওজনহীন ও বাধাহীন একটি কাৰ্যনিক মাধ্যম।

খ. মাইকেলসন-মোৱলৰে পৱৰিক্ষাৰ গতীৱে, উপৰে বছৱেৰ বিভিন্ন সময়েৰ বিভিন্ন স্থানে, এমনকি লেজাৰ রশ্মি ব্যৱহাৰ কৱে দেখেছিলেন যে, সকল ক্ষেত্ৰেই একই ফলাফল পাওয়া যায়। সুতৰাং কালভেদে মাইকেলসন-মোৱলৰে পৱৰিক্ষাৰ ফলাফল পৱিবৰ্তিত হবে না।

গ. মনে কৰি, ব্যতিচাৰ অপসাৱণ n

আমৰা জানি,

$$n = \frac{2Dv^2}{\lambda c^2}$$

$$= \frac{2 \times 5 \text{ m} \times (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2}{5000 \times 10^{-10} \text{ m} \times (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2}$$

$$= \frac{1}{5}$$

অতএব, ব্যতিচাৰ অপসাৱণেৰ পৰিমাণ পাঁচ ভাগেৰ এক ভাগ।

উদ্বীপক থেকে পাই,

প্ৰতিটি বাহুৰ দৈৰ্ঘ্য, $D = 5 \text{ m}$

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

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

তৰঙ্গ দৈৰ্ঘ্য, $\lambda = 5000 \text{ \AA}$

$$= 5000 \times 10^{-10} \text{ m}$$

৩) গ নং হতে প্রাণ্তি ব্যতিচার অপসারণ, $n = \frac{1}{5}$ ।

ধৰি, বাহুৰ দৈৰ্ঘ্য ছিগুণ কৰলে ব্যতিচার অপসারণ হয় n'
এক্ষেত্ৰে, বাহুৰ দৈৰ্ঘ্য হবে $= 5 m \times 2 = 10 m$
এখনে, প্রতিটি বাহুৰ দৈৰ্ঘ্য, $D = 10 m$

$$\text{পৃথিবীৰ বেগ}, v = 3 \times 10^4 \text{ m s}^{-1}$$

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

$$\text{তরঙ্গ দৈৰ্ঘ্য}, \lambda = 5000 \text{ Å} = 5000 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\text{আমৰা জানি}, n' = \frac{2Dv^2}{\lambda c^2}$$

$$= \frac{2 \times 10 \text{ m} \times (3 \times 10^4 \text{ m s}^{-1})^2}{5000 \times 10^{-10} \text{ m} \times (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2} = \frac{2}{5}$$

$$\text{এখন}, \frac{n'}{n} = \frac{\frac{2}{5}}{\frac{1}{5}} = \frac{2}{5} \times \frac{5}{1} = 2$$

$$\therefore n' = 2n$$

অৰ্থাৎ ব্যতিচার অপসারণেৰ পৱিমাণ পূৰ্বেৰ তুলনায় দ্বিগুণ হবে।

সুতৰাং বাহুৰ দৈৰ্ঘ্য দ্বিগুণ কৰলে ব্যতিচার অপসারণেৰ পৱিমাণও দ্বিগুণ হবে।

8.2

শিখনফল : আইনস্টাইনেৰ আপেক্ষিক তত্ত্ব ব্যাখ্যা কৰতে পাৰিব।

১) একটি A ও B দুই ব্যক্তি 25 বছৰ বয়সে যথাক্রমে 0.866 c ও 0.99 c বেগে গতিশীল দুটি মহাশূন্যযানে কৰে মহাকাশ ভ্রমণে গেলেন এবং পৃথিবীৰ হিসাবে 15 বছৰ পৰ পৃথিবীতে ফিরে আসেন। A ও B উভয় ব্যক্তিৰ ভৰ 50 কেজি।

ক. মহাকাশীয় তরঙ্গ কাকে বলে?

১

খ. আলোক তড়িৎ ক্ৰিয়াৰ ব্যাখ্যায় প্লাঞ্চেকেৰ তত্ত্বেৰ প্ৰয়োজন কেন— ব্যাখ্যা কৰ।

২

গ. উদ্বীপকেৰ আলোকে পৃথিবীতে ফিরে আসাৰ পৰ দুই ব্যক্তিৰ বয়সেৰ ব্যবধান কত হবে?

৩

ঘ. A ব্যক্তিৰ আইনস্টাইনেৰ গতিশক্তি B ব্যক্তিৰ চেয়ে কম না বেশি—উদ্বীপকেৰ আলোকে গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও।

৮.৩ ৭৬নং প্ৰশ্নেৰ উত্তৰ

১) দুটি গুৱাতাৰ কৃষ্ণহৰেৰ প্ৰবল সংঘৰ্ষেৰ ফলে একীভূত হওয়াৰ কাৰণে স্থানকালেৰ চাদৰে উভৰ্তুত আন্দোলনেৰ ফলে সৃষ্টি তৰঙ্গকে মহাকাশীয় তৰঙ্গ বলে।

২) যেকোনো কম্পাঙ্গেকেৰ আলোতে আলোক তড়িৎক্ৰিয়াৰ সংজ্ঞা থেকে পাই “কোনো ধাৰতপৃষ্ঠেৰ উপৰ যথেষ্ট উচ্চ কম্পাঙ্গেকেৰ আলোক রশ্মি বা অন্য কোনো তড়িচূম্বকীয় তৰঙ্গ আপত্তিত হলে উচ্চ ধাৰু থেকে ইলেকট্ৰন নিঃসৃত হয়। এ ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্ৰিয়া বলে।”

অৰ্থাৎ ফটো তড়িৎ ক্ৰিয়াৰ জন্য ইলেকট্ৰনকে মুক্ত হতে হবে। কিন্তু পৰাক্ৰা থেকে দেখা গেছে সূচন কম্পাঙ্গেকেৰ নিচে আপত্তিত আলোকেৰ কম্পাঙ্গক হলে কোনো ইলেকট্ৰন নিৰ্গত বা মুক্ত হয় না। তাই যেকোনো কম্পাঙ্গেকেৰ আলোক তড়িৎ ক্ৰিয়া সংঘটিত হয় না।

সুতৰাং, ফটোতড়িৎ ক্ৰিয়া ফোটনেৰ শক্তিৰ উপৰ নিৰ্ভৰশীল। তাই আলো তড়িৎ ক্ৰিয়াৰ ব্যাখ্যায় প্লাঞ্চেকেৰ তত্ত্বেৰ প্ৰয়োজন।

৩) দেওয়া আছে,

A এৰ বেগ $v_A = 0.866 c$

B এৰ বেগ, $v_B = 0.99 c$.

পৃথিবীৰ হিসেবে সময়, $t = 15$ বছৰ

এখন, A ব্যক্তিৰ জন্য,

$$t = \frac{t_A}{\sqrt{1 - \left(\frac{v_A}{c}\right)^2}}$$

$$\text{বা, } t_A = t \times \sqrt{1 - \left(\frac{v_A}{c}\right)^2}$$

$$= 15 \text{ বছৰ} \times \sqrt{1 - \left(\frac{0.866 c}{c}\right)^2} = 15 \times \sqrt{1 - 0.866^2} = 7.5 \text{ বছৰ}$$

A ব্যক্তিৰ নতুন বয়স $(25 + 7.5) = 32.5$ বছৰ

B ব্যক্তিৰ জন্য,

$$t = \frac{t_B}{\sqrt{1 - \left(\frac{v_B}{c}\right)^2}}$$

$$\text{বা, } t_B = 15 \times \sqrt{1 - 0.99^2} = 2.11 \text{ বছৰ}$$

নতুন বয়স $(25 + 2.11) = 27.11$ বছৰ

∴ বয়সেৰ ব্যবধান $(32.5 - 27.11)$ বা 5.39 বছৰ।

৪) দেওয়া আছে, A ও B ব্যক্তিৰ প্ৰত্যেকেৰ ভৰ, $m_0 = 50$ কেজি ধৰি, গতিশীল অবস্থায়, A ব্যক্তিৰ ভৰ, m_A এবং B ব্যক্তিৰ ভৰ m_B

$$\text{এখন, } m_A = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v_0}{c}\right)^2}} = \frac{50}{\sqrt{1 - 0.866^2}} = 99.99 \text{ kg}$$

$$\text{এবং } m_B = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v_0}{c}\right)^2}} = \frac{50}{\sqrt{1 - 0.99^2}} = 354.44 \text{ kg}$$

$$\text{সুতৰাং A ব্যক্তিৰ গতিশক্তি, } K_A = (m_A - m_0) c^2$$

$$= (99.99 - 50) \times (3 \times 10^8)^2$$

$$= 4.5 \times 10^{18} \text{ J}$$

$$\text{B ব্যক্তিৰ গতিশক্তি, } K_B = (m_B - m_0) c^2$$

$$= (354.44 - 50) \times (3 \times 10^8)^2$$

$$= 2.74 \times 10^{19} \text{ J}$$

অতএব, B ব্যক্তিৰ গতিশক্তি A ব্যক্তিৰ গতিশক্তি অপেক্ষা বেশি।

8.3

শিখনফল : আপেক্ষিকতা তত্ত্ব অনুসাৰে সময় সংযোগীভৱণ, দৈৰ্ঘ্য সংকোচন এবং ভৰ বৃদ্ধি বৰ্ণনা কৰতে পাৰিব।

১) একটি ভৰ-পৃষ্ঠে একটি রকেটেৰ দৈৰ্ঘ্য $10 m$ এবং ভৰ $60,000 \text{ kg}$ এটা ভৰ-পৃষ্ঠেৰ কোনো স্থিৰ পৰ্যবেক্ষকেৰ সাপেক্ষে $3 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$ বেগে চলতে শুৰু কৰলো।

ক. জড় প্ৰসংজ কাঠামো কাকে বলে?

১

খ. হাঙ্কা নীল অপেক্ষা গাঢ় নীল আলোৰ ক্ষেত্ৰে ফটো

কাৰেন্টেৰ মান বেশি কেন? ব্যাখ্যা কৰ।

২

গ. উদ্বীপকেৰ আলোকে রকেটেৰ চলমান দৈৰ্ঘ্য নিৰ্গত কৰ।

৩

ঘ. উদ্বীপকেৰ রকেটেৰ বেগ ছিগুণ কৰলে এৰ গতিশক্তি কীৰূপ হবে?

৪

৮.৩ ৭৭নং প্ৰশ্নেৰ উত্তৰ

১) যেসব প্ৰসংজ কাঠামোতে জড়তাৰ সূত্ৰ এবং নিউটনেৰ গতিৰ প্ৰথম সূত্ৰ প্ৰযোজ্য হয় তাকে জড় কাঠামো বা জড়তাৰ কাঠামো বলে।

২) হাঙ্কা নীল অপেক্ষা গাঢ় নীল আলোৰ ক্ষেত্ৰে ফটো কাৰেন্টেৰ মান বেশি। কাৰণ, হাঙ্কা নীল অপেক্ষা গাঢ় নীল আলোৰ তৰঙ্গ দৈৰ্ঘ্য কম। আইনস্টাইনেৰ ফটোতড়িৎ সমীকৰণ হতে পাৰিয়া যায়,

$$\frac{1}{2} m v^2 = hf - hf_0 = h \frac{c}{\lambda} - hf_0$$

তাই আপত্তিত আলোৰ তৰঙ্গ দৈৰ্ঘ্য হাস পেলে নিঃসৃত ফটো ইলেকট্ৰনেৰ বেগ বৃদ্ধি পাবে।

তাই তৰঙ্গ দৈৰ্ঘ্য কম হওয়ায় গাঢ় নীলেৰ ক্ষেত্ৰে, ফটো ইলেকট্ৰনেৰ বেগ বেশি হয় ও ফটো কাৰেন্টেৰ মান বেশি হয়।

১) এখানে, রকেটের স্থির দৈর্ঘ্য, $L_0 = 10 \text{ m}$

রকেটের দৃতি, $v = 3 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$

আলোর দৃতি, $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

রকেটের চলমান দৈর্ঘ্য, $L = ?$

আমরা জানি,

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 10 \times \sqrt{1 - \left(\frac{3 \times 10^7}{3 \times 10^8}\right)^2} \text{ m}$$

$$\therefore L = 9.95 \text{ m}$$

অতএব, উন্নীপকের আলোকে রকেটের চলমান দৈর্ঘ্য 9.95 m ।

২) এখানে,

রকেটের দৃতি, $v = 2 \times 3 \times 10^7 \text{ ms}^{-1} = 6 \times 10^7 \text{ m s}^{-1}$

রকেটের নিচল ভর, $m_0 = 60,000 \text{ kg}$

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

\therefore রকেটের গতিশীল ভর,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{60,000}{\sqrt{1 - \left(\frac{6 \times 10^7}{3 \times 10^8}\right)^2}} \text{ kg}$$

$$\therefore m = 61237.24 \text{ kg}$$

$$\therefore \text{রকেটের গতিশীলি}, T = (m - m_0) c^2 \\ = (61237.24 - 60000) \times (3 \times 10^8)^2 \text{ J} \\ = 1.114 \times 10^{20} \text{ J}$$

অতএব, উন্নীপকের রকেটের বেগ হিঁগুন করলে এর গতিশীলি $1.114 \times 10^{20} \text{ J}$ হবে।

8.4

পিছনফল : ভর শক্তির সম্পর্ক ব্যাখ্যা করতে পারব।

প্রয়োগ | পদার্থবিজ্ঞানের ছাত্র শফিক ও সমাজবিজ্ঞানের ছাত্র রফিক গল্প করছিল। গল্পের এক পর্যায়ে শফিক বলল, সে বরিশাল থেকে ঘটায় 150 km বেগে গাড়ি চালিয়ে 300 km দূরে ঢাকায় 15 ঘটায় পৌছে এবং ইদের কেনাকাটা সম্পন্ন করে। গাড়ির ভর 500 kg এবং আলোর বেগ ঘটায় 500 km প্রযোজ্য।

- ক. আইনস্টাইনের ভর শক্তি সম্পর্কটি বিবৃত কর। ১
- খ. ইলেক্ট্রন তরঙ্গ ধর্ম প্রদর্শন করে— ব্যাখ্যা কর। ২
- গ. আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের তত্ত্ব অনুযায়ী গাড়ির গতিশীলি নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. সনাতন তত্ত্ব অনুযায়ী ঘটনাটি ব্যাখ্যা করা সম্ভব নয় কিন্তু আধুনিক তত্ত্বে সম্ভব। গাণিতিকভাবে প্রমাণ কর। ৪

৭৮মং অংশের উত্তর

ক) আইনস্টাইনের ভর শক্তি সম্পর্কটি হলো— একটি চলমান বস্তুর যোট শক্তি হবে তার গতিশীলি ও নিচল শক্তির সমষ্টির সমান। অর্থাৎ $E = K + m_0 c^2 = (m - m_0) c^2 + m_0 c^2 = mc^2$.

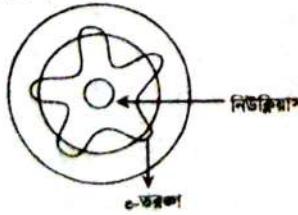
খ) কোনো পরমাণুর কক্ষপথে গতিশীল কণা হলো ইলেক্ট্রন। এটি তরঙ্গকারে কক্ষপথে পরিভ্রমণশীল থাকে।

ইলেক্ট্রন তরঙ্গ ধর্ম প্রকাশ করে, তার প্রযাপনবৃত্ত হাইগেনসের তরঙ্গ নীতি, আলোর অপবর্তন প্রভৃতি। ডি ব্রগলীর পরবেশ থেকে প্রাপ্ত তরঙ্গের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ , ভর m পরমাণু হলে, তার বেগ,

$$v = \frac{h}{m \lambda} \quad [h = প্লানকের ধ্রুবক]$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{h}{mv}$$

অতএব, ইলেক্ট্রন তরঙ্গ ধর্ম প্রকাশ করে।



১) আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের তথ্যানুযায়ী,

গতিশীলি, $K = (m - m_0) c^2$

$$\text{আবার, } m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ = \frac{500}{\sqrt{1 - \left(\frac{(150)^2}{(500)^2}\right)}} \\ = \frac{500}{\sqrt{1 - \left(\frac{22500}{250000}\right)}} \\ = 524 \text{ kg}$$

$$\therefore K = (524 - 500) \times (138.89)^2 \\ = 4.63 \times 10^5 \text{ J.}$$

এখানে,

নিচল ভর, $m_0 = 500 \text{ kg}$

গাড়ির বেগ, $v = 150 \text{ km h}^{-1}$

আলোর বেগ, $c = 500 \text{ km h}^{-1}$

গতিশীল গাড়ির ভর, $m = ?$

গতিশীল গাড়ির গতিশীলি, $K = ?$

২) সনাতন তত্ত্বানুযায়ী, বরিশাল থেকে ঢাকার দূরত্ব, $s = 300 \text{ km}$ বেগ, $v = 150 \text{ km h}^{-1}$

$$\therefore \text{বরিশাল থেকে ঢাকায় আসতে সময় লাগে, } t_0 = \frac{s}{v} = \frac{300}{150} = 2 \text{ h.}$$

আবার, আইনস্টাইনের তত্ত্বানুযায়ী, গতিশীল পর্যবেক্ষকের দৃষ্টিতে নির্ণীত সময়, t হলে,

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad | t = 15$$

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

$$\text{বা, } 1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2 = \left(\frac{t_0}{t}\right)^2$$

$$\text{বা, } 1 - \left(\frac{2}{15}\right)^2 = \frac{v^2}{c^2}$$

$$\text{বা, } 0.982 = \frac{v^2}{(500)^2}$$

$$\text{বা, } v = 0.982 \times (500)^2 = 2.455 \times 10^5 \text{ km h}^{-1}$$

অতএব, গাড়ির গতিবেগ $v = 2.455 \times 10^5 \text{ km h}^{-1}$ হলে কেবল তখনই বরিশাল থেকে ঢাকায় 15 ঘটায় আসা সম্ভব। তাই বলা যায়, ঘটনাটি আইনস্টাইনের তত্ত্ব দিয়ে ব্যাখ্যা করা সম্ভব।

8.5

পিছনফল : মহাকাশ ভয়ে আপেক্ষিকভা তত্ত্বের সময় সংক্ষিপ্ত ও দৈর্ঘ্য সংক্ষেপের সিম্পল ব্যবহার করতে পারব।

প্রয়োগ | একজন নভোচারী এমনভাবে গতিশীল যাহাতে

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 30 \text{ পৃথিবীর থেকে কাছের Alpha centauri-এর}$$

দূরত্ব 4.3 light year .

