

অধ্যায়-৮: আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের সূচনা

প্রশ্ন ১ ধর, 370 আলোক বর্ষ দূরে অবস্থিত প্রাণীর বসবাস উপযোগী একটি গ্রহের সন্ধান পেয়ে নাসার বিজ্ঞানীরা 50 বছর বয়সী একটি কাছিমকে 0.7c বেগে চলমান নভোযানে করে ঐ গ্রহের উদ্দেশ্যে পাঠায়। কাছিমের ভর 30kg এবং গড় আয়ু 450 বছর। 1 আলোক বর্ষ = $9.46 \times 10^{15} \text{m}$ ।

- ফোটন কী? ১
- মহাশূন্যে নভোচারীরা আকাশ কি রকম দেখবে? ব্যাখ্যা করো। ২
- চলন্ত অবস্থায় কাছিমের শক্তি নির্ণয় করো। ৩
- কাছিমটি জীবিত অবস্থায় ঐ গ্রহে পৌঁছতে সক্ষম হবে কিনা যাচাই করো। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্ল্যাঙ্কের কোয়ান্টাম তত্ত্বানুসারে শক্তির বিকিরণ নিরবচ্ছিন্নভাবে না হয়ে বিচ্ছিন্নভাবে কতগুলো শক্তি প্যাকেট আকারে ঘটে। শক্তির এই সর্বনিম্ন প্যাকেটকে ফোটন বা তেজকণা বলে।

খ মহাশূন্যে নভোচারীরা আকাশ কালো দেখবে। পৃথিবীতে দিনের বেলা আমরা আকাশ নীল দেখি। এর কারণ সূর্য থেকে আলো পৃথিবীতে আসার সময় বায়ুমণ্ডল তথা ধূলিকণা দ্বারা নীলসহ অন্য সব বর্ণের আলো বিচ্ছুরিত হয় এবং নীল আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য সর্বনিম্ন হওয়ায় বিচ্ছুরণ সর্বাধিক হয় এবং আমাদের চোখে এসে ধরা দেয়। কিন্তু মহাশূন্যে বায়ুমণ্ডল না থাকায় আলো বিচ্ছুরিত বা প্রতিফলিত হয় না। তাই মহাশূন্যে নভোচারীরা আকাশ কালো দেখে। তবে পৃথিবীর রাতের আকাশের মত সেখানেও আকাশে তারকা মণ্ডল দেখা যাবে।

গ দেওয়া আছে,

কাছিমের নিশ্চল ভর, $m_0 = 30 \text{ kg}$

বেগ, $v = 0.7 c$

জানা আছে, আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$

বের করতে হবে, চলন্ত অবস্থায় কাছিমের শক্তি, $E = ?$

আমরা জানি,

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

$$= \frac{30}{\sqrt{1 - (0.7)^2}}$$

$$= 42 \text{ kg}$$

$$\therefore \text{চলন্ত অবস্থায় কাছিমের মোট শক্তি, } E = mc^2$$

$$= 42 \times (3 \times 10^8)^2$$

$$= 3.78 \times 10^8 \text{ J (Ans.)}$$

ঘ 1 আলোক বর্ষ = $9.46 \times 10^{15} \text{m}$

$\therefore 370 \text{ আলোক বর্ষ} = 370 \times 9.46 \times 10^{15} = 3.5 \times 10^{18} \text{m}$

$v = 0.7 c$ বেগে চললে 370 আলোক বর্ষ যেতে পৃথিবীর হিসেব অনুযায়ী সময় লাগবে,

$$t = \frac{s}{v}$$

$$= \frac{3.5 \times 10^{18}}{0.7 \times 3 \times 10^8}$$

$$= 1.67 \times 10^{10} \text{ sec}$$

$$= 528.5 \text{ year}$$

আমরা জানি,

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

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

$$\text{বা, } t_0 = 528.5 \sqrt{1 - \left(\frac{0.7c}{c}\right)^2}$$

$$\therefore t_0 = 377.42 \text{ year}$$

সুতরাং, ঐ গ্রহে পৌঁছালে কাছিমের বয়স = $50 + 377.42$
= 427.42 year

অর্থাৎ, কাছিমটি জীবিত অবস্থায় ঐ গ্রহে পৌঁছতে সক্ষম হবে।

প্রশ্ন ২ ফটো তড়িৎ ক্রিয়া পরীক্ষণে দেখা গেল পটাসিয়াম ধাতুর উপর 4400Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত হলে শুধু ইলেকট্রন নির্গত হয় কিন্তু গতিশক্তি প্রাপ্ত হয় না। যদি 1500Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত হয় তবে ইলেকট্রন নিঃসরিত হয় এবং গতিশক্তি প্রাপ্ত হয়।

(ঢা. বো. ২০১৫)

- কৃষ্ণ গহ্বর কাকে বলে? ১
- p-টাইপ অর্ধ-পরিবাহী তড়িৎ নিরপেক্ষ কি না — ব্যাখ্যা কর। ২
- পটাসিয়ামের কার্যপেক্ষক নির্ণয় কর। ৩
- উদ্দীপকে নিঃসরিত ইলেকট্রনের গতিশক্তি প্রাপ্ত হওয়া না হওয়ার কারণ কী? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রচণ্ড মহাকর্ষীয় বলের জন্য মহাকাশে এমন কিছু বস্তু বা জায়গা আছে যা থেকে আলো বা কোন কিছু বেরিয়ে আসতে পারে না। এরূপ বস্তু বা জায়গাকে কৃষ্ণগহ্বর বলে।

খ বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে প্রোটন ও ইলেকট্রন সংখ্যা সমান। এর মধ্যে যে ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণুসমূহ যোগ করা হয় সেগুলোতেও প্রোটন ও ইলেকট্রন সংখ্যা সমান। p-টাইপ অর্ধপরিবাহীতে হোলসমূহ ইলেকট্রন গ্রহণ করে এবং যে পরমাণু হতে এই ইলেকট্রন সংগ্রহ করে সেটিতে হোলের সৃষ্টি হয় অর্থাৎ সেটি ধনাত্মক আয়ন গ্রন্থ হয়। সুতরাং গ্রহীতা ইলেকট্রন গ্রহণ করে ঋণাত্মক চার্জগ্রন্থ হয়। অতএব p-টাইপ কেলাসে ধনাত্মক চার্জ ও ঋণাত্মক চার্জের মান সমান হয়। তাই p-টাইপ অর্ধপরিবাহী তড়িৎ নিরপেক্ষ।

গ দেওয়া আছে,

পটাসিয়ামের সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_0 = 4400 \text{Å} = 4400 \times 10^{-10} \text{m}$

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

বের করতে হবে, কার্যপেক্ষক, $W_0 = ?$

$$\text{আমরা জানি, } W_0 = h \frac{c}{\lambda_0} = 6.63 \times 10^{-34} \text{J.s} \times \frac{3 \times 10^8 \text{ms}^{-1}}{4400 \times 10^{-10} \text{m}}$$

$$= 4.52 \times 10^{-19} \text{J} = 2.825 \text{ eV (Ans.)}$$

ঘ ইলেকট্রনসমূহ কক্ষপথে নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি নিয়ে ঘূর্ণায়মান থাকে। তাই এদেরকে কক্ষপথ হতে বিচ্যুত করে মুক্ত ইলেকট্রন হিসেবে পেতে হলে এতে ন্যূনতম মানের শক্তি প্রদান করতে হবে। এই শক্তি পাওয়া যেতে পারে ফোটন হতে। ফোটনের শক্তি এর কম্পাঙ্কের সমানুপাতিক এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ব্যস্তানুপাতিক। তাই ইলেকট্রন অবমুক্ত করতে হলে ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, একটি সর্বোচ্চ মানের চেয়ে বেশি হতে পারে না। এ মানকে সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য বলে। উদ্দীপকের ক্ষেত্রে, সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য 4400Å। তবে এর চেয়ে কম তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ফোটন আপতিত হলে অবমুক্ত ইলেকট্রন গতিশক্তিপ্রাপ্ত হবে।

আইনস্টাইনের ফটোডিং ক্রিয়ার সমীকরণ

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

$$\text{বা, } K_{\max} = E - W_0 \dots\dots\dots (i)$$

'গ' হতে কার্যাপেক্ষক $W_0 = 2.825\text{eV}$

$$\text{আপতিত ফোটনের শক্তি, } E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1500 \times 10^{-10}} = 1.326 \times 10^{-18}\text{J} = 8.287\text{eV}$$

(i) নং সমীকরণ অনুসারে, আপতিত ফোটনের শক্তি E কার্যাপেক্ষক W_0 এর সমান হলে ইলেকট্রন গতিশক্তি প্রাপ্ত হয় না।

আবার, আপতিত ফোটনের শক্তি E , কার্যাপেক্ষক W_0 তার চেয়ে বেশি হলে ইলেকট্রন গতিশক্তি প্রাপ্ত হবে।

উদ্দীপকের ২য় ক্ষেত্রে, আপতিত ফোটনের শক্তি $E >$ কার্যাপেক্ষক W_0 । তাই নিঃসরিত ইলেকট্রন গতিশক্তি প্রাপ্ত হয়।

প্রশ্ন ৩ করিম ও তার বন্ধু রহিমের সাথে আপেক্ষিক তত্ত্বের বিভিন্ন বিষয় নিয়ে আলোচনা করল। করিম বলল একজন মহাশূন্যচারী 30 বছর বয়সে $2.5 \times 10^8\text{ms}^{-1}$ বেগে একটি রকেটে চড়ে নতুন গ্রহের অনুসন্ধান গেল। পৃথিবীতে রকেটের দৈর্ঘ্য ছিল 80 m। /রা. বো. ২০১৭/

- সুপারনোভা কী? ১
- আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে সমবেগে গতিশীল কাঠামোতে ঘড়ি ধীরে চলে কেন— ব্যাখ্যা করো। ২
- পৃথিবী থেকে পরিমাপকৃত গতিশীল রকেটের দৈর্ঘ্য কত হবে? ৩
- অনুসন্ধান শেষে উক্ত নভোচারী পৃথিবীর হিসাবে 50 বছর পর ফিরে আসলে আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে তার বয়স পৃথিবীর ক্যালেন্ডার অনুযায়ী একই হবে কিনা— ব্যাখ্যা করো। ৪

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল নক্ষত্রের ভর 1.4 সৌর ভরের বেশি তাদের জ্বালানী হাইড্রোজেন শেষ হয়ে গেলে মূল বস্তু সংকুচিত হতে থাকে কিন্তু বহিঃস্থ অংশ তখনও প্রসারিত হতে থাকে এবং এক পর্যায়ে বহিঃস্থ আবরণ ছুড়ে ফেলে। এ সময় নক্ষত্রকে অত্যন্ত উজ্জ্বল দেখায়। নক্ষত্রের এ ঘটনাকে সুপার নোভা বলে।

খ কাল বা সময় আপেক্ষিক গতি দ্বারা প্রভাবিত হয়। আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে স্থির কোনো ঘটনা ঘটার সময় t_0 এবং পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে সমবেগে গতিশীল উক্ত ঘটনা ঘটার সময় t হলে

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

সমবেগে গতিশীল কোনো বস্তুর জন্য $\sqrt{1 - v^2/c^2}$ রাশিটি সব সময় 1 এর চেয়ে ছোট। একারণে t_0 সব সময়ই t এর চেয়ে ছোট। তাই সমবেগে গতিশীল কাঠামোতে ঘড়ি ধীরে চলে।

গ উদ্দীপক হতে পাই,

পৃথিবীতে রকেটের দৈর্ঘ্য, $L_0 = 80\text{m}$

রকেটের বেগ, $v = 2.5 \times 10^8\text{ms}^{-1}$

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

গতিশীল রকেটের দৈর্ঘ্য, $L = ?$

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } L = 80 \sqrt{1 - \left(\frac{2.5 \times 10^8}{3 \times 10^8}\right)^2}$$

$$= 44.22\text{m (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে,

ভূ-পৃষ্ঠ থেকে নির্গত সময় ব্যবধান, $t = 50\text{y}$

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

রকেটের বেগ, $v = 2.5 \times 10^8\text{ms}^{-1}$

রকেটে মহাশূন্যচারীর বয়স বৃদ্ধি, $t_0 = ?$

আমরা জানি,

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

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

$$= 50 \sqrt{1 - \left(\frac{2.5 \times 10^8}{3 \times 10^8}\right)^2} = 27.64\text{y}$$