ক. কাল দীর্ঘায়ন কাকে বলে? ১

খ. আলো কণা না তরঙ্গ ধর্ম ব্যাখ্যা কর? ২

গ. গতিশীল অবস্থায় নভোচারীর কাছে পৃথিবী থেকে

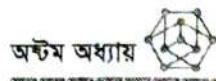
Alpha Centauri এর দূরত্ব কিলোমিটারে নির্ণয় কর। ৩

ঘ. নভোচারীর বেগ নির্ণয় কর। ৪

৭৯মং অংশের উত্তর

ক) কোনো পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে গতিশীল অবস্থায় সংঘটিত দূটি ঘটনার মধ্যবর্তী কাল ব্যবধান উত্ত পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে নিচল অবস্থায় সংঘটিত এই একই ঘটনাছয়ের মধ্যবর্তী কাল ব্যবধানের চেয়ে বেশ হলে সে প্রভাবকে কাল দীর্ঘায়ন বলে।

খ) আমরা জানি যে, আলো অসংখ্য ফোটনের গুচ্ছ বা প্যাকেট। ফোটন কণারূপে আচরণ করে আবার গতিশীল অবস্থায় তাড়িতচোষক তরঙ্গের ন্যায় আচরণ করে। কাজেই আলো বৈত



আচরণ করে; কখনও কণা, কখনও তরঙ্গ। এজন্য হাইজেনবার্গের অনিচ্ছিয়তা নীতি অনুসারে অবস্থান নির্ণয় করলে ভরবেগ জানা যায় না অথবা ভরবেগ জানলে অবস্থান জানা যায় না।

গ) দেওয়া আছে, $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 30$

বা, $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{30}$

এবং পৃথিবী থেকে Alpha Centauri এর দূরত্ব

$$\therefore L_0 = 4.3 \text{ ly} \text{ এবং গতিশীল অবস্থায় দূরত্ব, } L = ?$$

$$\therefore L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 4.3 \times \frac{1}{30} \text{ ly}$$

$$= 4.3 \times \frac{1}{30} \times 9.42 \times 10^{12} \text{ km}$$

$$= 1.3502 \times 10^{12} \text{ km}$$

ঘ) ধরি, নভোচারীর বেগ, v_0

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} = 30$$

বা, $\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}} = \frac{1}{30}$

বা, $1 - \frac{v_0^2}{c^2} = \frac{1}{900}$

বা, $\frac{v_0^2}{c^2} = \frac{899}{900}$

বা, $v = \sqrt{\frac{899}{900} \times c^2} = 2.9983 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

নির্ণেয় বেগ $2.9983 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

আমরা জানি, $W_0 = hf_0$

$$\text{বা, } f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{3.52 \times 10^{-19} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}} = 5.31 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

ঘ) দেওয়া আছে, কার্যাপেক্ষক = $3.52 \times 10^{-19} \text{ J}$

আপত্তি আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 3000 \text{ Å} = 3 \times 10^{-7} \text{ m}$

$$\therefore \text{শক্তি, } E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3 \times 10^{-7}} \text{ J}$$

$$= 6.626 \times 10^{-19}$$

যা কার্যাপেক্ষক থেকে বড়। তাই, ইলেকট্রন নির্গত হবে।

8.7

শিখনকল : আইলস্টাইনের ফটোলেক্ট্রিক ক্রিয়ার ঘটনা বর্ণনা করতে পারব।

প্রশ্ন ৮১। কোনো ধাতুর উপর আলো ফেললে ইলেকট্রন মুক্ত করতে 2.20 eV শক্তির প্রয়োজন। ধাতুটির উপর 6800 Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো পড়ল।

ক. নির্বৃত্তি বিভব কাকে বলে?

খ. এক্স-রশ্মি নিঃসরণ ও আলোক তড়িৎ ক্রিয়া নিঃসরণ এবং

মূল পার্থক্য কী?

গ. ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্কক নির্ণয় কর।

ঘ. উপরোক্ত ঘটনায় ইলেকট্রন মুক্ত হবে না— তা গাণিতিকভাবে

বিশ্লেষণ করে তোমার যতামত উপস্থাপন কর।

৮১নং প্রশ্নের উত্তর

8.6

শিখনকল : একারের উৎপাদন প্রক্রিয়া বর্ণনা করতে পারব।

প্রশ্ন ৮২। ফটো তড়িৎ ক্রিয়ায় ব্যবহৃত একটি ধাতুর কার্য অপেক্ষক 2.20 eV। এতে 3000 Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো আপত্তি হলো।

ক. হাইজেনবার্গের অনিচ্ছিয়তা সূত্রটি লিখ।

খ. এক্স-রশ্মি উৎপাদন এবং আলোক তড়িৎ ক্রিয়ার সাহায্যে ইলেকট্রন উৎপাদন পরম্পরার বিপরীত ক্রিয়া— ব্যাখ্যা কর।

গ. ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্কক বের কর।

ঘ. উদ্বীপক অনুসারে ধাতু থেকে কোনো ইলেকট্রন নির্গত হবে কিনা— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা দাও।

৮০নং প্রশ্নের উত্তর

ক) হাইজেনবার্গের অনিচ্ছিয়তা সূত্রটি হলো— যদি কোনো কণার কোনো নির্দিষ্ট সময়ের অনিচ্ছিয়তা Δx এবং ভরবেগের অনিচ্ছিয়তা Δp হয়, তবে এদের গুণফল প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক এর সমান বা প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক অপেক্ষা বড় হবে।

খ) লক্ষ্যবস্তুর উপর ইলেকট্রন আপত্তি হলে লক্ষ্যবস্তু হতে উচ্চ কম্পাঙ্কযুক্ত ফোটন প্রবাহ তথা এক্স-রশ্মি উৎপন্ন হয়। কিন্তু ফটোতড়িৎ ক্রিয়ায় আলোক সংবেদনশীল পদার্থের উপর ফোটন কণা আপত্তি হলে ঐ পদার্থ থেকে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হয়। যা এক্স-রশ্মি উৎপাদন প্রক্রিয়ার বিপরীত ঘটনা।

গ) দেওয়া আছে,

কার্য অপেক্ষক, $W_0 = 2.20 \text{ eV}$

$$= 2.20 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 3.52 \times 10^{-19} \text{ J}$$

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

ক) ক্যাথোড প্লেটের সাপেক্ষে অ্যানোড প্লেটে যে ন্যূনতম ঝল বিভব দিলে আলোক তড়িৎ প্রবাহমাত্রা সদ্য বন্ধ হয়ে যায় সেই বিভবকে নির্বৃত্তি বিভব বলে।

খ) এক্স-রশ্মি নিঃসরণ ও আলোক তড়িৎ ক্রিয়া নিঃসরণের মধ্যে মূল পার্থক্য হলো— এক্স-রশ্মি নিঃসরণ হচ্ছে কোনো ধাতুর উপর উচ্চ পতিসম্পন্ন ইলেক্ট্রনের আঘাতের ফলে তড়িঢ়োঢ়ক রশ্মির বিকিরণ। অপরদিকে আলোকতড়িৎ ক্রিয়া হচ্ছে কোনো ধাতুর উপর যথোপযুক্ত কম্পাঙ্কের আলো আপত্তি হওয়ার ফলে সেখান থেকে ইলেক্ট্রনের নিঃসরণ।

গ) উদ্বীপকে,

$$\text{সূচন শক্তি, } W_0 = 2.20 \text{ eV} = 2.20 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

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

$$\therefore \text{সূচন কম্পাঙ্ক, } f_0 = ?$$

আমরা জানি,

$$W_0 = hf_0$$

$$\text{বা, } f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{2.20 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}}$$

$$\therefore f_0 = 5.31 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\therefore \text{ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক } 5.31 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

ঘ) 'গ' হতে পাই,

$$\text{ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক, } f_0 = 5.31 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\text{আপত্তি আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 6800 \text{ Å} = 6800 \times 10^{-10} \text{ m}$$



আপত্তি আলোর কম্পাঙ্ক,

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{6800 \times 10^{-10}} \text{ Hz}$$

$$\therefore f = 4.4 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

দেখা যায় যে, $f < f_0$

অর্থাৎ, আপত্তি আলোর কম্পাঙ্ক ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক অপেক্ষা কম। কিন্তু আমরা জনি, ধাতু হতে ইলেক্ট্রন নিঃসরণের জন্য সূচন কম্পাঙ্কের সমান বা তার চেয়ে বেশি কম্পাঙ্কের আলো আপত্তি করতে হয়।

অতএব, সেহেতু উদ্দীপকের ঘটনায় ইলেক্ট্রন মুক্ত হবে না।

৪.৪

শিখনফল : দ্য ভ্রগলীর তরঙ্গ ধারণা ব্যাখ্যা করতে পারব।

প্রশ্ন ৪২ সোডিয়াম ও পটাশিয়ামের কার্যাপেক্ষক যথাক্রমে 2.36 eV এবং 2.30 eV। উক্ত ধাতু দুটির উপর পর্যায়ক্রমে 4000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপত্তি করলে, ধাতু দুটি আলোকতড়িৎ ক্রিয়া প্রদর্শন করে।

ক. সূচন কম্পাঙ্ক কী?

খ. কম্পটন ক্রিয়ায় আপত্তি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের চেয়ে বিক্ষিণ্ঠ

তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি— ব্যাখ্যা কর।

গ. উদ্দীপকে বর্ণিত আলোর জন্য সোডিয়াম থেকে নির্গত ইলেক্ট্রন এর সর্বোচ্চ দুর্তি কত হবে? নির্ণয় কর।

ঘ. গাণিতিকভাবে দেখাও যে, পটাশিয়াম এর সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য সোডিয়ামের চেয়ে বেশি হবে।

৪.৫ ৮ম প্রশ্নের উত্তর

ক. আপত্তি ফোটনের কম্পাঙ্কের যে ন্যূনতম মানের জন্য ধাতব পৃষ্ঠ হতে ইলেক্ট্রন নির্গত হতে পারে সেই কম্পাঙ্কই সূচন কম্পাঙ্ক।

খ. একবর্ণের এক-রে হালকা মৌল যেমন— কার্বন ধারা বিক্ষিণ্ঠ হলে, বিকিরণের তরঙ্গদৈর্ঘ্য আপত্তি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের চেয়ে কিছুটা বেশি হয়। এ ঘটনাকে কম্পটন ক্রিয়া বলা হয়। আপত্তি বিকিরণের অভিমুখের সাপেক্ষে বিক্ষিণ্ঠ বিকিরণ যদি ϕ কোণ উৎপন্ন করে বিক্ষিণ্ঠ হয় এবং λ ও λ' যদি আপত্তি ও বিক্ষিণ্ঠ বিকিরণের তরঙ্গদৈর্ঘ্য হয় তাহলে তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য,

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \phi)$$

এখনে, m_0 ইলেক্ট্রনের নিচল ভর, h প্ল্যানকের ধ্রুবক এবং c আলোর বেগ।

গ. এখনে, সোডিয়ামের কার্যাপেক্ষক, $W_{0Na} = 2.36 \text{ eV}$
 $= 2.36 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$
 $= 3.776 \times 10^{-19} \text{ J}$

আপত্তি আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 4000 \text{ Å} = 4000 \times 10^{-10} \text{ m}$

\therefore সোডিয়াম থেকে নির্গত ইলেক্ট্রনের গতিশক্তি

$$E_{kmax} = hf - W_{0Na}$$

$$\text{বা, } E_{kmax} = \frac{hc}{\lambda} - W_{0Na}$$

$$\text{বা, } E_{kmax} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4000 \times 10^{-10}} - 3.776 \times 10^{-19}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} mv^2 = 1.1965 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{বা, } v = \sqrt{\frac{2 \times 1.1965 \times 10^{-19}}{9.1 \times 10^{-31}}} \text{ m s}^{-1}$$

$$\therefore v = 5.128 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$$

অতএব, সোডিয়াম থেকে নির্গত ইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ দুর্তি $5.128 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$ ।

১. এখনে, সোডিয়ামের কার্যাপেক্ষক, $W_{0Na} = 2.36 \text{ eV}$

$$= 2.36 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= 3.776 \times 10^{-19} \text{ J}$$

পটাশিয়ামের কার্যাপেক্ষক, $W_{0K} = 2.30 \text{ eV}$

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

$$= 3.68 \times 10^{-19} \text{ J}$$

এখন, সোডিয়ামের ও পটাশিয়ামের সূচন তরঙ্গ দৈর্ঘ্য যথাক্রমে λ_{0Na} এবং λ_{0K} হলে

$$\frac{W_{0Na}}{W_{0K}} = \frac{3.776 \times 10^{-19}}{3.68 \times 10^{-19}}$$

$$\text{বা, } \frac{\frac{hc}{\lambda_{0Na}}}{\frac{hc}{\lambda_{0K}}} = \frac{118}{115}$$

$$\text{বা, } \frac{\lambda_{0K}}{\lambda_{0Na}} = \frac{118}{115}$$

$$\text{যেহেতু } \frac{118}{115} > 1$$

$$\therefore \frac{\lambda_{0K}}{\lambda_{0Na}} > 1$$

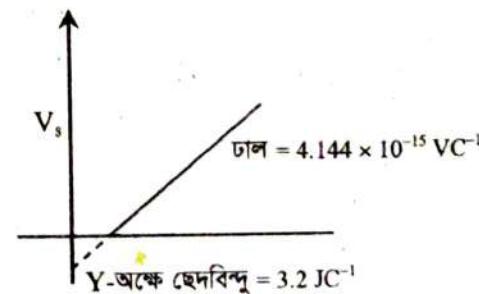
$$\text{বা, } \lambda_{0K} > \lambda_{0Na}$$

অতএব, পটাশিয়ামের সূচন তরঙ্গ দৈর্ঘ্য সোডিয়ামের চেয়ে বেশি।

৪.৬

শিখনফল : কম্পটন ক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারব।

প্রশ্ন ৪৩ মীলেশ ফটোতড়িৎক্রিয়া পরীক্ষণের সময় নির্দিষ্ট তীব্রতার আলোর জন্য নির্বৃত্তি বিভব বনাম কম্পাঙ্কের নিম্নোক্ত লেখচিত্র অঙ্কন করে—



ক. তরঙ্গ কণা বৈততা কী?