এখন পৃথিবীর হিসাবে মহাশূন্যচারীর বর্তমান বয়স $= 30 + 50 = 80\text{y}$ ।

আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে মহাশূন্যচারীর বর্তমান বয়স $= (30 + 27.64) = 57.64\text{y}$ ।

অতএব, আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে মহাশূন্যচারীর বয়স পৃথিবীর ক্যালেন্ডার অনুযায়ী বয়স অপেক্ষা কম হবে।

প্রশ্ন ৪ 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 অনুসন্ধান গেল। পৃথিবীতে রকেটের দৈর্ঘ্য ছিল 75m। /দি. বো. ২০১৭/

- কাল দীর্ঘায়ন কী? ১
- ফটোডিং ক্রিয়া ব্যাখ্যায় প্লাঙ্কের তত্ত্বের প্রয়োজন কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
- পৃথিবী থেকে পরিমাপকৃত গতিশীল রকেটের দৈর্ঘ্য কত? ৩
- অনুসন্ধান শেষে উক্ত নভোচারী পৃথিবীর হিসাবে 45 বছর পর ফিরে আসলে আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে পৃথিবীর ক্যালেন্ডার অনুযায়ী তাদের বয়স একই হবে কিনা— ব্যাখ্যা করো। ৪

৪নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে গতিশীল অবস্থায় সংঘটিত দুটি ঘটনার মধ্যবর্তী কাল ব্যবধান পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে নিশ্চল অবস্থায় সংঘটিত ঐ একই ঘটনায়ের মধ্যবর্তী কাল ব্যবধানের চেয়ে বেশি হয়, এই প্রভাবকে কাল দীর্ঘায়ন বলে।

খ ফটোডিং ক্রিয়ার বিভিন্ন ফলাফল চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞানের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় না। এসব ফলাফল ব্যাখ্যার জন্য প্লাঙ্কের কোয়ান্টাম তত্ত্বের প্রয়োজন হয় যেমন,

(i) ফটোডিং ক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা। কিন্তু তরঙ্গ তত্ত্ব অনুসারে ইলেকট্রন নির্গমনের জন্য কিছু সময়ের প্রয়োজন।

(ii) ফটো-ইলেকট্রনের গতিশক্তি নির্ভর করে আপতিত আলোকরশ্মির কম্পাঙ্কের ওপর। কিন্তু তরঙ্গ তত্ত্ব অনুসারে ফটো-ইলেকট্রনের গতিশক্তি নির্ভর করবে আপতিত আলোর তীব্রতার ওপর।

(iii) একটি ধাতব পদার্থের জন্য একটি নির্দিষ্ট কম্পাঙ্ক অপেক্ষা কম কম্পাঙ্কে আলোকরশ্মি যত বেশি আপতিত হোক না কেন তা থেকে কোনো ইলেকট্রন নির্গত হয় না। কিন্তু তরঙ্গ তত্ত্ব অনুসারে যেকোনো কম্পাঙ্কের আলোকরশ্মি ধাতব-পৃষ্ঠে আপতিত হলে তা থেকে ইলেকট্রন নির্গত হবে।

অর্থাৎ এ সব ঘটনা তরঙ্গ তত্ত্বের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায় না, শুধু কোয়ান্টাম তত্ত্বের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়।

গ ৩(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 36.53 m

ঘ দেওয়া আছে, রকেটের দ্রুতি, $v = 2.62 \times 10^8\text{ms}^{-1}$

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

পৃথিবী থেকে নির্গত সময় ব্যবধান, $t = 45\text{y}$

রকেটে মহাশূন্যচারীর বয়স বৃদ্ধি, $t_0 = ?$

জানা আছে,

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

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

$$\text{বা, } t_0 = 45 \sqrt{1 - \left(\frac{2.62}{3}\right)^2}$$

$$\therefore t_0 = 21.92\text{y}$$

পৃথিবীর হিসাবে মহাশূন্যচারীর বর্তমান বয়স = 40 + 45 = 85y

আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে মহাশূন্যচারীর বর্তমান বয়স = (40 + 21.92) = 61.92y

অতএব, আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে মহাশূন্যচারীর বয়স পৃথিবীর ক্যালেন্ডার অনুযায়ী বয়স অপেক্ষা কম হবে।

প্রশ্ন ৫ ভূ-পৃষ্ঠে একটি রকেট এর দৈর্ঘ্য 10 m এবং ভর 5000 kg এটি ভূ-পৃষ্ঠের কোনো স্থির পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে $3 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$ বেগে চলতে শুরু করল।

(সি. বো. ২০১৬)

- ক. এক্স-রে কী? ১
- খ. নিউক্লিয়ার ফিশন বিক্রিয়ায় উৎপন্ন শক্তির কারণ কী? ২
- গ. উদ্দীপকের আলোকে রকেট এর চলমান দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩
- ঘ. উদ্দীপকে রকেটটির বেগ দ্বিগুণ করা হলে এর ভরের কিরূপ পরিবর্তন হবে— গাণিতিক বিশ্লেষণসহ ব্যাখ্যা কর। ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দ্রুতগতি সম্পন্ন ইলেকট্রন কোন ধাতুকে আঘাত করলে তা থেকে উচ্চ ভেদন ক্ষমতাসম্পন্ন অজানা প্রকৃতির এক প্রকার বিকিরণ উৎপন্ন হয়, এ বিকিরণকে এক্স-রে বলে।

খ আমরা জানি ${}_{92}^{235}\text{U}$ কে নিউট্রন ${}_0^1\text{n}$ দ্বারা আঘাত করলে নিউক্লিয়ার ফিশন ঘটে। এতে ${}_{92}^{235}\text{U}$ নিউক্লিয়াসের বিভাজিত হয়ে কম ভরের দুটি নিউক্লিয়াস সৃষ্টি হয় এবং দুটি বা তিনটি নিউট্রন ${}_0^1\text{n}$ নির্গত হয়।

বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী ${}_0^1\text{n}$ ও ${}_{92}^{235}\text{U}$ এর মোট ভর অপেক্ষা উৎপন্ন নিউক্লিয়াসদ্বয় ও নিউট্রনগুলির মোট ভর সামান্য কম হয়। অর্থাৎ নিউক্লিয়ার ফিশনে কিছু ভর অদৃশ্য হয়। আইনস্টাইনের ভরশক্তি সমীকরণ $E = mc^2$ অনুসারে এই অদৃশ্য ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। ইহাই নিউক্লিয়ার ফিশন বিক্রিয়ায় শক্তি উৎপন্নের কারণ।

গ এখানে,

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

ভূ-পৃষ্ঠে স্থির পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে রকেটের বেগ, $v = 3 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$

রকেটের চলমান দৈর্ঘ্য, $L = ?$

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

আমরা জানি,

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 10 \sqrt{1 - \frac{(3 \times 10^7)^2}{(3 \times 10^8)^2}} = 9.9498 \text{ m}$$

অতএব, রকেটের চলমান দৈর্ঘ্য হবে 9.9498 m (Ans.)

ঘ এখানে,

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

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

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

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

প্রথম ক্ষেত্রে রকেটের চলমান ভর m_1 হলে

আমরা জানি,

$$m_1 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{5000 \text{ kg}}{\sqrt{1 - \frac{(3 \times 10^7 \text{ ms}^{-1})^2}{(3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1})^2}}} = 5025.189 \text{ kg}$$

আবার, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে রকেটের চলমান ভর m_2 হলে,

$$m_2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{5000 \text{ kg}}{\sqrt{1 - \frac{(6 \times 10^7 \text{ ms}^{-1})^2}{(3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1})^2}}} = 5103.103 \text{ kg}$$

যেহেতু, $m_2 > m_1$

অতএব, উদ্দীপকে রকেটের বেগ দ্বিগুণ করা হলে এর ভর বেড়ে যাবে।

প্রশ্ন ৬ 4000Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো Na পৃষ্ঠে আপতিত হলে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হয়। ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি পাওয়া যায় 0.4 eV।

(সি. বো. ২০১৫)

- ক. ভর-ভ্রুটি কী? ১
- খ. দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য 10V বলতে কী বুঝায়? ২
- গ. উদ্দীপকের নির্গত ইলেকট্রন থামাতে হলে Na পাতে কত মানের নিবৃত্তি বিভব প্রয়োগ করতে হবে? ৩
- ঘ. যুক্তি দিয়ে বুঝিয়ে দাও যে, একটি নির্দিষ্ট মানের চেয়ে কম মানের কম্পাঙ্কের আলো Na পাতে পড়লে তা থেকে ইলেকট্রন নির্গত হবে না। ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক নিউক্লিয়াসের ভর, নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে অবস্থিত নিউক্লিয়নগুলোর মুক্তাবস্থার ভরের সমষ্টির চেয়ে কিছু কম থাকে। ভরের এ পার্থক্যকে ভর ভ্রুটি বলে।

খ দুটি বিন্দুর বিভব পার্থক্য 10V বলতে বুঝায়, বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে 1C চার্জ স্থানান্তরে 10J কাজ সম্পন্ন হয়।

গ দেওয়া আছে,

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

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

বের করতে হবে, নিবৃত্তি বিভব, $V_s = ?$

আমরা জানি, $eV_s = K_{\max}$

$$\therefore V_s = \frac{K_{\max}}{e} = \frac{0.4 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 0.4 \text{ Volt (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে, আপতিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 4000 \text{ Å}$
 $= 4 \times 10^{-7} \text{ m}$

সর্বোচ্চ গতিশক্তি, $K_{\max} = 0.4 \text{ eV}$
 $= 6.4 \times 10^{-20} \text{ J}$

সূচন কম্পাঙ্ক f_0 হলে কার্যপেক্ষক

$$\phi_0 + K_{\max} = \frac{\lambda c}{\lambda}$$

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

$$\text{বা, } f_0 = \frac{c}{\lambda} - \frac{K_{\max}}{h} = \left[\frac{3 \times 10^8}{4 \times 10^{-7}} - \frac{6.4 \times 10^{-20}}{6.63 \times 10^{-34}} \right] \text{ Hz}$$

$$\therefore f_0 = 6.535 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

f_0 এর চেয়ে ক্ষুদ্রতর কম্পাঙ্কের তরঙ্গের জন্য শক্তি, $E = hf < hf_0$

বা, $E < \phi_0$, অর্থাৎ সেক্ষেত্রে ধাতব বন্ধন পৃথক করা সম্ভব নয়।

তাই, $6.535 \times 10^{14} \text{ Hz}$ এর চেয়ে কম কম্পাঙ্কের আলো Na পাতে পড়লে কোন ইলেকট্রন নির্গত হবে না।

প্রশ্ন ৭ একটি তড়িৎ ক্ষরণ নলে X-ray উৎপাদন এর জন্য 12.4kV এবং আরেকবার 24.8kV বিভব পার্থক্য সরবরাহ করা হলো। এই যন্ত্রে ইলেকট্রনের গতিশক্তির 0.3% X-ray উৎপাদন করে।

(সি. বো. ২০১৭)

- ক. সূচন কম্পাঙ্ক কী? ১
- খ. P টাইপ অর্ধ পরিবাহীর আধান বাহক হোল— ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. ১ম ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগ নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. উদ্দীপকে উৎপাদিত দুই ধরনের X-ray এর ক্ষেত্রে কোনটির ভেদনযোগ্যতা বেশি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতব পদার্থে সর্বনিম্ন যে কম্পাঙ্কের রশ্মি আপতিত হলে থেকে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হয় তাকে ঐ ধাতব পদার্থের সূচন কম্পাঙ্ক বলে।