খ. হাইগেনের নীতিটি ব্যাখ্যা কর।

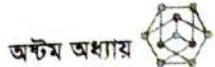
গ. সূচন কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

ঘ. প্রযোজনীয় তথ্যাদি ব্যবহার করে উক্ত তীব্রতা ও তার ছিগুণ তীব্রতার একই আলোর জন্য সর্বাধিক গতিশক্তি ও কম্পাঙ্কের লেখচিত্র অঙ্কন করে তুলনা কর।

৪.৭ ৮ম প্রশ্নের উত্তর

ক. তরঙ্গ কণা বৈততা হলো এমন একটি ধারণা যাতে উল্লেখ করা হয় যে, সকল শক্তি তরঙ্গ সদৃশ এবং কণা সদৃশ উভয় ধর্ম প্রদর্শন করে।

খ. হাইগেনের নীতিটি হলো কোনো তরঙ্গমুখের প্রতিটি বিন্দু এক একটি অনুতরঙ্গের বা গৌণ তরঙ্গের উৎস হিসেবে গণ্য হয়। এ অনুতরঙ্গগুলো মূল তরঙ্গের সমান বেগ নিয়ে সামনের দিকে অগ্রসর



অষ্টম অধ্যায় আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের সূচনা

হয়। যেকোনো মুহূর্তে এই অনুতরজগুলোকে স্পর্শ করে যে সাধারণ স্পর্শক তল পাওয়া যায় তাই এই সময়ে নতুন তরঙ্গমুখের অবস্থান নির্দেশ করে।

ব্যাখ্যা : ধরি, S আলোক উৎস থেকে চারদিকে আলোক তরঙ্গ ছড়িয়ে পড়ছে। কোনো এক সময় AB হচ্ছে তরঙ্গমুখের অবস্থান। এখন সময়ের সাথে সাথে তরঙ্গমুখ সামনের দিকে অগ্রসর হয়।

t সেকেন্ড পরে তরঙ্গমুখের অবস্থান বের করার জন্য AB তরঙ্গমুখের উপর P₁, P₂, P₃ ইত্যাদি কণা নেওয়া হয়। এখন আলোর বেগ c হলে প্রত্যেক কণাকে কেন্দ্র করে ct ব্যাসার্ধের ছোট ছোট গোলক কর্তৃপক্ষ করা হয়। ঐ গোলকগুলোই হবে P₁, P₂ প্রভৃতি গোল উৎস থেকে সৃষ্টি গোল তরঙ্গের অবস্থান। তখন এই ছোট গোলকগুলোকে স্পর্শ করে যে গোলীয় তল A₁B₁ পাওয়া যায় তাই হচ্ছে t সেকেন্ড পরে অগ্রসরমান তরঙ্গমুখের অবস্থান।

১) সূচন কম্পাঙ্ক f₀ হলে,
উদ্বিপক্ষের লেখচিত্র হতে—

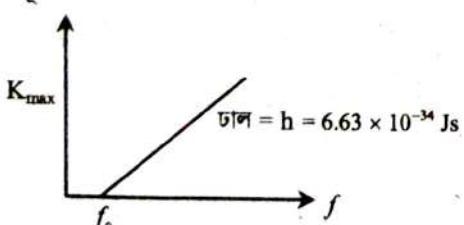
$$\text{চাল} = \frac{3.2}{f_0}$$

$$\text{বা, } f_0 = \frac{3.2}{\text{চাল}} = \frac{3.2}{4.144 \times 10^{-15}} \text{ Hz}$$

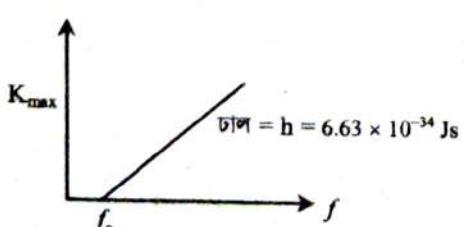
$$\therefore f_0 = 7.722 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

অতএব, সূচন কম্পাঙ্ক $7.722 \times 10^{14} \text{ Hz}$ ।

২) প্রদত্ত তীব্রতার (I) জন্য সর্বাধিক গতিশক্তি বনাম কম্পাঙ্কের লেখচিত্র নিম্নরূপ—



তীব্রতা ছিগুল (2) করলে সর্বাধিক গতিশক্তি বনাম কম্পাঙ্ক লেখচিত্র নিম্নরূপ—



উপরোক্ত লেখচিত্র হতে দেখা যাচ্ছে যে, উভয় ক্ষেত্রে লেখচিত্র একই। যেহেতু তীব্রতার ছাস বৃক্ষিতে কোটনের শক্তির পরিবর্তন হয় না কেবল কোটনের সংখ্যার তারতম্য হয় সেহেতু $k_{\max} = hf - hf_0$ । সমীকরণ অনুসারে তীব্রতা ছিগুল করায় সর্বাধিক গতিশক্তির কোনোরূপ পরিবর্তন হবে না। অর্থাৎ, সর্বাধিক গতিশক্তি একই থাকবে ফলে লেখচিত্র অনুরূপ হবে।

৪.১০ শিখনফল : হাইজেনবার্গের অনিচ্যতার নীতি ব্যাখ্যা করতে পারব।

প্রয়োগ ৮.৪ | একটি ইলেক্ট্রনের গতিশক্তি 1 keV। ইলেক্ট্রনের অবস্থান 1 \AA -এর মধ্যে নির্ধারিত হলো।

১. ক. কম্পটন ক্রিয়া কাকে বলে?

২. খ. কোনো ধাতুর ফটোতড়িৎ ক্রিয়া তার সূচন কম্পাঙ্কের উপর নির্ভরশীল— ব্যাখ্যা কর।

৩. গ. ইলেক্ট্রনটির ডি-ব্রগলি তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

৪. ঘ. উদ্বিপক্ষের অবস্থানের মধ্যে ভরবেগের অনিচ্যতার শতকরা হার অনিচ্যতা নীতির ন্যূনতম মানের সূত্রে সাহায্যে নির্ণয় কর।

৪.৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. একবর্ণী এক রশির দরুন বিকিঞ্চ বিকিরণের তরঙ্গদৈর্ঘ্য তথা কম্পাঙ্কের পরিবর্তন ঘটার ক্রিয়াকে কম্পটন ক্রিয়া বলে।

খ. যথোপযুক্ত উচ্চ কম্পাঙ্কবিশিষ্ট আলোকরশি কোনো ধাতুর পৃষ্ঠা আপত্তি হলে তা থেকে ইলেক্ট্রন নিঃসৃত হয়। এ ঘটনাকে ফটোতড়িৎ ক্রিয়া বলে। আবার ন্যূনতম যে কম্পাঙ্কের চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট আলো ঐ ধাতু থেকে ইলেক্ট্রন নির্গত করতে পারে না সে কম্পাঙ্কই সূচন কম্পাঙ্ক। অর্থাৎ সূচন কম্পাঙ্কে আলোকরশি আপত্তি হলেই শুধুমাত্র ফটোতড়িৎ ক্রিয়া ঘটে। এজন্য কোনো ধাতুর ফটোতড়িৎ ক্রিয়া তার সূচন কম্পাঙ্কের উপর নির্ভরশীল।

গ. ইলেক্ট্রনের গতিশক্তি, $K = 1 \text{ keV}$

$$\begin{aligned} &= 10^3 \text{ eV} = 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} \\ &= 1.6 \times 10^{-16} \text{ J} \end{aligned}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} mv_e^2 = 1.6 \times 10^{-16}$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } v_e &= \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-16}}{m}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-16}}{9.1 \times 10^{-31}}} \\ &= 1.875 \times 10^7 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{ইলেক্ট্রনের ডি-ব্রগলি তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda &= \frac{h}{mv} \\ &= \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 1.875 \times 10^7} \\ &= 3.88 \times 10^{-11} \text{ m} \end{aligned}$$

ঘ. দেওয়া আছে,

ইলেক্ট্রনের অবস্থানের অনিচ্যতা, $\Delta x = 1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$

ইলেক্ট্রনের ভরবেগের অনিচ্যতা, $\Delta p = ?$

$$\text{আমরা জানি, } \Delta x \cdot \Delta p = \frac{1}{2} \cdot \frac{h}{2\pi}$$

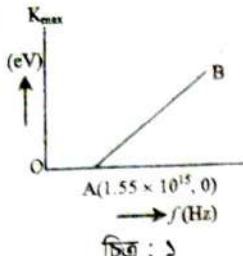
$$\text{বা, } \Delta p = \frac{h}{4\pi \cdot \Delta x} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{4\pi \times 10^{-10}} = 5.28 \times 10^{-25} \text{ kg ms}^{-1}$$

$$\text{আবার, ইলেক্ট্রনের ভরবেগ, } P = m_v v = (9.1 \times 10^{-31} \times 1.875 \times 10^7) \text{ kgms}^{-1} = 1.7 \times 10^{-23} \text{ kgms}^{-1}$$

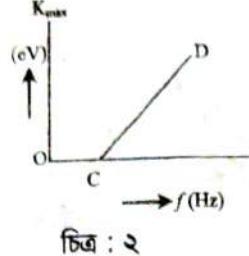
$$\therefore \text{ইলেক্ট্রনের ভরবেগের অনিচ্যতার হার} = \frac{5.28 \times 10^{-25}}{1.7 \times 10^{-23}} \times 100\% = 30.1\%$$



চিত্ৰ ৮৫



চিত্ৰ : ১



চিত্ৰ : ২

চিত্ৰে একই ধাতুৰ জন্য আলোক তড়িৎ কৃয়া প্ৰদৰ্শনেৰ দুটি পৰীক্ষা দেখানো হয়েছে। যেখানে B বিস্তুৰ স্থানাঙ্ক $(3 \times 10^{15}, 6)$ এবং D বিস্তুৰ স্থানাঙ্ক $(5 \times 10^{15}, 14.3)$

ক. এআ-ৱে কাকে বলে?

১

খ. নিউটনীয় বলবিদ্যা এবং আইনস্টাইনীয় বলবিদ্যাৰ মধ্যে

তফাত কী?

২

গ. ধাতুটিৰ কাৰ্যাপেক্ষক বেৱ কৰ।

৩

ঘ. কোন চিত্ৰ অনুযায়ী নিবৃত্তি বিভবেৰ মান বেশি হতে হবে— গাণিতিক বিশ্লেষণেৰ মাধ্যমে মতামত দাও।

৪

[আদমজী ক্যান্টনহেষ্ট কলেজ, ঢাকা]

৮৫নং প্ৰশ্নেৰ উত্তৰ

ক দুটি গতিসম্পন্ন ইলেক্ট্ৰন কোনো ধাতুৰ পাতে আঘাত কৰলে তা থেকে উচ্চ ভেদন ক্ষমতাসম্পন্ন অজানা প্ৰকৃতিৰ এক প্ৰকাৰ বিকিৰণ উৎপন্ন হয়। এ বিকিৰণকে বলা হয় এআ-ৱে বা রঞ্জন রশ্মি।

খ নিউটনীয় বলবিদ্যা অনুসারে বস্তুৰ ভৱ একটি ধূৰক। স্থান, কাল বা গতিৰ পৱিবৰ্তনেৰ উপৰ এটি নিৰ্ভৰশীল নয়। কিন্তু আইনস্টাইনেৰ বলবিদ্যা অনুসারে বস্তুৰ ভৱ ধূৰক নয় বৱং এটি আপেক্ষিক। বস্তুৰ গতিৰ সাথে ভৱেৰ একটি সম্পর্ক আছে এবং বস্তুৰ গতিশীল অবস্থাৰ ভৱ ও নিশ্চল ভৱ সমান নয়। এছাড়া নিউটনীয় বলবিদ্যায় গতিসূত্ৰ কাৰ্যকৰ হলেও তা আইনস্টাইনেৰ বলবিদ্যায় কাৰ্যকৰ নয়।

গ এখানে, প্ৰাক্কেৰ ধূৰক, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$

সূচন কম্পাঙ্ক, $f_0 = 1.55 \times 10^{15} \text{ Hz}$; $W_0 = ?$

আমৰা জানি, ধাতুৰ কাৰ্যাপেক্ষক,

$$W_0 = hf_0$$

$$\text{বা, } W_0 = 6.63 \times 10^{-34} \times 1.55 \times 10^{15}$$

$$= 1.02765 \times 10^{-18} \text{ J} = 6.42 \text{ eV}$$

অতএব, ধাতুটিৰ কাৰ্যাপেক্ষক 6.42 eV ।

ঘ প্ৰথম চিত্ৰে, $K_{\max} = 6 \text{ eV} = 6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

$$\therefore \text{নিবৃত্তি বিভব, } V_B = \frac{K_{\max}}{e}$$

$$= \frac{6 \times 1.6 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} | e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \\ = 6 \text{ V}$$

দ্বিতীয় চিত্ৰে, $K_{\max} = 14.3 \text{ eV} = 14.3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

$$\therefore \text{নিবৃত্তি বিভব, } V_D = \frac{K_{\max}}{e} = \frac{14.3 \times 1.6 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 14.3 \text{ V}$$

যেহেতু, $V_D > V_B$

অতএব, চিত্ৰ-২ এ নিবৃত্তি বিভবেৰ মান বেশি।

শীৰ্ষস্থানীয় কলেজসমূহেৰ টেস্ট পৰীক্ষাৰ সূজনশীল প্ৰশ্ন ও উত্তৰ

প্ৰিয় শিক্ষার্থী, মাস্টাৰ ট্ৰেইনাৰ প্যানেল সাৰা দেশৰ শীৰ্ষস্থানীয় কলেজসমূহেৰ টেস্ট পৰীক্ষাৰ প্ৰশ্নপত্ৰ বিশ্লেষণ কৰে তা থেকে গুৰুত্বপূৰ্ণ প্ৰকাৰাবলি উত্তৰ সহকাৰে নিচে সংযোজন কৰেছেন। কলেজেৰ নাম সংৰলিত এসব প্ৰশ্ন ও উত্তৰ অনুশীলনেৰ মাধ্যমে তোমৰা পৰীক্ষায় কমনেৰ নিচয়তা পাৰে।

প্ৰশ্ন ৮৬ রিয়া সিজিয়াম ধাতুৰ পাতে 4000 Å তৰঙা দৈৰ্ঘ্যেৰ আলো আপত্তি কৰে ফটোতড়িৎ কৃয়া পৰিচালনা কৰেছে। সে নিবৃত্তি বিভবেৰ মান পেল 1.5 V । পৰিবৰ্তীতে সে 5250 Å তৰঙা দৈৰ্ঘ্যেৰ সুবৃজ আলো ব্যবহাৰ কৰে।

ক. ফোটন কী?

১

খ. ইলেকট্ৰন কম্পটন তৰঙা দৈৰ্ঘ্য 0.024 Å বলতে কি বুৰা?

২

গ. উদ্ধীপক অনুসারে ফটোইলেকট্ৰনেৰ সৰ্বোচ্চ গতিবেগ নিৰ্ণয় কৰ।

৩

ঘ. সুবৃজ আলো ব্যবহাৰ কৰায় ফটোতড়িৎ কৃয়া ঘটবে কিনা— ব্যাখ্যা কৰ।

৪

[শহীদ বীৰ উত্তম লেঃ আনোয়াৰ গৰ্ভস কলেজ, ঢাকা]

৮৬নং প্ৰশ্নেৰ উত্তৰ

ক কোনো বস্তু থেকে আলো বা শক্তিৰ নিঃস্বলণ নিৰবচ্ছিন্নভাৱে হয় না। শক্তি বা বিকিৰণ ছিমায়িত অৰ্থাৎ গুচ্ছগুচ্ছ আকাৰে প্যাকেট বা কোয়ান্টাম হিসেবে নিঃস্তৃত হয়। আলো তথা যেকোনো বিকিৰণ সংখ্যা কোয়ান্টাম সমষ্টি। আলোৰ এই কণা বা প্যাকেটই হলো ফোটন।

খ কম্পটন কৃয়ায় কম্পটন তৰঙা দৈৰ্ঘ্য 0.024 Å বলতে বোৰায় একটি ফোটন একটি ইলেকট্ৰনকে আঘাত কৰাৰ ফলে $\frac{h}{mc} = 0.024 \text{ Å}$ পৰিমাণ তৰঙা দৈৰ্ঘ্য ফোটনটি অৰ্জন কৰে।

গ ধৰি, ফটোইলেকট্ৰনেৰ সৰ্বোচ্চ গতিবেগ v_{\max}

উদ্ধীপকে হতে, নিবৃত্তি বিভব, $V_0 = 1.5 \text{ V}$

ইলেকট্ৰনেৰ ভৱ, $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

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

$$\text{আমৰা জানি, } eV_0 = \frac{1}{2} m v_{\max}^2$$

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

$$\text{বা, } v_{\max} = \sqrt{\frac{2eV_0}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1.5 \text{ V}}{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}}}$$

$$\therefore v_{\max} = 7.3 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$$

সুতৰাং ফটোইলেকট্ৰনেৰ সৰ্বোচ্চ গতিবেগ $7.3 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$ ।

ঘ উদ্ধীপক অনুসারে,

আপত্তি আলোৰ তৰঙা দৈৰ্ঘ্য, $\lambda = 4000 \text{ Å} = 4 \times 10^{-7} \text{ m}$

নিবৃত্তি বিভব, $V_0 = 1.5 \text{ V}$

ইলেকট্ৰনেৰ চাৰ্জ, $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

লাল আলোৰ তৰঙা দৈৰ্ঘ্য, $\lambda' = 5250 \text{ Å} = 5.25 \times 10^{-7} \text{ m}$

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

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

আপত্তি ফোটনেৰ শক্তি,

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

$$= 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times \frac{3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{4 \times 10^{-7} \text{ m}} = 4.97 \times 10^{-19} \text{ J}$$

সুবৃজ আলোৰ ফোটনেৰ শক্তি, $E' = hf = h \frac{c}{\lambda'}$

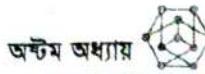
$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{5.25 \times 10^{-7} \text{ m}}$$

$$= 3.79 \times 10^{-19} \text{ J}$$

আবাৰ ইলেকট্ৰন নিৰ্গত হওয়াৰ জন্য প্ৰয়োজনীয় শক্তি, $W_0 = E - eV_0$

$$= 4.97 \times 10^{-19} \text{ J} - 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1.5 \text{ V} = 2.57 \times 10^{-19} \text{ J}$$

যেহেতু $E' > W_0$ সেহেতু লাল আলো ব্যবহাৰ কৰায় ফটোতড়িৎ প্ৰাপ্ত ঘটবে।



জ্ঞান ৮৬ M ও N দুটি ধাতব পাতের কার্যাপেক্ষক যথাক্রমে 2.4 eV ও 1.8 eV। পাত দুটির উপর আলোক উৎস থেকে 6800 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোক রশ্মি আপত্তি হয়।

ক. কম্পটন ক্রিয়া কী?