ক. p-টাইপ অর্ধ-পরিবাহী তৈরি করা হয় বিশুদ্ধ অর্ধ-পরিবাহী কেলাসের মধ্যে, বহিঃস্থ কক্ষপথে তিনটি ইলেকট্রন আছে এমন পরমাণু, অতি সামান্য পরিমাণ ভেজাল দিয়ে। এতে ভেজাল পরমাণু তার চারপাশস্থ চারটি মূল পরমাণুর সাথে সমযোজী বন্ধন সৃষ্টি করতে একটি ইলেকট্রনের ঘাটতি হয়। ফলে ভেজাল পরমাণুর বহিঃস্থ কক্ষপথে ইলেকট্রনের সংখ্যা হয় সাত, অর্থাৎ যোজন ব্যান্ডে একটি হোল সৃষ্টি হয়।

p-টাইপ অর্ধ-পরিবাহীতে বিভব প্রয়োগ করা হলে হোল তার পার্শ্ববর্তী পরমাণু থেকে একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে ফলে পার্শ্ববর্তী পরমাণুতে হোল সৃষ্টি হয়। এভাবে হোল পরমাণু থেকে পরমাণুতে সঞ্চারিত হয়ে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি করে। তাই বলা যায় p টাইপ অর্ধ পরিবাহীর আধান বাহক হোল।

গ. দেয়া আছে,

$$\begin{aligned} \text{প্রদত্ত বিভব, } V &= 12.4 \text{ kV} \\ &= 12.4 \times 10^3 \text{ V} \\ \text{ইলেকট্রনের চার্জ, } e &= 1.60 \times 10^{-19} \text{ C} \\ \text{ইলেকট্রনের ভর, } m &= 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \\ \text{সর্বোচ্চ বেগ, } v_m &= ? \end{aligned}$$

জানা আছে,

$$\begin{aligned} T &= eV \\ \text{বা, } \frac{1}{2} mv_m^2 &= eV \\ \text{বা, } v_m^2 &= \frac{2eV}{m} \\ \text{বা, } v_m &= \sqrt{\frac{2eV}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.60 \times 10^{-19} \times 12.4 \times 10^3}{9.1 \times 10^{-31}}} \\ \therefore v_m &= 6.6 \times 10^7 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ. উদ্দীপক অনুযায়ী ১ম ক্ষেত্রে প্রদত্ত বিভব,

$$\begin{aligned} V_1 &= 12.4 \text{ kV} \\ &= 12.4 \times 10^3 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{২য় ক্ষেত্রে প্রদত্ত বিভব, } V_2 &= 24.8 \text{ kV} \\ &= 24.8 \times 10^3 \text{ V} \end{aligned}$$

মনে করি, ১ম ক্ষেত্রে উৎপন্ন এক্সরের কম্পাঙ্ক f_1 এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে f_2 আবার, ইলেকট্রনের গতিশক্তির ০.৩% X-ray উৎপন্ন করে।

$$\begin{aligned} \therefore \frac{0.3}{100} \times eV_1 &= hf_1 \\ \therefore f_1 &= \frac{0.3 \times 10^{-2} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 12.4 \times 10^3}{6.63 \times 10^{-34}} \\ &= 8.98 \times 10^{15} \text{ Hz} \\ \text{অনুরূপভাবে, } f_2 &= \frac{0.3 \times 10^{-2} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 24.8 \times 10^3}{6.63 \times 10^{-34}} \\ &= 1.795 \times 10^{16} \text{ Hz} \end{aligned}$$

যেহেতু, $f_2 > f_1$

অতএব, দ্বিতীয় ক্ষেত্রে উৎপন্ন এক্সরের ভেদন ক্ষমতা বেশি হবে।

প্রশ্ন ▶ c. নিলয় সিজিয়াম ধাতুর পাতে $4 \times 10^{-7} \text{ m}$ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত করে ফটো তড়িৎ ক্রিয়ার পরীক্ষণ পরিচালনা করছে। সে নিবৃত্তি বিভবের মান পেল ২V. পরবর্তীতে সে $6.8 \times 10^{-7} \text{ m}$ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের লাল আলো ব্যবহার করে। [ইলেকট্রনের ভর $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$]

ক. প্রবাহ বিবর্ধক গুণক কাকে বলে?

খ. তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধপরিবাহীর পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় কেন?

গ. উদ্দীপক অনুসারে ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ নির্ণয় কর।

ঘ. লাল আলো ব্যবহার করায় ফটোতড়িৎ প্রবাহ ঘটবে কিনা—ব্যাখ্যা কর।

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. সাধারণ পীঠ বিন্যাসের ক্ষেত্রে কোনো ট্রানজিস্টরের নিঃসরক প্রবাহের পরিবর্তনের সাপেক্ষে সংগ্রাহক প্রবাহের পরিবর্তনের হার $\frac{\Delta I_c}{\Delta I_e}$ কে প্রবাহ বিবর্ধন গুণক বলে।

খ. অর্ধ পরিবাহীতে যোজন ব্যান্ড পূর্ণ এবং পরিবহন ব্যান্ডে কোনো ইলেকট্রন থাকে না, কিন্তু যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তি ব্যবধান খুব কম থাকে। সাধারণ তাপমাত্রায় যোজন ব্যান্ডের কিছু ইলেকট্রন যোজনী বন্ধন ভেঙে পরিবহন ব্যান্ডে চলে যায় ফলে এরা সামান্য পরিবাহী হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা পর্যন্ত পরিবহন ব্যান্ডে ইলেকট্রন সংখ্যা বৃদ্ধি পায় তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অর্ধ পরিবাহীর পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় এবং রোধ হ্রাস পায়।

গ. এখানে, নিবৃত্তি বিভব, $V_0 = 2 \text{ V}$

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \text{বা, } v_{\max}^2 &= 7.0329 \times 10^{11} \text{ m}^2/\text{s}^2 \\ \therefore v_{\max} &= 8.386 \times 10^5 \text{ m/s} \end{aligned}$$

অতএব, ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ = $8.386 \times 10^5 \text{ m/s}$ (Ans.)