১

খ. আলোর বেগে গতিশীল বস্তুর নিচল ভর শূন্য - ব্যাখ্যা কর।

২

গ. N পাতের সূচন কম্পাঙ্কক নির্ণয় কর।

৩

ঘ. উদ্বীপকের আলোকে M ও N কোন পাতের নিবৃত্তি বিভবের মান অধিক হবে যৌক্তিক বিশ্লেষণপূর্বক তোমার সিদ্ধান্ত দাও।

৪

[সরকারি রাজেন্দ্র কলেজ, ফরিদপুর]

৮৭নং প্রশ্নের উত্তর

ক. একবর্ণী এবং রশ্মির দ্রুত বিকিরণের তরঙ্গদৈর্ঘ্য তথ্য কম্পাঙ্কের পরিবর্তন ঘটার ক্রিয়াকে কম্পটন প্রভাব বলে।

খ. আমরা জানি, m_0 নিচল ভর এবং m গতিশীল ভর হলে,

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

এখন বস্তু আলোর বেগে গতিশীল হলে, $v = c$

$$\text{সেকেতে, } m_0 = m \sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}} = m$$

$$\text{বা, } m_0 = m \sqrt{1 - 1} = 0$$

অর্থাৎ, বস্তু আলোর বেগে গতিশীল হলে তার নিচল ভর শূন্য।

গ. এখানে, N পাতের কার্যাপেক্ষক $W_N = 1.8 \text{ eV}$

$$\begin{aligned} &= 1.8 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} \\ &= 2.88 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

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

$$\therefore N \text{ পাতের সূচন কম্পাঙ্ক, } f_0 = \frac{W_N}{h} = \frac{2.88 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} \text{ Hz}$$

$$\therefore f_0 = 4.344 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

ঘ. এখানে, $W_M = 2.4 \text{ eV}$

$$W_N = 1.8 \text{ eV}$$

$$\lambda = 6800 \text{ Å} = 6800 \times 10^{-10} \text{ m}$$

M পাতের ইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি,

$$\begin{aligned} K_{\max} M &= \frac{hc}{\lambda} - W_M \\ &= \left(\frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{6800 \times 10^{-10} \times 1.6 \times 10^{-19}} - 2.4 \right) \text{ eV} \\ K_{\max} M &= -0.57 \text{ eV} \end{aligned}$$

এখানে, $K_{\max} M$ অগুর্বাক। অর্থাৎ, আপত্তি ফোটনের শক্তি M পাতের কার্যাপেক্ষক অপেক্ষা কম। ফলে M পাত থেকে কোনো ইলেক্ট্রনই নির্গত হবে না। সুতরাং M পাতের জন্য নিবৃত্তি বিভব শূন্য। N পাতের ইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি,

$$\begin{aligned} K_{\max} N &= \frac{hc}{\lambda} - W_N \\ &= \left(\frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{6800 \times 10^{-10} \times 1.6 \times 10^{-19}} - 1.8 \right) \text{ eV} \\ \therefore K_{\max} N &= 0.028 \text{ eV} \end{aligned}$$

আবার, $eV = K_{\max} N$

$$\text{বা, } V = \frac{K_{\max} N}{e} = \frac{0.028 \times 1.6 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ V}$$

$$\therefore V = 0.028 \text{ V}$$

অর্থাৎ, N পাতের নিবৃত্তি বিভব 0.028 V

অতএব, উপরোক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে দেখা যায় N পাতের নিবৃত্তি বিভবের মান অধিক হবে।

জ্ঞান ৮৭ NGDC এর দুইজন শিক্ষার্থী আলোক তড়িৎ ক্রিয়া পরীক্ষা করার জন্য প্রথম শিক্ষার্থী ধাতব পাতের উপর 3000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপত্তি করে এবং দ্বিতীয় শিক্ষার্থী একই ধাতব পাতের উপর 4595 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপত্তি করল। ধাতুটির কার্যাপেক্ষক 2.3 eV, প্লাঙ্কের ধ্রুবক $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$.

ক. নিউক্লিয়ন কি?

১

খ. পরমাণুর নিউক্লিয়াসে ইলেক্ট্রন নেই অথবা প্রক্রয়ে ইলেক্ট্রন নির্গত হয়— ব্যাখ্যা কর।

২

গ. প্রথম শিক্ষার্থীর আপত্তি আলোর শক্তি নির্ণয় কর।

৩

ঘ. প্রথম ও দ্বিতীয় শিক্ষার্থীর ক্ষেত্রে ফটোইলেক্ট্রনের গতিশীল চরিত্র আলোচনা কর।

৪

[নিউ গড়ঃ ডিলী কলেজ, রাজশাহী]

৮৮নং প্রশ্নের উত্তর

ক. নিউক্লিয়াসের মধ্যে যে সমস্ত কণা থাকে তাদেরকে নিউক্লিয়ন বলে।

খ. পরমাণু নিউক্লিয়াসে ইলেক্ট্রন নেই অথবা প্রক্রয়ে ইলেক্ট্রন নির্গত হয় এর কারণ হলো পরমাণুর নিউক্লিয়াসে একটি নিউট্রন যখন একটি প্রোটনে পরিণত হয় তখনই একটি ইলেক্ট্রন উৎপন্ন হয়। এই ইলেক্ট্রনের উপর নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে উপস্থিত তীব্র নিউক্লিয় বলের কোনো প্রভাব থাকে না। তাই ইলেক্ট্রনটি নিউক্লিয়াসের মধ্যে থাকতে পারে না অথবা কণা হিসেবে বেরিয়ে আসে।

গ. উদ্বীপক হতে পাই,

প্রথম শিক্ষার্থীর আপত্তি আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$$\lambda_1 = 3000 \text{ Å} = 3000 \times 10^{-10} \text{ m}$$

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

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

আপত্তি আলোর শক্তি, $E_1 = ?$

$$\text{আমরা জানি, } E_1 = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{3000 \times 10^{-10} \text{ m}} \\ &= 6.63 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

∴ প্রথম শিক্ষার্থীর আপত্তি আলোর শক্তি $6.63 \times 10^{-19} \text{ J}$ ।

ঘ. উদ্বীপক হতে পাই,

প্রথম শিক্ষার্থীর আপত্তি আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_1 = 3000 \times 10^{-10} \text{ m}$

দ্বিতীয় শিক্ষার্থীর আপত্তি আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_2 = 4595 \times 10^{-10} \text{ m}$

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

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

$$\text{ধাতুর কার্যাপেক্ষক, } W_0 = 2.3 \text{ eV}$$

$$= 2.3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 3.68 \times 10^{-19} \text{ J}$$

প্রথম শিক্ষার্থীর ফটো ইলেক্ট্রনের গতিশক্তি,

$$\begin{aligned} K_{\max 1} &= \frac{hc}{\lambda_1} - W_0 \\ &= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{3000 \times 10^{-10} \text{ m}} - 3.68 \times 10^{-19} \text{ J} \\ &= 2.95 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

দ্বিতীয় শিক্ষার্থীর ফটো ইলেক্ট্রনের গতিশক্তি,

$$\begin{aligned} K_{\max 2} &= \frac{hc}{\lambda_2} - W_0 \\ &= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{4595 \times 10^{-10} \text{ m}} - 3.68 \times 10^{-19} \text{ J} \\ &= 6.49 \times 10^{-20} \text{ J} \end{aligned}$$

এখানে, আপত্তি আলোর শক্তি কার্যাপেক্ষকের চেয়ে কম তাই ইলেক্ট্রন গতিশীল হবে না।



একাধিক অধ্যায়ের সমন্বয়ে প্রশ্ন ও উত্তর

প্রিয় শিক্ষার্থী, এইচএসসি পরীক্ষায় সূজনশীল প্রশ্ন সাধারণত একাধিক অধ্যায়ের সমন্বয়ে এসে থাকে। তোমরা যাতে পরীক্ষার জন্য এ ধরনের প্রশ্ন সম্পর্কে পূর্ণ প্রস্তুতি গ্রহণ করতে পার, সে লক্ষ্যে এ অধ্যায়ের সাথে সংযুক্ত অধ্যায়ের সমন্বয়ে প্রশ্ন ও উত্তর নিচে দেওয়া হলো।

প্রশ্ন ৮৭ 2 g ভরের একটি শোলা বল 10^{-4} C চার্জে চার্জিত।

- ক. দ্য ব্রগলী তরঙ্গ কাকে বলে? ১
- খ. পৃথিবীর বিভবকে শূন্য ধরা হয় কেন? ২
- গ. শোলা বলটিকে অভিকর্ষীয় ক্ষেত্রে স্থির রাখতে কী পরিমাণ তড়িৎক্ষেত্রের প্রয়োজন? ৩
- ঘ. বলটিকে 0.2c দ্রুতিতে গতিশীল করা সম্ভব হলে এর নিশ্চল শক্তি ও চলমান শক্তির পার্থক্য কত হবে— তা গণিতিকভাবে দেখাও। ৪

[অধ্যায় ২ ও ৮-এর সমন্বয়ে প্রশ্ন]

৮৯নং প্রশ্নের উত্তর

ক গতিশীল বস্তু কণার তরঙ্গ ধরকে দ্য ব্রগলী তরঙ্গ বলে।

খ পৃথিবী একটি তড়িৎ পরিবাহক। ধনাত্ত্বকভাবে আহিত বস্তুকে ভূ-সংযুক্ত করলে পৃথিবী থেকে ইলেক্ট্রন এসে বস্তুকে নিষ্ঠিত করে। আর ঝণাত্ত্বকভাবে আহিত বস্তুকে পৃথিবীর সাথে সংযুক্ত করলে বস্তু থেকে ইলেক্ট্রন ভূমিতে প্রবাহিত হয়, ফলে বস্তুটি নিষ্ঠিত হয়। পৃথিবী এত বিরাট যে, এতে আধান যোগ-বিয়োগ করলে এর বিভবের পরিবর্তন হয় না। পৃথিবী প্রতিনিয়ত বিভিন্ন বস্তু থেকে আধান গ্রহণ করে আবার সাথে সাথে অন্য বস্তুকে আধান সরবরাহও করে। ফলে এর আধানের কোনো পরিবর্তন হয় না। আধানের পরিবর্তন না হওয়ায় বিভবেরও কোনো পরিবর্তন হয় না। এজন্যই পৃথিবীর বিভবকে শূন্য ধরা হয়।

গ উদ্ধীপক থেকে পাই,

শোলা বলটির ভর, $m = 2 \text{ g} = 2 \times 10^{-3} \text{ kg}$

আধান, $q = 10^{-4} \text{ C}$

অভিকর্ষজ ত্বরণ, $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$

ধরি, প্রয়োজনীয় তড়িৎ ক্ষেত্র E

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} W &= mg \\ &= 2 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 9.8 \text{ m s}^{-2} \\ &= 0.0196 \text{ N} \end{aligned}$$

আবার, তড়িৎ বল,

$$F = Eq$$

$$W = Eq$$

$$\therefore E = \frac{W}{q} = \frac{0.0196 \text{ N}}{10^{-4} \text{ C}} = 196 \text{ N C}^{-1}$$

অতএব, প্রয়োজনীয় তড়িৎক্ষেত্রের মান 196 N C^{-1} ।

ঘ উদ্ধীপক থেকে পাই,

বলটির নিশ্চল ভর, $m_0 = 2 \text{ g} = 2 \times 10^{-3} \text{ kg}$

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

এখন, বলটির নিশ্চল শক্তি E_0 হলো,

$$\begin{aligned} E_0 &= m_0 c^2 \\ &= 2 \times 10^{-3} \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2 = 1.8 \times 10^{14} \text{ J} \end{aligned}$$

আবার, 0.2c দ্রুতিতে গতিশীল অবস্থায় বলটির ভর m হলো,

$$\text{মোট শক্তি}, E = mc^2$$

$$\begin{aligned} &= \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \times c^2 \\ &= \frac{2 \times 10^{-3} \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1})^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.2c}{c}\right)^2}} \\ &= \frac{2 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 9 \times 10^{16} \text{ m}^2 \text{s}^{-2}}{\sqrt{1 - 0.04}} = 1.84 \times 10^{14} \text{ J} \end{aligned}$$

অতএব, বলটিকে 0.2c দ্রুতিতে গতিশীল করা সম্ভব হলে এর নিশ্চল শক্তি ও গতিশীল অবস্থায় শক্তির পার্থক্য হবে,

$$(1.84 \times 10^{14} - 1.8 \times 10^{14}) \text{ J} = 4 \times 10^{12} \text{ J}.$$



১০০% কমন উপযোগী জ্ঞান ও অনুধাবনমূলক প্রশ্ন ও উত্তর

প্রিয় শিক্ষার্থী, জ্ঞান ও অনুধাবনমূলক প্রশ্ন উদ্ধীপক সংযুক্ত অধ্যায়ের যেকোনো লাইন ও অনুচ্ছেদ থেকে এসে থাকে। তাই নতুন পাঠ্যবইয়ের পরিবর্তিত বিষয়বস্তুর আলোকে লাইন ধরে ধরে সর্বাধিক জ্ঞান ও অনুধাবনমূলক প্রশ্ন ও উত্তর নিচে প্রদত্ত হলো, যা পরীক্ষায় 100% কমন পাওয়ার ক্ষেত্রে তোমাদের সহায়তা করবে।

ক কমন উপযোগী জ্ঞানমূলক প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ১ ফটোইলেক্ট্রন কাকে বলে?

[ঢ. বো. '১৯]

উত্তর : যথাযথ উচ্চ কম্পাক্ষের আলোক রশ্মি কোনো ধাতব পৃষ্ঠে আপত্তি হলে তা থেকে ইলেক্ট্রন নিঃস্তু হয়, এই ইলেক্ট্রনকে ফটোইলেক্ট্রন বলে।

প্রশ্ন ২ মৌলিক বল কী? [সেলু-২১, আধির-৮, প্রামাণিক-১৫, তপন-১৭]

উত্তর : যে সকল বল অন্য কোনো বল থেকে উৎপন্ন হয়নি এবং অন্যকোনো বলের রূপও নয় বা রূপান্তরও নয়, সেসব বলকে মৌলিক বল বলা হয়।

প্রশ্ন ৩ নির্বৃতি বিভব কাকে বলে? [সেলু-১৮, আধির-১৪, প্রামাণিক-২১]

উত্তর : ক্যার্থোড প্লেটের সাপেক্ষে অ্যানোড প্লেটে যে ন্যূনতম ঝণ বিভব দিলে আলোক তড়িৎ প্রবাহমাত্রা সদ্য বৰ্ধ হয়ে যায় সেই বিভবই নির্বৃতি বিভব।

প্রশ্ন ৪ কম্পটন ক্রিয়া বা প্রভাব কী? [সেলু-২৪, আধির-২১, প্রামাণিক-২৪, তপন-১১]

উত্তর : একবৰ্ণী এবং রশ্মির দ্রবণ বিকিরণের তরঙ্গদৈর্ঘ্য তথা কম্পাক্ষের পরিবর্তন ঘটার ক্রিয়াকে কম্পটন প্রভাব বলে।

প্রশ্ন ৫ ফোটন কী?

[ঢ. বো. '১৭; ব. বো. '১৯]

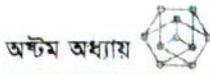
[সেলু-৫, প্রামাণিক-১৬, তপন-২০, তকাজ্জল-৮]

উত্তর : কোনো বস্তু থেকে আলো বা শক্তির নিঃসৃত নিরবাঞ্ছিমতাবে হয় না। শক্তি বা বিকিরণ ছিরায়িত অর্ধাং গুচ্ছগুচ্ছ আকারে প্যাকেট বা কোয়ান্টাম হিসেবে নিঃস্তু হয়। আলো তথা যেকোনো বিকিরণ সংখ্য কোয়ান্টাম সমষ্টি। আলোর এই কণা বা প্যাকেটই হলো ফোটন।

প্রশ্ন ৬ লরেঞ্জ রূপান্তর কাকে বলে?

[সেলু-১৫]

উত্তর : সময় সার্বভৌম নয় গণ্য করে এবং আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্বের মৌলিক বীকার্য দুটি মেনে চলে পরম্পরারের সাপেক্ষে ধ্রুববেগে পতিশীল দুটি প্রসঙ্গ কাঠামোর স্থানান্তর ও সময়ের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপনকারী যেসব সমীকরণ পাওয়া যায় তাদেরকে লরেঞ্জ রূপান্তর বলে।



অস্টম অধ্যায় আধুনিক পদাৰ্থবিজ্ঞানের সূচনা

৫৪৯

প্রশ্ন ৭। ফটোইলেকট্ৰিক সেল কাকে বলে?