ঘ. এখানে,

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

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

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

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

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

আমরা জানি,

$$\text{আপতিত ফোটনের শক্তি, } E = h \frac{c}{\lambda}$$

$$\begin{aligned} &= (6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}) \times \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{4 \times 10^{-7} \text{ m}} \\ &= 4.973 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

এখন, কার্যপেক্ষক, $W = E - eV_0$

$$\begin{aligned} &= 4.973 \times 10^{-19} \text{ J} - (1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 2 \text{ V}) \\ &= 1.773 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

$$\text{লাল বর্ণের ফোটনের শক্তি, } E_R = h \frac{c}{\lambda}$$

$$\begin{aligned} &= (6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}) \times \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{6.8 \times 10^{-7} \text{ m}} \\ &= 2.925 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

যেহেতু, $E_R > W$

সুতরাং, লাল আলো ব্যবহার করলে ফটোতড়িৎ প্রবাহ ঘটবে।

প্রশ্ন ▶ d. 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 বিক্ষিপ্ত হয়ে যায়। [গবেষণাগারের তালিকা থেকে জানা যায় যে, ইলেকট্রনের ভর = $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, আলোর বেগ = $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ এবং প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক = $6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$]

কৃ. বো. ২০১৪/

- ক. আলোক তড়িৎ ক্রিয়া কাকে বলে? ১
খ. বিভব পার্থক্যের S.I. একক $\text{kgm}^2\text{A}^{-1}\text{s}^{-3}$ ব্যাখ্যা কর। ২
গ. উদ্দীপকের আপতিত ফোটনের শক্তি কত? ৩
ঘ. উদ্দীপকের আলোকে বিক্ষেপণের পূর্বে ও পরে ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের তুলনামূলক বিশ্লেষণ কর। ৪

৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো ধাতব পৃষ্ঠের ওপর যথেষ্ট উচ্চ কম্পাঙ্কের আলোক রশ্মি বা অন্য কোনো তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ আপতিত হলে উক্ত ধাতু থেকে ইলেকট্রন নিঃসৃত হয়। এ ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বলে।

খ. আমরা জানি,

$$P_s = VI$$

$$\therefore V = \frac{P}{I} = \frac{\frac{W}{t}}{I} = \frac{W}{It} = \frac{F \times s}{It} = \frac{m \times a \times s}{It}$$

$$\therefore V \text{ এর একক} = \frac{\text{ভরের একক} \times \text{ত্বরণের একক} \times \text{সরণের একক}}{\text{তড়িৎ প্রবাহের একক} \times \text{সময়ের একক}}$$

$$= \frac{\text{kg} \times \text{ms}^{-2} \times \text{m}}{\text{A} \times \text{s}}$$

$$= \text{kgm}^2\text{A}^{-1}\text{s}^{-3}$$

গ. দেওয়া আছে, আপতিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 0.4 \times 10^{-10}\text{m}$
প্ল্যাংকের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34}\text{J.s}$
আলোর দ্রুতি, $c = 3 \times 10^8\text{ms}^{-1}$

বের করতে হবে, আপতিত ফোটনের শক্তি, $E = ?$

$$\text{আমরা জানি, } E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34}\text{J.s} \times 3 \times 10^8\text{ms}^{-1}}{0.4 \times 10^{-10}\text{m}}$$

$$= 4.9725 \times 10^{-15}\text{J (Ans.)}$$

ঘ. দেওয়া আছে,

আপতিত রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 0.4\text{\AA} = 0.4 \times 10^{-10}\text{m}$

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

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

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

বিক্ষেপণ কোণ, $\theta = 55^\circ$

আমরা জানি, বিক্ষেপিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

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

$$= 0.4 \times 10^{-10}\text{m} + \frac{6.63 \times 10^{-34}\text{J.s}}{9.1 \times 10^{-31}\text{kg} \times 3 \times 10^8\text{ms}^{-1}} (1 - \cos 55^\circ)$$

$$= 4.10356 \times 10^{-11}\text{m} > 0.4 \times 10^{-10}\text{m} (= \lambda)$$

সুতরাং গাণিতিক বিশ্লেষণে দেখা যাচ্ছে যে, বিক্ষেপণের পূর্বে ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, বিক্ষেপণের পরের তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা কম।

প্রশ্ন ১০. দুটি ইলেকট্রন যথাক্রমে $0.866c$ এবং $0.99c$ বেগে গতিশীল। ইলেকট্রনের নিশ্চল ভর $9.1 \times 10^{-31}\text{kg}$ । [চ. বো. ২০১৭]

- ক. কার্যাপেক্ষক কাকে বলে? ১
খ. একই বেগে গতিসম্পন্ন প্রোটন ও ইলেকট্রনের মধ্যে ইলেকট্রন ডি'ব্রগলী তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি কেন? ২
গ. প্রথম ইলেকট্রনের গতিশীল ভর নির্ণয় কর। ৩
ঘ. প্রথম ইলেকট্রনের আপেক্ষিকতার গতিশক্তি দ্বিতীয় ইলেকট্রনের চেয়ে কম— গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে প্রমাণ কর। ৪

১০নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোন ধাতুর পৃষ্ঠ থেকে একটি ইলেকট্রন মুক্ত করতে যে ন্যূনতম পরিমাণ শক্তি সরবরাহ করতে হয়, তাকে ঐ ধাতুর কার্যাপেক্ষক বলে।

খ. ডি-ব্রগলী মতবাদ অনুসারে পদার্থের m ভরের একটি ক্ষুদ্র কণার (ইলেকট্রন অথবা প্রোটন) তরঙ্গদৈর্ঘ্য হবে

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

এখানে, v = কণার বেগ

এই সমীকরণটি ডি-ব্রগলীয় সমীকরণ নামে পরিচিত। সমীকরণ থেকে দেখা যায়, একই বেগে গতিশীল কণার ভর বেশি হলে তরঙ্গদৈর্ঘ্য ছোট হবে। যেহেতু, প্রোটনের ভর ইলেকট্রনের ভর অপেক্ষা ইলেকট্রনের বেশি সেহেতু একই বেগে গতিসম্পন্ন প্রোটন অপেক্ষা ইলেকট্রনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি হবে।