[সেলু-২৩]

উত্তর : যে যন্ত্ৰের সাহায্যে আলোক তড়িৎ ক্রিয়াৰ ভিত্তিতে আলোক শক্তিকে বিদুৎ শক্তিতে বৃপ্তান্তিৰত কৰা যায়, তাকে আলোক তড়িৎ কোষ বা ফটোইলেকট্ৰিক সেল বলে।

প্রশ্ন ৮। তরঙ্গ কণা হৈততা কী?

[সেলু-১৬, আমিৰ-১১]

উত্তর : তরঙ্গ কণা হৈততা হলো এমন একটি ধাৰণা যাতে উল্লেখ কৰা হয় যে, সকল শক্তি তরঙ্গ সদৃশ এবং কণা সদৃশ উভয় ধৰ্ম প্ৰদৰ্শন কৰে।

প্রশ্ন ৯। জড় কাঠামো কাকে বলে?

[জ. বো. '১৩] [সেলু-১, আমিৰ-১, প্ৰামাণিক-১, তপন-৩, তফাজ্জল-২]

উত্তর : যেসব প্ৰসংগ কাঠামোতে জড়তাৰ সূত্ৰ এবং নিউটনেৰ গতিৰ প্ৰথম সূত্ৰ প্ৰযোজা হয় তাকে জড় কাঠামো বা জড়তাৰ কাঠামো বলে।

প্রশ্ন ১০। দৈৰ্ঘ্য সংকোচনেৰ সমীকৰণটি লেখ।

[তপন-৯]

উত্তর : দৈৰ্ঘ্য সংকোচনেৰ সমীকৰণটি হলো : $L = L_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$

প্রশ্ন ১১। গ্যালিলীয় বৃপ্তিৰ কী?

[সেলু-১৭, তফাজ্জল-৬]

উত্তর : চিৰায়ত পদাৰ্থবিজ্ঞানেৰ যেসব সমীকৰণ পৰম্পৰারেৰ সাপেক্ষে হুবৰেগে গতিশীল দুটি প্ৰসংগ কাঠামোৰ সময় ও স্থানাংকেৰ মধ্যে সম্পৰ্ক স্থাপন কৰে তাদেৱ গ্যালিলীয় বৃপ্তিৰ বলা হয়।

প্রশ্ন ১২। আলোক তড়িৎ নিৰ্গমনেৰ তৃতীয় সূত্ৰটি লেখ।

[সেলু-১৯]

উত্তর : আলোক তড়িৎ নিৰ্গমনেৰ তৃতীয় সূত্ৰটি হলো— আপতিত আলোকেৰ কম্পাঙ্ক প্ৰাৰম্ভ কম্পাঙ্ক অপেক্ষা অধিক হলে আলোক তড়িৎ প্ৰবাহমতাৰ আপতিত আলোকেৰ প্ৰাৰম্ভেৰ সমানুপাতিক।

প্রশ্ন ১৩। আলোক তড়িৎ নিৰ্গমনেৰ চতুৰ্থ সূত্ৰটি লেখ।

[সেলু-২০]

উত্তর : আলোক তড়িৎ নিৰ্গমনেৰ চতুৰ্থ সূত্ৰটি হলো— আলোক ইলেকট্ৰনেৰ গতিবেগ তথা গতিশক্তি আপতিত আলোকেৰ প্ৰাৰম্ভেৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে না, বৰং আপতিত আলোকেৰ কম্পাঙ্ক এবং নিঃসৱণ বা নিৰ্গমক এৰ প্ৰকৃতিৰ উপৰ নিৰ্ভৰ কৰে।

প্রশ্ন ১৪। দ্য ব্ৰগলী বস্তু তৰঙ্গ কী?

[সেলু-১১, আমিৰ-১৮]

উত্তর : প্ৰত্যেকটি চলমান পদাৰ্থ কণাৰ সাথে যে তৰঙ্গ যুক্ত থাকে তাকে দ্য-ব্ৰগলী বস্তু তৰঙ্গ বলে।

প্রশ্ন ১৫। এক্স-ৱে কী?

[জ. বো. '১৬] [আমিৰ-৫, প্ৰামাণিক-১৮, তপন-২১]

উত্তর : দুটি গতিসম্পৰ্ক ইলেকট্ৰন কোনো ধাতব পাতে আঘাত কৰলে তা থেকে উচ্চ ভেদন ক্ষমতাসম্পৰ্ক অজানা প্ৰকৃতিৰ এক প্ৰকাৰ বিকিৰণ উৎপন্ন হয়। এ বিকিৰণকে বলা হয় এক্স-ৱে বা রঞ্জন রশ্মি।

প্রশ্ন ১৬। কাল দীৰ্ঘায়নেৰ সমীকৰণটি লেখ।

[সেলু-১৩, তপন-৬]

উত্তর : কাল দীৰ্ঘায়নেৰ সমীকৰণটি হলো : $t = t_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$

প্রশ্ন ১৭। কঠিন এক্স-ৱে কখন উৎপন্ন হয়?

[সেলু-১২]

উত্তর : নলেৱ ভেতৰ গ্যাসেৰ চাপ কম হলে অধিক বিভূত পাৰ্থক্য প্ৰয়োগে কঠিন এক্স-ৱে উৎপন্ন হয়।

প্রশ্ন ১৮। সূচন কম্পাঙ্ক কী?

[জ. বো. '১৯; কু. বো. '১৭] [সেলু-৬, আমিৰ-১৩, প্ৰামাণিক-২৪, তপন-২৬]

উত্তর : আপতিত ফোটনেৰ কম্পাঙ্কেৰ যে ন্যূনতম মানেৰ জন্য ধাতব পৃষ্ঠ হতে ইলেকট্ৰন নিৰ্গত হতে পাৰে সেই কম্পাঙ্কই সূচন কম্পাঙ্ক।

প্রশ্ন ১৯। কাৰ্যাপেক্ষক কাকে বলে?

[জ. বো. '১৭] [সেলু-১০, আমিৰ-১৬, প্ৰামাণিক-২০, তপন-৩৪]

উত্তর : কোনো ধাতব পৃষ্ঠ হতে শূন্য বেগ সম্পৰ্ক ইলেকট্ৰন নিৰ্গত কৰতে যতটুকু শক্তিৰ প্ৰয়োজন তাকে ঐ ধাতুৰ কাৰ্যাপেক্ষক বলে।

প্রশ্ন ২০। কাল দীৰ্ঘায়ন কাকে বলে? [জ. বো. '১৫; কু. বো. '১৯; ব. বো. '১৫; দি. বো. '১৭] [সেলু-৩, আমিৰ-৩ ও ৯, প্ৰামাণিক-৪, তপন-৬]

উত্তর : কোনো পৰ্যবেক্ষকেৰ সাপেক্ষে গতিশীল অবস্থায় সংঘটিত দুটি ঘটনার মধ্যবৰ্তী কাল ব্যবধান ঐ পৰ্যবেক্ষকেৰ সাপেক্ষে নিশ্চল অবস্থায় সংঘটিত ঐ একই ঘটনাবৰ্তয়েৰ মধ্যবৰ্তী কাল ব্যবধানেৰ চেয়ে বেশি হবে, এ ঘটনাকে কাল দীৰ্ঘায়ন বলে।

প্রশ্ন ২১। ফটো ইলেকট্ৰনেৰ সৰ্বোচ্চ বেগেৰ সমীকৰণ লেখ।

[সেলু-২৫]

উত্তর : ফটো ইলেকট্ৰনেৰ সৰ্বোচ্চ বেগেৰ সমীকৰণ, $v_{max} = \sqrt{\frac{2k_{max}}{m}}$

প্রশ্ন ২২। আলোক তড়িৎ ক্রিয়া কাকে বলে? [জ. বো. '১৬; কু. বো. '১৫; চ. বো. '১৫; পি. বো. '১৫] [সেলু-৯, আমিৰ-২ ও ৭, প্ৰামাণিক-২২, তফাজ্জল-৯]

উত্তর : উচ্চ কম্পাঙ্কবিশিষ্ট আলোকৰশ্মি কোনো ধাতবপৃষ্ঠে আপতিত হলে তা থেকে ইলেকট্ৰন নিঃসৃত হয়, এ ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বলে।

প্রশ্ন ২৩। দৈৰ্ঘ্য সংকোচন কাকে বলে?

[জ. বো. '১৯; চ. বো. '১৬] [সেলু-২, আমিৰ-৪, প্ৰামাণিক-৫, তপন-৯]

উত্তর : কোনো বস্তুৰ গতিশীল অবস্থাৰ দৈৰ্ঘ্য ঐ বস্তুৰ নিশ্চিৎ অবস্থাৰ চেয়ে ছোট হওয়াকে দৈৰ্ঘ্য সংকোচন বলে।

প্রশ্ন ২৪। সূচন তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্য কাকে বলে?

[জ. বো. '১৫] [সেলু-৭, আমিৰ-৬, প্ৰামাণিক-২৩, তপন-৩]

উত্তর : কোনো ধাতবপাত থেকে ইলেকট্ৰন নিঃসৱণেৰ জন্য একটি সৰ্বনিম্ন কম্পাঙ্ক প্ৰয়োজন হয় যাকে সূচন কম্পাঙ্ক বলা হয়। সূচন কম্পাঙ্ক সূচন তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্যেৰ ব্যন্তনুপাতিক। তাই সূচন কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট তৰঙ্গেৰ তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্যকে সূচন তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্য বলা হয়।

প্রশ্ন ২৫। আইনস্টাইনেৰ বিতীয় স্বীকাৰ্যটি বৰ্ণনা কৰ।

[সেলু-২৬, বি এ এক শাহীন কলেজ, মশোর]

[সেলু-২৬, আমিৰ-২৫, প্ৰামাণিক-৩, তফাজ্জল-৫]

উত্তর : আইনস্টাইনেৰ বিতীয় স্বীকাৰ্যটি হলো— সকল জড় প্ৰসংগ কাঠামোতে শূন্যস্থানে আলোৰ বেগ সৰ্বদা ধূৰ থাকে।

প্রশ্ন ২৬। ভৱেৱ আপেক্ষিকতা কাকে বলে?

[সেলু-৩০, আমিৰ-১২, প্ৰামাণিক-৭, তপন-১০]

উত্তর : বস্তুৰ নিশ্চল ভৱেৱ তুলনায় চলমান বা গতিশীল ভৱেৱ বেশি হওয়াৰ ঘটনাকে ভৱেৱ আপেক্ষিকতা বলে।

প্রশ্ন ২৭। প্ৰাজমা অবস্থা কী?

[সেলু-২৮, প্ৰামাণিক-১২]

উত্তর : সমান সংখ্যক ইলেকট্ৰন ও ধনাত্মক আয়নযুক্ত উচ্চ আয়নিত গ্যাসকে প্ৰাজমা অবস্থা বলা হয়।

প্রশ্ন ২৮। ভৱ-ত্ৰুটি কী?

[সেলু-২৮, প্ৰামাণিক-১২]

উত্তর : নিউক্লিয়া ফিশনেৰ সময় ভাৰী নিউক্লিয়াসটি ভেঙ্গে যে দুটি অংশে বিভক্ত হয় তাদেৱ ভৱেৱ সমষ্টি ভাৰী নিউক্লিয়াসেৰ ভৱেৱ চেয়ে কিছু কম হয়। এ ভৱ ঘাটতিকেই ভৱ-ত্ৰুটি বলে।

প্রশ্ন ২৯। আপেক্ষিকতা কী?

[সেলু-২৭, আমিৰ-১১, তফাজ্জল-১]

উত্তর : আইনস্টাইনেৰ মতে, স্থান, কাল এবং ভৱ এদেৱ কোনোটি নিৰপেক্ষ বা পৰম নয়, প্ৰত্যেকটি অন্য কিছুৰ সাপেক্ষে বিবেচিত হয়। কোনো বিষয় অন্য কিছুৰ সাপেক্ষে বিবেচিত হওয়াই আপেক্ষিকতা।

প্রশ্ন ৩০। দ্য-ব্ৰগলী তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্য কাকে বলে?

[সেলু-২৯, আমিৰ-২৯, প্ৰামাণিক-২৭]

উত্তর : প্ৰত্যেকটি চলমান পদাৰ্থ কণাৰ সাথে একটি তৰঙ্গ যুক্ত থাকে। আবিকাৰকেৰ নামানুসাৱে এই তৰঙ্গ ডি-ব্ৰগলী কু তৰঙ্গ নামে পৰিচিত এবং এই তৰঙ্গেৰ তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্যকে ডি-ব্ৰগলী তৰঙ্গদৈৰ্ঘ্য বলে।

প্রশ্ন ৩১। আইনস্টাইনেৰ ভৱশক্তি সমীকৰণটি লেখ।

[সেলু-৪, প্ৰামাণিক-৪, তফাজ্জল-৪]

উত্তর : আইনস্টাইনেৰ ভৱশক্তি সমীকৰণটি হলো— $E = mc^2$

প্রশ্ন ৩২। পাৰমাণবিক ভৱ একক বলতে কী বুৰায়? [পি. বো. '১৭] [আমিৰ-২৬]

উত্তর : পাৰমাণবিক ভৱ একক বা amu বলতে ^{12}C পাৰমাণুৰ ভৱেৱ $\frac{1}{12}$ অংশকে বুৰায়।

প্রশ্ন ৩৩। আপেক্ষিকতাৰ সাধাৰণ তত্ত্ব কী নিয়ে আলোচনা কৰেছে?

[আমিৰ-২২]

উত্তর : আপেক্ষিকতাৰ সাধাৰণ তত্ত্ব পৰম্পৰারে তুলনায় উৰ্ধ্ব বা নিম্ন পতিশীল বস্তুসমূহ বা সিস্টেম নিয়ে আলোচনা কৰেছে।



প্রশ্ন ৩৪। আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্ব কি নিয়ে আলোচনা করেছে? [সেলু-১৪, আমির-২৩]

উত্তর: আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্ব শুধু পরম্পরার তুলনায় সমগ্রভিতে সঞ্চারণশীল অসংজ্ঞারণশীল বস্তু বা সিস্টেম নিয়ে আলোচনা করেছে।

প্রশ্ন ৩৫। অজড় কাঠামো কী? [সেলু-১৪, আমির-১০, প্রামাণিক-২]

উত্তর: যেসব প্রসঙ্গ কাঠামোতে নিউটনের গতির সূত্র প্রযোজ্য নয় সেসব কাঠামোই অজড় কাঠামো।

প্রশ্ন ৩৬। পৃথিবীর কক্ষপথের বেগ কত?

উত্তর: পৃথিবীর কক্ষপথের বেগ 30 km s^{-1}

প্রশ্ন ৩৭। কম্পটন ক্রিয়া কত সালে আবিষ্কৃত হয়?

উত্তর: কম্পটন ক্রিয়া ১৯২৩ সালে আবিষ্কৃত হয়।

প্রশ্ন ৩৮। একটি ইলেক্ট্রনের ভর কত?

উত্তর: একটি ইলেক্ট্রনের ভর $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$

প্রশ্ন ৩৯। মৌলিক বল কয়টি?

উত্তর: মৌলিক বল চারটি।

প্রশ্ন ৪০। হাইজেনবার্গের অনিচ্ছিয়তার মীতিটি লেখ।

[সেলু-৮, প্রামাণিক-২৯, তপন-৪৩]

উত্তর: হাইজেনবার্গের অনিচ্ছিয়তার সূত্রটি হলো— যদি কোনো কণার কোনো নির্দিষ্ট সময়ের অনিচ্ছিয়তা ΔX এবং তার বেগের অনিচ্ছিয়তা ΔP হয়, তবে এদের গুণফল প্ল্যাঙ্কের ধূবক এর সমান বা প্ল্যাঙ্কের ধূবক অপেক্ষা বড় হবে।

প্রশ্ন ৪১। ক্ষরণ নল কাকে বলে? [সেলু-২২]

উত্তর: নিম্নচাপে বায়ুর মধ্য দিয়ে তড়িৎ ক্ষরণের পরীক্ষা চালানোর জন্য প্রায় 4 cm ব্যাসের 30 cm লম্বা যে কাচনল ব্যবহার করা হয় তাকে ক্ষরণ নল বলে।

৩ কমন উপযোগী অনুধাবনমূলক প্রশ্ন ও উত্তর

প্রশ্ন ১। গ্যালিলিও বৃপ্তির লরেঞ্জ বৃপ্তিরের একটি বিশেষ অবস্থা— ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. '১৯]

উত্তর: লরেঞ্জ বৃপ্তির সমীকরণসমূহ:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

যদি $v \ll c$ হয় তখন $\frac{v}{c} = 0$

সূতরাং লরেঞ্জ বৃপ্তির সমীকরণগুলো দাঢ়ায়

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - 0}} = x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

যা আসলে গ্যালিলীয় বৃপ্তির সমীকরণ

∴ গ্যালিলীয় বৃপ্তির লরেঞ্জ বৃপ্তিরের এক বিশেষ অবস্থা।

প্রশ্ন ২। ফোটনের বৈত্রূপ আছে— ব্যাখ্যা কর। [সেলু-১৫, প্রামাণিক-২৫]

উত্তর: আমরা জানি যে, আলো অসংখ্য ফোটনের পুরু বা প্যাকেটে। ফোটন বৃণালুপে আচরণ করে আবার গতিশীল অবস্থায় তাড়িতচোক তরঙ্গের ন্যায় আচরণ করে। কাজেই আলো বৈত্রূ আচরণ করে; কখনও কোথা, কখনও তরঙ্গ। এজন্য হাইজেনবার্গের অনিচ্ছিয়তা মীতি অনুসারে অবস্থান নির্ণয় করলে ভরবেগ জানা যায় না অথবা ভরবেগ জানলে অবস্থান জানা যায় না।

৪ সূজনশীল পদার্থবিজ্ঞান বিতীয় পত্র



একাদশ-স্বাদশ শ্রেণি

প্রশ্ন ৩। আপত্তিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য হাস পেলে ফটো ইলেক্ট্রনের উপর কি প্রভাব পড়বে? [সেলু-১৩, প্রামাণিক-৩৮]

উত্তর: আইনস্টাইনের ফটোতড়িৎ সমীকরণ হতে পাওয়া যায়,

$$\frac{1}{2} m v^2 = hf - h f_0 = h \frac{c}{\lambda} - hf_0$$

তাই আপত্তিত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য হাস পেলে নিঃস্ত ফটো ইলেক্ট্রনের বেগ বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ৪। ফটোতড়িৎ বৃদ্ধি পায় যদি আলোর তীব্রতা বাঢ়ে— ব্যাখ্যা কর।

[সেলু-২২, আমির-১০, প্রামাণিক-৩৪]

উত্তর: যে সর্বনিম্ন কম্পাঙ্কে ধাতব পাত থেকে ইলেক্ট্রন নির্গত হয় তাই ই হলো সূচন কম্পাঙ্ক। সূচন কম্পাঙ্ক না থাকলে ধাতব পাত থেকে ইলেক্ট্রন নির্গত হতো না যালে ফটোতড়িৎ ক্রিয়া সম্পন্ন হতো না। ফটোতড়িৎ ক্রিয়া আলোর তীব্রতার ওপর নির্ভর করে। কারণ ফটোতড়িৎ ক্রিয়া কম্পাঙ্কের সাথে সম্পর্কযুক্ত যা তীব্রতার উপর নির্ভর করে। এজন্য আলোর তীব্রতা বৃদ্ধি পেলে ফটোতড়িৎ ক্রিয়া বৃদ্ধি পায়।

প্রশ্ন ৫। “ছোট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ফোটনের শক্তি কম”, কথাটি কী সত্য? ব্যাখ্যা কর। [সেলু-১৯]

উত্তর: আমরা জানি, প্ল্যাঙ্কের ধূবক h এবং আপত্তিত ফোটনের কম্পাঙ্ক f হলে আপত্তিত ফোটনের শক্তি $E = hf = h \frac{c}{\lambda} \left[\because f = \frac{c}{\lambda} \right]$

অর্থাৎ আপত্তিত ফোটনের শক্তি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ব্যানানুপাতিক। তবে আপত্তিত ফোটনের শক্তি বেগের বর্গের সমানুপাতিক। তরঙ্গদৈর্ঘ্য হাস পেলে বেগ হাস পায়। তাই তরঙ্গদৈর্ঘ্য হাস পেলে ফোটনের শক্তি কম।

প্রশ্ন ৬। বড় বস্তুর তরঙ্গ বৈশিষ্ট্য অস্পট কেন ব্যাখ্যা কর। [বি. বো. '১৯]

উত্তর: বড় বস্তুর তরঙ্গ বৈশিষ্ট্য অস্পট থাকে কারণ বড় বস্তুর ডি-গ্রগলী তরঙ্গদৈর্ঘ্য $\lambda = \frac{h}{P}$ যেখানে $h = প্ল্যাঙ্কের ধূবক = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J-s}$ এবং $P = বস্তুর ভরবেগ = mv$ এখন, বড় বস্তুর ভর m এর মান বেশ হওয়ায় $\lambda = \frac{h}{P} = \frac{h}{mv}$ সূত্রানুযায়ী λ এর মান অত্যধিক ক্ষুদ্র হওয়ায় আপাতভাবে বস্তুটির মধ্যে কোনো তরঙ্গদৈর্ঘ্য লক্ষ্য করা যায় না অর্থাৎ বস্তুর তরঙ্গ বৈশিষ্ট্য অস্পট হয়।

প্রশ্ন ৭। “অবস্থানের অনিচ্ছিয়তা শূন্য হলে ভরবেগের অনিচ্ছিয়তা সর্বাধিক হয়।”— ব্যাখ্যা কর। [সেলু-১১]

উত্তর: হাইজেন বার্গ-এর অনিচ্ছিয়তা সূত্র থেকে আমরা জানি, কোনো কণার অবস্থান ও ভরবেগ যুগপৎ পরিমাপ করা যায় না। নিচের গাণিতিক সম্পর্ক দ্বারা অনিচ্ছিয়তা নীতি প্রকাশ করা যায়।

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

এখানে, $\frac{h}{2\pi} = \hbar = প্ল্যাঙ্কের ধূবক$ এবং $\Delta \times 3$

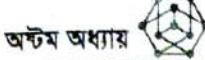
Δp যথাক্রমে অবস্থান ও ভরবেগের অনিচ্ছিয়তা। এ সম্পর্ককে সমীকরণ আকারে লিখে পাই,

$$\Delta x \cdot \Delta p = \frac{\hbar}{2}$$

বা, $\Delta x = \frac{\hbar}{2\Delta p}$

সূতরাং x অক্ষ বরাবর গতিশীল ইলেক্ট্রনের y -অক্ষ বরাবর অবস্থানের অনিচ্ছিয়তা মান ভরবেগের অনিচ্ছিয়তা বৃদ্ধি ও বাঢ়বে।

অর্থাৎ অবস্থানের অনিচ্ছিয়তা শূন্য হলে ভরবেগের অনিচ্ছিয়তা সর্বাধিক হবে।



প্রশ্ন ৮। ফটো ইলেক্ট্রনের বেগ আপত্তি আলোকের তীব্রতার উপর নির্ভরশীল নয়—ব্যাখ্যা কর। [সেলু-২৩]

উত্তর : আলোর তীব্রতা বৃদ্ধি মানে হচ্ছে ফোটন সংখ্যা বৃদ্ধি পাওয়া। তবে এক্ষেত্রে আলোর কম্পাঙ্গক অপরিবর্তিত থাকে। ফোটনের সংখ্যা বৃদ্ধি পেলে মুক্ত ইলেক্ট্রনের সংখ্যা বৃদ্ধি পায় কিন্তু কম্পাঙ্গক অপরিবর্তিত থাকায় ইলেক্ট্রনের বেগ বৃদ্ধি পায় না। অর্থাৎ ফটো ইলেক্ট্রনের বেগ, আপত্তি আলোর তীব্রতার উপর নির্ভরশীল নয়।

প্রশ্ন ৯। পটাশিয়াম সূচন কম্পাঙ্গক 6.82×10^{-14} Hz বলতে কী বুঝ? [সেলু-২৫]

উত্তর : পটাশিয়ামের সূচন কম্পাঙ্গক 6.82×10^{-14} Hz বলতে বুঝায় 6.82×10^{-14} Hz কম্পাঙ্গকের চেয়ে কম কম্পাঙ্গক বিশিষ্ট কোনো আলো পটাশিয়াম থেকে ইলেক্ট্রন নির্গত করতে পারে না। অর্থাৎ পটাশিয়াম থেকে ইলেক্ট্রন নির্গত করতে হলে সর্বনিম্ন 6.82×10^{-14} Hz কম্পাঙ্গকের আলো প্রয়োজন।

প্রশ্ন ১০। ইলেক্ট্রন দিয়ে ফোটন ও ফোটন দিয়ে ইলেক্ট্রন উৎপন্ন সম্ভব কি না—ব্যাখ্যা কর। [সেলু-১৭]

উত্তর : হ্যাঁ, সম্ভব।

'X-ray টিউব' ব্যবহার করে উচ্চ বিভূতি প্রয়োগ করে, e^- দ্বারা অ্যানোডকে আঘাত করে রঞ্জনরশ্মি উৎপাদন সম্ভব। আর রঞ্জনরশ্মি একধরনের ফোটন।

অন্যদিকে, ফটোটডিঃ ক্রিয়ায় আপত্তি ফোটন (আলো) ব্যবহার করে ইলেক্ট্রন উৎপাদন করা যায়। তবে সেটি শর্ত মেনে হবে।

প্রশ্ন ১১। একই গতিশক্তি সম্পর্ক প্রোটন ও ইলেক্ট্রনের মধ্যে ইলেক্ট্রনের ডি-ব্রগলি তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি কেন—ব্যাখ্যা কর।

[চ. বো. '১৭] [সেলু-২, আমির-৪০, প্রামাণিক-৫১, তপন-৪০]

উত্তর : ডি-ব্রগলি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ক্ষেত্রে আমরা জানি, $\lambda = \frac{h}{mv}$; যেখানে h প্লান্কের ধ্রুবক, m কণার ভর, v কণাটির বেগ। যদি একই গতিসম্পর্ক প্রোটন ও ইলেক্ট্রনের ক্ষেত্রে এই তরঙ্গদৈর্ঘ্য হিসাব করা হয়, তবে ইলেক্ট্রনের ভর প্রোটনের ভরের চেয়ে কম হওয়ার কারণে ডি-ব্রগলি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের মান প্রোটনের চেয়ে ইলেক্ট্রনের বেশি। কেননা, $\lambda \propto \frac{1}{v}$ ।

প্রশ্ন ১২। আকাশে উড়ত উড়োজাহাজ ছোট মনে হয় কেন? [সেলু-১৪]

উত্তর : বীক্ষণ কোণের জন্য আকাশে উড়ত উড়োজাহাজ ছোট দেখায়। একটি বস্তু কত বড় দেখাবে তা প্রকৃতপক্ষে নির্ভর করে বীক্ষণ কোণের উপর। অর্থাৎ $b = \pm \theta$ কিন্তু রেটিনা হতে চক্ষু লেসের দূরত্ব a নির্দিষ্ট হওয়ায় $b \propto \theta$ সুতরাং θ এর মান যত ছোট হয় b প্রতিবিবের দৈর্ঘ্যও তত ছোট হয়। কোনো বস্তু আমাদের চোখ থেকে যত দূরে অবস্থান করে বীক্ষণ কোণও তত কম হয়। অর্থাৎ দূরের উড়ত উড়োজাহাজ আমাদের চোখে কম মানের বীক্ষণ কোণ তৈরি করে। এজন্য আকাশে উড়ত উড়োজাহাজ ছোট দেখায়।

প্রশ্ন ১৩। আপেক্ষিক ভৱ অনুসারে সমবেগে গতিশীল কাঠামোতে ঘড়ি ধীরে চলে কেন—ব্যাখ্যা কর। [সেলু-২০, আমির-২১, তপন-৭]

উত্তর : সময়ের আপেক্ষিকতা অনুসারে গতিশীল কাঠামোর সময়, t_0

এবং নিশ্চল কাঠামোর সময় t_0 হলে, $t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$; কোনো বস্তুই

আলোর সময় বেগে গতিশীল হতে পারে না বলে $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ সর্বদাই ১ এর চেয়ে কম হয়। ফলে $t > t_0$ । অর্থাৎ গতিশীল কাঠামোতে সময় দীর্ঘ হয়। এজন্য সমবেগে গতিশীল কাঠামোতে ঘড়ি ধীরে চলে।

প্রশ্ন ১৪। দশ ইলেক্ট্রন ভোল্ট বলতে কী বোৱাৰু?

উত্তর : পারমাণবিক এবং নিউক্লীয় পদাৰ্থবিদ্যায় কাজ বা শক্তিৰ একক হলো ইলেক্ট্রনভোল্ট। তড়িৎ ক্ষেত্ৰে দুটি বিন্দুৰ বিভূতি পার্থক্য যদি ।

V হয় এবং একটি মুক্ত আধার ইলেক্ট্রন এক বিন্দু হতে অপৰ বিন্দুতে গতিশীল হলে যে গতিশক্তি অৰ্জন কৰে তাকে এক ইলেক্ট্রন ভোল্ট বলে। সুতরাং দশ ইলেক্ট্রন ভোল্ট বলতে বুঝায় দুটি বিন্দুৰ বিভূতি পার্থক্য 10 V হলে একটি মুক্ত ইলেক্ট্রন এক বিন্দু থেকে অপৰ বিন্দুতে গতিশীল হতে অৰ্জিত গতিশক্তি।

প্রশ্ন ১৫। x-অক্ষ বৰাবৰ গতিশীল ইলেক্ট্রনের y-অক্ষ বৰাবৰ অবস্থানের অনিচ্যতা কিৰূপ হবে—ব্যাখ্যা কৰ। [সেলু-১৮, প্রামাণিক-১৯]

উত্তর : হাইজেন বার্গ-এৰ অনিচ্যতা সূত্ৰ থেকে আমৰা জানি, কোনো কণার অবস্থান ও ভৱবেগ যুগপৎ পরিমাপ কৰা যায় না। নিচেৰ গাণিতিক সম্পর্ক দ্বাৰা অনিচ্যতা নীতি প্ৰকাশ কৰা যায়।

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

এখানে, $\frac{\hbar}{2\pi} = \hbar =$ প্লান্কের ধ্রুবক এবং $\Delta \times 3$

Δp যথাক্রমে অবস্থান ও ভৱবেগের অনিচ্যতা। এ সম্পর্ককে সমীকৰণ আকারে লিখে পাই,

$$\Delta x \cdot \Delta p = \frac{\hbar}{2}$$

$$বা, \Delta x = \frac{\hbar}{2\Delta p}$$

সুতৰাং x অক্ষ বৰাবৰ গতিশীল ইলেক্ট্রনের y-অক্ষ বৰাবৰ অবস্থানের অনিচ্যতাৰ মান ভৱবেগের অনিচ্যতাৰ মান বৃদ্ধি ও কমার ক্ষেত্ৰে যথাক্রমে কমবে ও বাঢ়বে।

প্রশ্ন ১৬। L_0 দৈর্ঘ্যের কোনো বস্তুকে আলোৰ বেগে মহাশূন্যে পাঠালে এৰ দৈর্ঘ্যের কিৰূপ পৰিবৰ্তন হবে? [সেলু-১২, আমির-৪২, প্রামাণিক-১৭, তপন-১০, তফাজল-৪]

উত্তর : দৈর্ঘ্যের আপেক্ষিকতা অনুসারে নিশ্চল দৈর্ঘ্য L_0 এবং গতিশীল দৈর্ঘ্য L হলে,

$$L = L_0 \sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}$$

$$= L_0 \sqrt{\left(1 - \frac{c^2}{c^2}\right)}$$

$$= L_0 \sqrt{1 - 1} = 0$$

অর্থাৎ L_0 দৈর্ঘ্যের কোনো বস্তুকে আলোৰ বেগে মহাশূন্যে পাঠালে এৰ দৈর্ঘ্য 0 হবে।

প্রশ্ন ১৭। সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা বেশি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ধাতব পৃষ্ঠে আপত্তি হলে ইলেক্ট্রন নির্গত হয়না কেন? [সেলু-২৬, আমির-৪১, তপন-৩০]

উত্তর : আইনস্টাইনের আলোক তড়িৎ সমীকৰণ অনুসারে আলোক ইলেক্ট্রনের গতিশক্তি,

$$\frac{1}{2} mv^2 = hf - hf_0$$

$$= h(f - f_0)$$

$$= h \left(\frac{c}{\lambda} - \frac{c}{\lambda_0} \right)$$

$$\therefore \frac{1}{2} mv^2 = hc \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) \dots\dots\dots (i)$$

এই সমীকৰণ হতে প্ৰতীযামন হয় যে, আপত্তি তরঙ্গদৈর্ঘ্য সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা বেশি হলে, $\frac{1}{\lambda} < \frac{1}{\lambda_0}$ হয়।

এক্ষেত্ৰে গতিশক্তি বৃগুজাক হয় যা সম্ভব নয়; এজন্য সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা বেশি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ধাতব পৃষ্ঠে আপত্তি হলে ইলেক্ট্রন নির্গত হয় না।

প্রশ্ন ১৮। কোনো বস্তু আলোর সমান বেগে চলতে পারে না—ব্যাখ্যা
কর। [জ. বো. '১৯; ঘ. বো. '১৯, '১৭] [সেলু-৬, তপন-১৫]

উত্তর : ভবের আপেক্ষিকতা থেকে আমরা জানি, $m = \sqrt{\frac{m_0}{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

যদি কোনো বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হয় অর্থাৎ, $v = c$ হয়। তবে সমীকরণ অনুসারে বস্তুর ভর অসীম হয়ে যায়। যা সম্ভব নয়। সূতরাং, কোনো বস্তু বেগ আলোর সমান বেগে চলতে পারে না।

প্রশ্ন ১৯। ডি ব্রগলির কণিকা তরঙ্গের ধারণাটি শুধুমাত্র পারমাণবিক
পর্যায়ের কণার ক্ষেত্রেই প্রযোজ্ঞা—ব্যাখ্যা কর। [সেলু-৩২]

উত্তর : দৈনন্দিন জীবনে আমরা যেসব বস্তু দেখি, তাদের ক্ষেত্রে ডি
ব্রগলি প্রকরণের কোনো ব্যবহারিক গুরুত্ব নেই। নিচের উদাহরণ থেকে
এটি স্পষ্ট হবে।