গ. দেওয়া আছে,

১ম ইলেকট্রনের বেগ, $v = 0.866c$

১ম ইলেকট্রনের নিশ্চল ভর, $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}\text{kg}$

আপেক্ষিকতার শর্ত অনুসারে,

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

$$= \frac{9.1 \times 10^{-31}}{\sqrt{1 - (0.866)^2}}$$

$$= \frac{9.1 \times 10^{-31}}{0.5}$$

$$= 1.82 \times 10^{-30}\text{kg (Ans.)}$$

ঘ. 'গ' অংশ হতে পাই,

১ম ইলেকট্রনের গতিশীল ভর, $m = 1.82 \times 10^{-30}\text{kg}$

উদ্দীপক হতে পাই,

২য় ইলেকট্রনের বেগ, $v_1 = 0.99c$

২য় ইলেকট্রনের নিশ্চল ভর, $m_0 = 9.1 \times 10^{-31}\text{kg}$

$$\text{২য় ইলেকট্রনের গতিশীল ভর, } m' = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}}$$

$$= \frac{9.1 \times 10^{-31}}{\sqrt{1 - (0.99)^2}}$$

$$= \frac{9.1 \times 10^{-31}}{0.141}$$

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

১ম ইলেকট্রনের গতিশক্তি, k_1 এবং ২য় ইলেকট্রনের

গতিশক্তি, k_2 এর অনুপাত,

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{(m - m_0)c^2}{(m' - m_0)c^2}$$

$$\text{বা, } \frac{k_1}{k_2} = \frac{(1.82 \times 10^{-30} - 9.1 \times 10^{-31})}{(6.45 \times 10^{-30} - 9.1 \times 10^{-31})}$$

বা, $k_2 = 6.1 \times k_1$

অতএব, ১ম ইলেকট্রনের আপেক্ষিকতার গতিশক্তি ২য় ইলেকট্রনের চেয়ে কম।

প্রশ্ন ১১. আকমলের ভর 55kg এবং বয়স 40 বছর। সে $2.4 \times 10^8\text{ms}^{-1}$ বেগে গতিশীল মহাশূন্যযানে চড়ে ছায়াপথ অনুসন্ধানে গেল। তার যমজ ভাই তাজমলের বয়স যখন 80 বছর হলো তখন সে পৃথিবীতে ফিরে এলো। [চ. বো. ২০১৭]

- ক. জেনার ভোল্টেজ কাকে বলে? ১
খ. অবতল লেন্সে গঠিত প্রতিবিম্ব পর্দায় উৎপন্ন হয় কি-না? ব্যাখ্যা কর। ২
গ. মহাশূন্যযানে আকমলের ভর নির্ণয় কর। ৩
ঘ. উদ্দীপকে দু'ভাইয়ের বর্তমান বয়স সমান থাকবে কিনা — গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

১১ নং প্রশ্নের উত্তর

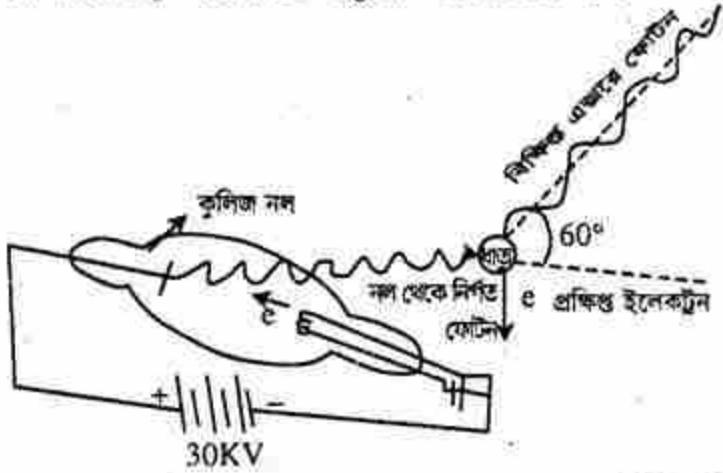
ক. p-n জংশনে বিমুখী ঝোঁকে ভোল্টেজ বাড়তে থাকলে শেষে এক সময় হঠাৎ করে বিপুল পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায়। যেন মনে হয় p-n জংশনের বিভব বাধা একেবারে বিলুপ্ত হয়ে গেছে। বিমুখী ঝোঁকের ক্ষেত্রে যে ভোল্টেজের জন্য এরূপ ঘটে তাকে জেনার ভোল্টেজ বা জেনার বিভব (Zener Voltage) বলে।

খ. অবতল লেন্সের সামনে একটি লক্ষ্যবস্তু রাখলে লেন্সের সামনে একটি প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। এই গঠিত প্রতিবিম্ব অবাস্তব, সোজা এবং আকারে লক্ষ্যবস্তুর চেয়ে ছোট হয় এবং এই প্রতিবিম্বকে চোখে দেখা যায়, কিন্তু পর্দায় ফেলা যায় না।

গ. ১০(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: ৭১.৬৭ বছর।

ঘ. ৩(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ১২ নিম্নে একটি ব্যবস্থা দেখানো হল যেখানে কুলিজ নল থেকে উৎপন্ন X রশ্মি ধাতুর পাশ দিয়ে যাওয়ার সময় 60° কোণে বিক্ষিপ্ত হচ্ছে। এখানে $m_0 = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J-s}$



- পারমাণবিক ভর একক বলতে কী বুঝ?
- L_0 দৈর্ঘ্যের কোনো বস্তুকে আলোর বেগে মহাশূন্যে পাঠালে এর দৈর্ঘ্যের কিরূপ পরিবর্তন হবে?
- কুলিজ নল থেকে নির্গত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।
- বিক্ষিপ্ত ফোটন ও প্রক্ষিপ্ত ইলেকট্রনের ভরবেগের তুলনা কর।

১২নং প্রশ্নের উত্তর

ক. $^{12}_6\text{C}$ এর একটি পরমাণুর ভরের $\frac{1}{2}$ অংশকে পারমাণবিক ভর একক (a.m.u) বলা হয়।