মনে করি, একটি ইলেকট্রনের বেগ 10^7 m s^{-1} । তাহলে ইলেকট্রনটির
ডি ব্রগলি তরঙ্গদৈর্ঘ্য হবে, $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{(9.1 \times 10^{-31}) \times 10^7} \approx 0.73 \text{ Å}$ ।

এই তরঙ্গদৈর্ঘ্য অর্থাৎ রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সমতূল।
এখন মনে করি, একটি গতিশীল বস্তুর ভর 20 gm এবং বেগ 20 m s^{-1} ।
তাহলে বস্তুটির ডি ব্রগলি তরঙ্গদৈর্ঘ্য হবে, $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{0.02 \times 20} = 3.15 \times 10^{-33} \text{ m}$ । এই মান এতই ক্ষুদ্র যে একে পরিমাপের কোনো
ব্যবস্থা নেই এবং যত ক্ষুদ্র তরঙ্গের কোনো বাস্তব অভিষ্ঠ নেই।
সূতরাং, ডি ব্রগলি কণিকা-তরঙ্গ শুধুমাত্র পারমাণবিক পর্যায়ের কণার
ক্ষেত্রেই গুরুত্বপূর্ণ।

প্রশ্ন ২০। ধাতুসমূহের সূচন কম্পাঙ্ক না থাকলে কী ঘটত ব্যাখ্যা
কর। [ব. বো. '১৭] [সেলু-৪, তপন-৩০]

উত্তর : যে সর্বনিম্ন কম্পাঙ্কে ধাতব পাত থেকে ইলেকট্রন নির্গত হয়
তাই-ই হলো সূচন কম্পাঙ্ক। সূচন কম্পাঙ্ক না থাকলে ধাতব পাত
থেকে ইলেকট্রন নির্গত হতো না ফলে ফটোতড়িৎ ক্রিয়া সম্পন্ন হতো না।

প্রশ্ন ২১। কোনো ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক $6.1 \times 10^{14} \text{ Hz}$ —ব্যাখ্যা কর।
[জ. বো. '১৭] [আমির-৩৯, প্রামাণিক-৮৬, তপন-২৭]

উত্তর : কোনো ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক $6.1 \times 10^{14} \text{ Hz}$ বলতে বুঝায় $6.1 \times 10^{14} \text{ Hz}$ কম্পাঙ্কের চেয়ে কম কম্পাঙ্ক কোনো আলো ঐ ধাতু
থেকে ইলেক্ট্রন নির্গত করতে পারে না। অর্থাৎ ঐ ধাতু থেকে ইলেক্ট্রন
নির্গত করতে হলে সর্বনিম্ন $6.1 \times 10^{14} \text{ Hz}$ কম্পাঙ্কের আলো প্রয়োজন।

প্রশ্ন ২২। কৃষ্ণ গহন থেকে আলো নির্গত হতে পারে না কেন তা
ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. '১৭]

উত্তর : কৃষ্ণ গহনের ভর এবং ঘনত্ব অসীম হয়। এ কারণে এর
মাধ্যাকর্ষণ শক্তি এত প্রবল যে কোনো বস্তু এর মধ্যে প্রবেশ করলে তা
আর বাইরে আসতে পারে না। এমনকি আলোর কণিকা ফোটন নির্গত
হলেও এর মাধ্যাকর্ষণ শক্তির কারণে এটি মুক্ত হতে পারে না। এজন্য
কৃষ্ণ গহন থেকে আলো নির্গত হতে পারে না।

প্রশ্ন ২৩। ইলেকট্রনের কম্পটন তরঙ্গদৈর্ঘ্য 0.02468 Å বলতে কী
বুঝায়? [জ. বো. '১৫] [সেলু-৩, আমির-১৪, প্রামাণিক-৫২, তপন-৪২]

উত্তর : ইলেকট্রনের কম্পটন তরঙ্গদৈর্ঘ্য 0.02468 Å বলতে বুঝায়
কম্পটন ক্রিয়ায় আপত্তিত ইলেকট্রন এবং বিক্ষিপ্ত ইলেকট্রনের
তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পরিবর্তন হয় 0.02468 Å ।

প্রশ্ন ২৪। প্ল্যান্কের খুবক b এর মাত্রা সমীকরণ কী হবে?
[সি. বো. '১৫] [সেলু-৫, প্রামাণিক-৫৩, তপন-৪৫]

উত্তর : প্ল্যান্কের খুবক, $b = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$

একক = joule-second

\therefore মাত্রা = কাজের মাত্রা \times সময়ের মাত্রা

= বলের মাত্রা \times সরণের মাত্রা \times সময়ের মাত্রা

= $MLT^{-2} \times L \times T$

[b] = ML^2T^{-1}

১০ সূজনশীল পদার্থবিজ্ঞান বিজ্ঞান পত্র

একাদশ-দ্বাদশ শ্রেণি

প্রশ্ন ২৫। “কোনো ধাতুর ফটোতড়িৎ ক্রিয়া তার সূচন কম্পাঙ্কের উপর
নির্ভরশীল”— ব্যাখ্যা কর। [ঢ. বো. '১৬] [সেলু-৮, প্রামাণিক-৪২, তপন-২৯]

উত্তর : যথোপযুক্ত উচ্চ কম্পাঙ্কবিশিষ্ট আলোকরশ্মি কোনো ধাতব
পৃষ্ঠে আপত্তিত হলে তা থেকে ইলেকট্রন নিঃসৃত হয়। এ ঘটনাকে
ফটোতড়িৎ ক্রিয়া বলে। আবার ন্যূনতম যে কম্পাঙ্কের চেয়ে কম
কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট আলো ঐ ধাতু থেকে ইলেকট্রন নির্গত করতে পারে
না সে কম্পাঙ্কই সূচন কম্পাঙ্ক। অর্থাৎ সূচন কম্পাঙ্কে আলোকরশ্মি
আপত্তিত হলেই শুধুমাত্র ফটোতড়িৎ ক্রিয়া হটে। এজন্য কোনো ধাতুর
ফটোতড়িৎ ক্রিয়া তার সূচন কম্পাঙ্কের উপর নির্ভরশীল।

প্রশ্ন ২৬। কোনো একটি ধাতুর কার্যাপেক্ষক 2.31 eV বলতে কী বুঝায়?
ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. '১৫] [সেলু-৯, আমির-১৫, প্রামাণিক-৩৯, তপন-৩৫]

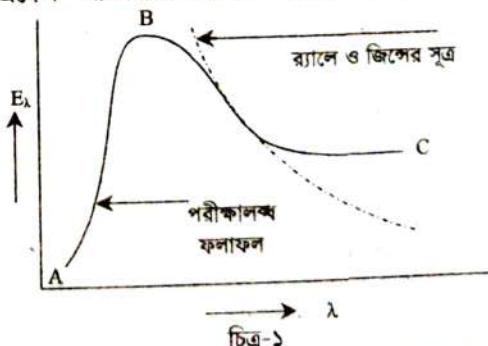
উত্তর : কোনো ধাতুর পৃষ্ঠ হতে শূন্য বেগসম্পন্ন ইলেকট্রন নির্গত
করতে যতটুকু শক্তির প্রয়োজন তাকে ঐ ধাতুর কার্যাপেক্ষক বলে।
অর্থাৎ কোনো ধাতুর কার্যাপেক্ষক 2.31 eV বলতে বুঝায় ঐ ধাতু হতে
শূন্য বেগসম্পন্ন ইলেকট্রন নিঃসৃত করতে ন্যূনতম 2.31 eV শক্তির
ফোটনের প্রয়োজন হবে।

প্রশ্ন ২৭। আপেক্ষিকতা তত্ত্বের বীকার্য দৃষ্টি লিখ।
[সেলু-৩০, আমির-২, প্রামাণিক-৩, তপন-৫]

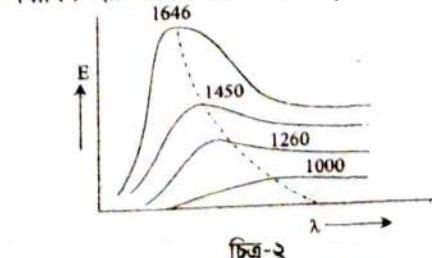
উত্তর : বিশেষ আপেক্ষিক তত্ত্বের বীকার্য দৃষ্টি নিম্নরূপ—
প্রথম বীকার্য : পরম্পরার সাপেক্ষে ধূবেগে ধাবমান সকল জড় প্রসঙ্গ
কাঠামোতে পদার্থবিজ্ঞানের মৌলিক সূত্রসমূহ একইরকম থাকে।
বিত্তীয় বীকার্য : সকল জড় প্রসঙ্গ কাঠামোতে শূন্যস্থানে আলোর
বেগ সর্বদা ধূব থাকে।

প্রশ্ন ২৮। কৃষ্ণবস্তুর বিকিরণ ব্যাখ্যায় চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞান ব্যর্থ—
ব্যাখ্যা কর। [সেলু-৩৪, আমির-২৭, প্রামাণিক-৪৭, তপন-৩৬]

উত্তর : যখন একটি কৃষ্ণবস্তুকে অত্যধিক উত্তপ্ত করা হয় তখন এটি
বিকিরণ পালার বিভিন্ন তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের বিকিরণ নির্গত করে। বিকিরণের
পরিমাণ একেক তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের জন্য একেক রকম।



১নং চিত্রে, একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় (1650 K) উত্পন্ন কৃষ্ণবস্তু হতে
বিভিন্ন তরঙ্গ দৈর্ঘ্যে বিকিরণ শক্তির বটন দেখানো হয়েছে। E_λ বনাম
 λ লেখ প্রদর্শিত হয়েছে। চিত্র হতে দেখা যায়, প্রথম দিকে λ বৃদ্ধির
জন্য E_λ সর্বাধিক হয় এবং λ এর পরবর্তী বৃদ্ধির জন্য E_λ হ্রাস পায়।



যে তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের জন্য E_λ সর্বাধিক হয় তাকে λ_m বলে। বস্তুর
তাপমাত্রা বেশি হলে λ_m ক্ষুদ্রতর হয় [চিত্র-২]।
বিকিরণ বর্ণালির শক্তি বটন সম্পর্কে বিজ্ঞানী ভিন একটি সূত্র অদান
করেন। সেই সূত্র লেখের AB অংশ ব্যাখ্যা করতে সক্ষম; কিন্তু BC
অংশ ব্যাখ্যা করতে সক্ষম নয়। এরপর বিজ্ঞানী র্যালে ও জিস একটি

আলোর বেগের থেকে বেশি বেগে চললে বস্তুর প্রকৃত দৈর্ঘ্য অবস্থার হয়। ইহা অসম্ভব। অর্থাৎ কোনো বস্তু আলোর বেগে বা তার চেয়ে বেশি বেগে চলতে পারবে না।

প্রশ্ন ৩৯। X-রশ্মি ও γ-রশ্মির উৎপত্তিস্থল কী?

[জি. বো. '১৭]

উত্তর : X-রশ্মি একটি তড়িৎ চূম্বকীয় রশ্মি। দ্রুত গতিসম্পন্ন ইলেক্ট্রন সহসা কোনো কঠিন ধাতব পদার্থে আঘাত করলে তা হতে X-রশ্মি উৎপন্ন হয়। আবার γ-রশ্মি হলো অতি শুন্দর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের তড়িৎ চূম্বকীয় তরঙ্গ। যা তেজস্ক্রিয় পদার্থের নিউক্লিয়াস থেকে ব্যতুক্তভাবে নির্গত হয়।

প্রশ্ন ৪০। রেডনের অর্ধায় 3.82 দিন বলতে কী বুঝায়—ব্যাখ্যা কর। [জি. বো. '১৭]

উত্তর : রেডনের অর্ধায় 3.82 দিন বলতে বুঝায়। গ্রাম পরিমাণ ঘোলে পরমাণু ভেঙ্গে ঠিক অর্ধেক অর্থাৎ $\frac{1}{2}$ গ্রাম হতে সময় লাগে 3.82 দিন।

প্রশ্ন ৪১। পরমাণুর নিউক্লিয়াসে ইলেক্ট্রন নেই অথচ β-কয়ে ইলেক্ট্রন নির্গত হয় কেন? ব্যাখ্যা কর। [সেলু-৫৬, সি. বো. '১৭]

উত্তর : পরমাণু নিউক্লিয়াসে ইলেক্ট্রন নেই অথচ β-কয়ে ইলেক্ট্রন নির্গত হয় এর কারণ হলো পরমাণুর নিউক্লিয়াসে একটি নিউট্রন যখন একটি প্রোটনে পরিণত হয় তখনই একটি ইলেক্ট্রন উৎপন্ন হয়। এই ইলেক্ট্রনের উপর নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে উপস্থিত তীব্র নিউক্লিয়াসের মধ্যে ধারণ করতে পারে না বলুক কণা হিসেবে বেরিয়ে আসে।

প্রশ্ন ৪২। তেজস্ক্রিয়তার কারণ ব্যাখ্যা কর। [জি. বো. '১৭]

উত্তর : তেজস্ক্রিয় মৌল হতে তেজস্ক্রিয় রশ্মি নির্গমনের ঘটনাকে বলা হয় তেজস্ক্রিয়তা।

ব্যাখ্যা : তেজস্ক্রিয়তা ঘটনাটি সম্পূর্ণভাবে প্রকৃতি নিয়ন্ত্রিত। এটি তাপ, চাপ, বৈদ্যুতিক বা চৌম্বক ঘটনা দ্বারা প্রভাবিত হয় না। তেজস্ক্রিয়তা ধর্ম বিশিষ্ট পদার্থকে তেজস্ক্রিয় পদার্থ বলে। যেসব পদার্থের পারমাণবিক সংখ্যা ৪৩-এর বেশি সাধারণত সেসব পদার্থ তেজস্ক্রিয় হয়। যেমন— ইউরেনিয়াম, থোরিয়াম, রেডিয়াম ইত্যাদি তেজস্ক্রিয় পদার্থ।

প্রশ্ন ৪৩। X-ray চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয় না— ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. '১৬] [অধির-১৩; প্রামাণিক-২৭; তপন-২২; তফাজল-৬]

উত্তর : X-ray এক ধরনের তড়িৎ চূম্বকীয় তরঙ্গ। এটি চার্জ নিরপেক্ষ আহিত বা চার্জযুক্ত কণা তড়িৎ ও চূম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয়। X-ray চার্জ নিরপেক্ষ অর্থাৎ আহিত কণা না হওয়ার চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয় না।

প্রশ্ন ৪৪। নিউক্লিয়ার ফিশান বিক্রিয়ার উৎপন্ন শক্তির কারণ কী? [জি. বো. '১৬]

উত্তর : নিউক্লিয়ার ফিশান বিক্রিয়ার বিভাজিত নিউক্লিয়াস বা জাতক নিউক্লিয়াসের ভর কিছুটা হ্রাস পায়। এ হ্রাসকৃত ভর, ভর-শক্তি সমীকরণ অনুসারে শক্তিতে বৃপ্তিরিত হয়। অর্থাৎ নিউক্লিয়াসের হ্রাসকৃত ভরের শক্তিতে বৃপ্তিরিত হওয়াই নিউক্লিয়ার ফিশান বিক্রিয়ার উৎপন্ন শক্তির কারণ।

প্রশ্ন ৪৫। হাইড্রোজেনের ভূমি অবস্থার শক্তি - 13.6 eV বলতে কী বুঝা? [সেলু-৩৯]

উত্তর : হাইড্রোজেনের ভূমি অবস্থার শক্তি - 13.6 eV বলতে আমরা বুঝি— হাইড্রোজেনের একটি ইলেক্ট্রন থাকে যা সাধারণত সর্বনিম্ন শক্তির দখল করে থাকে এবং এ ভরের শক্তির মান - 13.6 eV। ইলেক্ট্রনটি যখন এ শক্তিরে থাকে তখন হাইড্রোজেন পরমাণুটি ভূমি অবস্থায় রয়েছে তা বলা হয়।

প্রশ্ন ৪৬। বোর কক্ষপথগুলোকে স্থায়ী কক্ষপথ বলা হয় কেন?

উত্তর : বোর কক্ষপথগুলোকে স্থায়ী কক্ষপথ বলা হয় কারণ এ কক্ষপথগুলোতে প্রদক্ষিণ করার সময় ইলেক্ট্রন কোনো শক্তি বিকিরণ করে না। যদিও প্রদক্ষিণকালে এদের গতিতে ভুরণ থাকে তথাপি বোরের কীৰ্ত্তি অন্যায়ী ইলেক্ট্রনগুলো শক্তি ক্ষয় না করে কক্ষপথে আবর্তন করে।

প্রশ্ন ৪৭। সূজনশীল পদার্থবিজ্ঞান দ্বিতীয় পত্র  একাদশ-স্বাদশ শ্রেণি

প্রশ্ন ৪৭। প্রোটন ধনাত্মক চার্জধর্মী হওয়া সত্ত্বেও প্রোটন প্রোটন বিকর্ষণ করে নিউক্লিয়াস থেকে বেরিয়ে আসে না কেন? [সেলু-৪৬]

উত্তর : নিউক্লিয়াসে প্রোটন ধনাত্মক চার্জযুক্ত এবং নিউট্রন চার্জহীন হওয়ায় এক্ষেত্রে প্রোটন-প্রোটন বিকর্ষণ বল বা কুলমুখ বল ক্রিয়া করে। অপরদিকে নিউক্লিয়াসে নিউক্লিয়াসে উপাদান তথা নিউক্লিয়নগুলোকে একত্রে আবস্থা রাখতে নিউক্লিয়াসে বল কার্যকর হয়। এ নিউক্লিয়াসে বলের মান কুলমুখ বলের তুলনায় বেশি হওয়ায় প্রোটন-প্রোটন বিকর্ষণ বলের ক্রিয়াকে নাকচ করে দেয়। তাই নিউক্লিয়াস থেকে প্রোটন বেরিয়ে আসতে পারে না।

প্রশ্ন ৪৮। অস্থায়ী নিউক্লিয়াস বলতে কী বুঝা? [সেলু-৪৭]

উত্তর : আমরা জানি, পরমাণুর কেন্দ্রে নিউক্লিয়াস অবস্থিত। নিউক্লিয়াসের মধ্যে ধন চার্জযুক্ত প্রোটন এবং নিউট্রন থাকে। ভারী মৌলিক পদার্থ যাদের পারমাণবিক ভর 206-এর অধিক তাদের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে অধিক সংখ্যক প্রোটন থাকে। সমধৰ্মী ধন চার্জের মধ্যে বিকর্ষণ বল খুবই প্রবল হওয়ায় তারা নিউক্লিয়াস হতে ছিটকে বের হয়ে আসে। ফলে নিউক্লিয়াস ভেঙ্গে পিয়ে অন্য নিউক্লিয়াসের পরিবর্তিত হয়। এদেরকে অস্থায়ী নিউক্লিয়াস বলে।

প্রশ্ন ৪৯। বেকরেল ও কুরীর সম্পর্ক কী?

[সেলু-৪৮]

উত্তর : তেজস্ক্রিয়তার এস.আই একক বেকরেল (Bq)। প্রতি সেকেন্ডে একটি তেজস্ক্রিয় ভাগন বা ক্ষয়কে এক বেকরেল বলে।
 $1 \text{ Bq} = 1 \text{ decay s}^{-1}$
 পূর্বে কুরী (Ci) নামে তেজস্ক্রিয়তার একটি একক ব্যবহৃত হতো এবং $1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ decay s}^{-1}$
 $\therefore 1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$
 এটিই নির্ণয় সম্পর্ক।

প্রশ্ন ৫০। তাপ নিউক্লিয়াসিয়া বলতে কী বোঝা?

[সেলু-৪৮]

উত্তর : অত্যধিক তাপমাত্রায় পদার্থসমূহ প্লাজমা অবস্থা ধারণ করে। এ অবস্থায় পরমাণুর ইলেক্ট্রনগুলো নিউক্লিয়াস থেকে বিছির হয় এবং প্রচন্ড গতিতে ছোটছুটি করতে থাকে। এ সময় হালকা পরমাণু নিউক্লিয়াসের মধ্যে ফিউশন ঘটে অপেক্ষাকৃত ভারি পরমাণুর সৃষ্টি হয় এবং প্রচন্ড তাপশক্তি নির্গত হয়। একে তাপ নিউক্লিয়াসিয়া বলে। সূর্য ও নক্ষত্রে তাপ নিউক্লিয়াসিয়া শক্তি উৎপন্ন হয়ে থাকে।

প্রশ্ন ৫১। ঘূর্ণনশীল কাঠামো কী জড় কাঠামো— ব্যাখ্যা কর।

[সেলু-১; অধির-১২; প্রামাণিক-১; তপন-৪; তফাজল-১]

উত্তর : যে প্রসঙ্গ কাঠামোতে নিউট্রনের গতি বিষয়ক প্রথম সূত্র তথা জড়ত্বার সূত্র পালিত হয় তাকে জড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে। এ ধরনের কাঠামোতে বাহ্যিক বলের অনুপস্থিতিতে, স্থির বস্তু স্থির থাকে এবং গতিশীল বস্তু সমবেগে গতিশীল থাকে। কিন্তু ঘূর্ণনশীল কাঠামোতে বস্তুর গতি ছাপ বা বৃদ্ধি ঘটানোর জন্য তুরণ বা মন্দন সৃষ্টি হয় বলে বস্তু সমবেগে চলে না। অর্থাৎ নিউট্রনের গতির সূত্র প্রযোজ্য হয় না। এজন্য ঘূর্ণনশীল কাঠামো জড় কাঠামো নয়।

প্রশ্ন ৫২। আপেক্ষিকতা বলতে কী বুঝা?

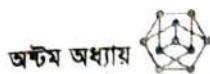
[সেলু-৩৬, তপন-১২]

উত্তর : কোনো বিষয় অন্য কোনো কিছুর সাপেক্ষে বিবেচিত হওয়ার নামই আপেক্ষিকতা। আপেক্ষিকতার তত্ত্ব অন্যায়ী স্থান, কাল, ভর, বেগ কোনো কিছুই পরম নয়। যেমন, স্টেশনে দাঁড়ানো যাত্রী চলন্ত ট্রেনকে গতিশীল দেখবে। আবার, ট্রেনের যাত্রী স্টেশনে দাঁড়ানো যান্তিকে গতিশীল দেখবে।

প্রশ্ন ৫৩। জরুরি প্রয়োজন ছাড়া আমাদের এক-রে কুরা উচিত নয় কেন?

[সেলু-৪৪, প্রামাণিক-২৬]

উত্তর : মানবদেহের উপর একরের বিভিন্ন প্রতিক্রিয়া রয়েছে। যেমন,
 ১. এক-রে জীবন্ত জীবকোষকে ধ্বংস করতে পারে।
 ২. এক-রের প্রভাবে জীবকোষের জিনের চারিত্রিক গুণাবলির পরিবর্তন ঘটে।
 ৩. চামড়ার উপর অনেকক্ষণ ধরে এটি আপত্তিত হলে শরীরের ক্ষতিসাধন করে। যেমন— রক্তের শেত কণিকা ধ্বংস করে।
 এজন্য জরুরি প্রয়োজন ছাড়া আমাদের একরে কুরা উচিত নয়।



অষ্টম অধ্যায় আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের সূচনা

৭৫৫ ১৯

প্রশ্ন ৫৪। নিউক্লিয় ক্ষমতা উৎপাদনের ভিত্তি কী? [সেলু-৪৫]

উত্তর : আইনস্টাইনের ভর শক্তি সমীকরণ অন্তর্ভুক্ত তাঃপর্যপূর্ণ। এ সমীকরণ অনুযায়ী শক্তিরও ভর রয়েছে বা শক্তিও ভরের একটি রূপ। ভরকে শক্তিতে রূপান্তর তেজস্ক্রিয় পদার্থের ক্ষমতার উৎস এবং নিউক্লিয় ক্ষমতা উৎপাদনের ভিত্তি।

প্রশ্ন ৫৫। বল বলতে কী বুঝা?

[সেলু-৪৯]

উত্তর : যা কোনো স্থির বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তাকে গতিশীল করে বা করতে চায় কিংবা কোনো গতিশীল বস্তুর উপর ক্রিয়া করে এর গতির পরিবর্তন করে বা করতে চায় তাকে বল নামে অভিহিত করা হয়। যেমন— একটি বালকে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে নেওয়ার জন্য আমরা এর উপর 'কোনো কিছু' প্রয়োগ করি। এ 'কোনো কিছু' ই হলো বল।

প্রশ্ন ৫৬। দ্য ব্রগলীর সমীকরণটি লিখ।

[সেলু-৫২, প্রামাণিক-৪৯]

উত্তর : যেকোনো কম্পাঙ্কের আলো ফটো তড়িৎক্রিয়ার সংজ্ঞা থেকে পাই "কোনো ধাতবপৃষ্ঠের উপর যথেষ্ট উচ্চ কম্পাঙ্কের আলোক রশ্মি বা অন্য কোনো তড়িৎক্রিয় তরঙ্গ আপত্তি হলে উচ্চ ধাতু থেকে ইলেক্ট্রন নিঃস্ত হয়। এ ঘটনাকে ফটো তড়িৎ ক্রিয়া বলে।"

অর্থাৎ ফটো তড়িৎ ক্রিয়ার জন্য ইলেক্ট্রনকে মুক্ত হতে হবে। কিন্তু পরীক্ষা থেকে দেখা গেছে সূচন কম্পাঙ্কের নিচে আপত্তি আলোকের কম্পাঙ্ক হলে কোনো ইলেক্ট্রন নির্গত বা মুক্ত হয় না। তাই যেকোনো কম্পাঙ্কের আলোয় ফটো তড়িৎ ক্রিয়া সংঘটিত হয় না।

প্রশ্ন ৫৭। সকল কম্পাঙ্কের আলোর জন্য ফটোতড়িৎ ক্রিয়া সম্পূর্ণ হয় না— ব্যাখ্যা কর। [সি. বো. '১৯] [সেলু-৫১]

উত্তর : যথোপযুক্ত উচ্চ কম্পাঙ্কবিশিষ্ট আলোকরশ্মি কোনো ধাতব পৃষ্ঠে আপত্তি হলে তা থেকে ইলেক্ট্রন নিঃস্ত হয়। এ ঘটনাকে ফটোতড়িৎ ক্রিয়া বলে। আবার ন্যূনতম যে কম্পাঙ্কের চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট আলো ঐ ধাতু থেকে ইলেক্ট্রন নির্গত করতে পারে না সে কম্পাঙ্কই সূচন কম্পাঙ্ক। অর্থাৎ সূচন কম্পাঙ্কের আলোকরশ্মি আপত্তি হলেই শুধুমাত্র ফটোতড়িৎ ক্রিয়া ঘটে। এজন্য সকল কম্পাঙ্কের আলোর জন্য ফটোতড়িৎ ক্রিয়া সম্পূর্ণ হয় না।

প্রশ্ন ৫৮। লরেঞ্জ রূপান্তরের সমীকরণগুলো লেখ। [সেলু-৫৩, আমির-৩]

উত্তর : লরেঞ্জ রূপান্তর সমীকরণ,

$$(i) x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (ii) y' = y$$

$$(iii) z' = z \quad (iv) t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

প্রশ্ন ৫৯। ফটোতড়িৎ ক্রিয়া ব্যাখ্যা কর।

[সেলু-৫৫, তপন-২৪]

উত্তর : আমরা জানি, ধাতব পদার্থের উপর দৃশ্যমান আলোক কিংবা অন্য কোনো বিদ্যুৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ আপত্তি হলে ঐ পদার্থ হতে ইলেক্ট্রন নির্গত হয়। ধাতব পদার্থ হতে নির্গত ইলেক্ট্রনকে বলা হয় ফটো ইলেক্ট্রন বা আলোক ইলেক্ট্রন। আলোকের প্রতিবে ধাতব পদার্থ হতে ইলেক্ট্রনের নির্গমনের প্রক্রিয়াকে বলা হয় আলোক তড়িৎ নির্গমন এবং এ ক্রিয়াকে বলা হয় ফটো ইলেক্ট্রিক ক্রিয়া বা আলোক তড়িৎ ক্রিয়া নির্গত ইলেক্ট্রন হওয়ার ফলে যে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়। তাকে বলা হয় আলোক তড়িৎ এবং যে বিদ্যুৎ প্রবাহ উৎপন্ন হয়, তাকে বলা হয় ফটো-ইলেক্ট্রিক প্রবাহ বা আলোক তড়িৎ প্রবাহ। সোডিয়াম, পটসিয়াম, সিজিয়াম, লিথিয়াম, বুরিডিয়াম প্রভৃতি ক্ষারধর্মী পদার্থের উপর দৃশ্যমান আলোক আপত্তি হলে অধিক পরিসরে ফটো ইলেক্ট্রন নির্গত হয়। অর্থাৎ ক্ষারধর্মী পদার্থের আলোক তড়িৎ সংবেদনশীলতা বেশি।

প্রশ্ন ৬০। কম্পটন ক্রিয়ার সমীকরণ দাও।

[সেলু-৫৪]

উত্তর : আপত্তি ফোটনের কম্পাঙ্ক f ও তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ এবং কোণে বিশিষ্ট ফোটনের কম্পাঙ্ক f' ও তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ' হলে তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পার্থক্য বা কম্পটন প্রভাব,

$$\lambda' - \lambda = \Delta\lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \varphi)$$

$$\text{বা, } \Delta\lambda = \frac{h}{m_0 c} \cdot 2 \sin^2 \frac{\varphi}{2} = \frac{2h}{m_0 c} \cdot \sin^2 \frac{\varphi}{2}$$

$$\therefore \Delta\lambda = \frac{2h}{m_0 c} \cdot \sin^2 \frac{\varphi}{2}$$

এটিই হলো কম্পটন ক্রিয়ার সমীকরণ।

প্রশ্ন ৬১। নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে ইলেক্ট্রন থাকতে পারে না কেন?

[সেলু-৩৭ আমির-৩৮, প্রামাণিক-৫৭, তপন-৪৮]

উত্তর : হাইজেনবার্গের অনিচ্যতা নীতি অনুসারে কোনো কণার অবস্থানের অনিচ্যতা ΔX এবং ভরবেগের অনিচ্যতা ΔP হলে, $\Delta X \cdot \Delta P \geq \frac{h}{2\pi}$

ইলেক্ট্রন যদি নিউক্লিয়াসের খুব কাছাকাছি অবস্থান করে তবে এর অবস্থানের অনিচ্যতা কমে যায়। হাইজেনবার্গের নীতি অনুসারে তখন ইলেক্ট্রনের ভরবেগের অনিচ্যতা অত্যধিক বৃদ্ধি পায়। ফলে ইলেক্ট্রন দুট নিউক্লিয়াস হতে দূরে সরে যাবে। তাই "ইলেক্ট্রন নিউক্লিয়াসের মধ্যে থাকতে পারে না।"

প্রশ্ন ৬২। কোন ধাতুর সূচনকম্পাঙ্ক শূন্য হতে পারে কি? ব্যাখ্যা দাও।

[সেলু-৫০, তপন-২৮]

উত্তর : প্রতিটি আলোক ইলেক্ট্রন নির্গমনের ক্ষেত্রে আপত্তি আলোকরশ্মির একটি নির্দিষ্ট ন্যূনতম কম্পাঙ্ক রয়েছে যার নাম সূচন কম্পাঙ্ক বা প্রারম্ভ কম্পাঙ্ক। ধাতব পদার্থ থেকে ইলেক্ট্রন নিঃস্ত করার জন্য এর চেয়ে কম কম্পাঙ্ক হলে ইলেক্ট্রন নিঃস্ত হবে না। আপত্তি আলোক রশ্মি বিভিন্ন ধরনের হতে পারে এবং তাদের নির্দিষ্ট কম্পাঙ্ক থাকে। তাই কোনো আপত্তি আলোক রশ্মির সূচন কম্পাঙ্ক শূন্য হতে পারে না।

প্রশ্ন ৬৩। হাইজেনবার্গের অনিচ্যতা নীতি ব্যাখ্যা কর?

[সেলু-২৪, আমির-৩৪, প্রামাণিক-৫৫, তপন-৪৩]

উত্তর : হাইজেনবার্গের অনিচ্যতার সূত্রটি হলো— যদি কোনো কণার কোনো নির্দিষ্ট সময়ের অনিচ্যতা ΔX এবং ভরবেগের অনিচ্যতা ΔP হয়, তবে এদের গুণফল প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক এর সমান বা প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক অপেক্ষা বড় হবে।

অর্থাৎ $\Delta X \cdot \Delta P \geq \frac{h}{2\pi}$; এখানে, $\frac{h}{2\pi}$ হলো প্ল্যাঙ্কের হাসক্ত ধ্রুবক।

প্রশ্ন ৬৪। ইলেক্ট্রন নির্গত হওয়ার ক্ষেত্রে সূচন কম্পাঙ্ক এবং সর্বাধিক পতিশক্তির মধ্যে সম্পর্ক লেখচিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর।

[সেলু-২১]

উত্তর : আমরা জানি, কম্পাঙ্ক বৃদ্ধির সাথে সাথে সর্বাধিক গতিশক্তি eV_0 বৃদ্ধি পায়। এখন বিকিরণের কম্পাঙ্ক v কে X অক্ষে এবং eV_0 কে Y অক্ষে বসিয়ে একটি লেখচিত্র অঙ্কন করি। $eV_0 - v$ লেখচিত্র একটি সরলরেখা হবে যা X অক্ষকে v_0 তে ছেদ করবে। এক্ষেত্রে v_0 কম্পাঙ্ককে সূচন কম্পাঙ্ক বা প্রারম্ভ কম্পাঙ্ক বলা হয়। এই সূচন কম্পাঙ্কের কোনো বিকিরণের তল হতে আলোক ইলেক্ট্রনের নির্গমন শুরু হবে। উল্লেখ থাকে যে বিজিম বিকিরকের সূচন কম্পাঙ্কক বিজিম হবে।