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

খ. আমরা জানি, আপেক্ষিক দৈর্ঘ্য, $L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

এখানে, L_0 = বস্তুর নিশ্চল দৈর্ঘ্য

v = বস্তুর বেগ

c = আলোর বেগ

তখন বস্তুটি আলোর বেগে চললে, $v = c$

$$\begin{aligned} \text{সেক্ষেত্রে, } L &= L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \\ &= L_0 \sqrt{1 - 1} \\ &= 0 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

সুতরাং L_0 দৈর্ঘ্যের কোনো বস্তুকে আলোর বেগে মহাশূন্যে পাঠালে এর আপেক্ষিক দৈর্ঘ্য শূন্য হয়ে যাবে।

গ. দেওয়া আছে,

বিভব পার্থক্য, $V = 30 \text{ kV} = 30 \times 10^3 \text{ V}$

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

জানা আছে,

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

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

বের করতে হবে, ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

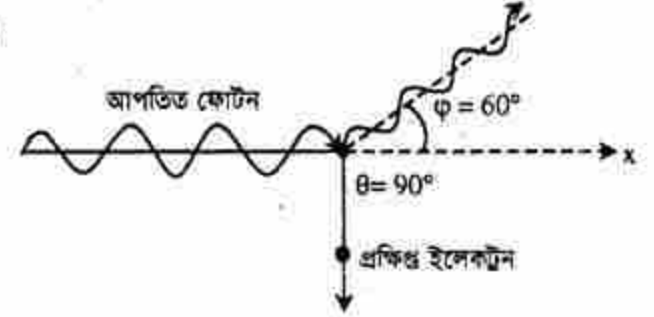
আমরা জানি,

$$eV = \frac{hc}{\lambda}$$

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

$$\begin{aligned} &= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.6 \times 10^{-19} \times 30 \times 10^3} \\ &= 0.414 \text{ \AA (Ans.)} \end{aligned}$$

ঘ. চিত্রানুসারে



'গ' অংশ হতে পাই আপতিত ফোটনের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 0.414 \text{ \AA}$
 $= 0.414 \times 10^{-10} \text{ m}$

\therefore আপতিত ফোটনের কম্পাঙ্ক, $f = \frac{c}{\lambda} = 7.25 \times 10^{18} \text{ Hz}$

উদ্দীপক অনুসারে,

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

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

বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ' হলে,

$$\begin{aligned} \lambda' &= \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \phi) + \lambda \\ &= \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8} (1 - \cos 60^\circ) + 0.414 \times 10^{-10} \\ &= 4.26 \times 10^{-11} \text{ m} \end{aligned}$$

অনুভূমিক ও উল্লম্ব বরাবর ভরবেগের সংরক্ষণশীলতা নীতি প্রয়োগ করে পাই,

$$\begin{aligned} P_\lambda &= P_{\lambda'} \cos \phi + P_e \cos \theta \\ \text{বা, } P_e \cos \theta &= P_\lambda - P_{\lambda'} \cos \phi \dots (i) \end{aligned}$$

আবার,

$$P_{\lambda'} \sin \phi - P_e \sin \theta = 0$$

$$\therefore P_e \sin \theta = P_{\lambda'} \sin \phi$$

(i) ও (ii) নং কে বর্গ করে যোগ করে পাই,

$$\begin{aligned} P_e^2 &= P_\lambda^2 + P_{\lambda'}^2 - 2P_\lambda P_{\lambda'} \cos \phi \\ \text{বা, } \left(\frac{P_e}{P_\lambda}\right)^2 &= \left(\frac{P_\lambda}{P_\lambda}\right)^2 - 2\left(\frac{P_{\lambda'}}{P_\lambda}\right) \cos \phi + 1 \end{aligned}$$

$$\text{বা, } \frac{P_{\lambda'}}{P_e} = \frac{1}{\left\{\left(\frac{P_\lambda}{P_\lambda}\right)^2 - 2\left(\frac{\lambda}{\lambda'}\right) \cos \phi + 1\right\}^{\frac{1}{2}}}$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } \frac{P_{\lambda'}}{P_e} &= \frac{1}{\left\{\left(\frac{\lambda}{\lambda'}\right)^2 - 2\left(\frac{\lambda}{\lambda'}\right) \cos \phi + 1\right\}^{\frac{1}{2}}} \\ &= \frac{1}{\left\{\left(\frac{4.26}{4.14}\right)^2 - 2\left(\frac{4.26}{4.14}\right) \cos 60^\circ + 1\right\}^{\frac{1}{2}}} \end{aligned}$$

$$\therefore \frac{P_{\lambda'}}{P_e} = 0.985$$

অর্থাৎ বিক্ষিপ্ত ফোটনের ভরবেগ প্রক্ষিপ্ত ইলেকট্রনের ভরবেগের ০.৯৮৫ গুণ।

আবার,

$$\begin{aligned}\tan\theta &= \frac{P_{\lambda'} \sin\phi}{P_{\lambda} - P_{\lambda'} \cos\phi} \\ &= \frac{\frac{h}{\lambda'} \sin\phi}{\frac{h}{\lambda} - \frac{h}{\lambda'} \cos\phi} \\ &= \frac{\sin\phi}{\frac{\lambda'}{\lambda} - \cos\phi} \\ &= \frac{\sin 60^\circ}{\frac{4.26}{4.14} - \cos 60^\circ} \\ &= 1.637\end{aligned}$$

$$\therefore \theta = 58.58^\circ$$

অতএব, ইলেকট্রন 90° কোণে নয় বরং 58.58° কোণে প্রক্ষিপ্ত হবে এবং বিক্ষিপ্ত কোণের ভরবেগ প্রক্ষিপ্ত ইলেকট্রনের ভরবেগের 0.985 গুণ।

প্রশ্ন ১৩ হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রথম কক্ষের ব্যাসার্ধ ও শক্তি যথাক্রমে 0.53\AA এবং -13.6eV । $2.46 \times 10^{15}\text{ Hz}$ কম্পাঙ্কের ফোটন দ্বারা উত্তপ্ত পরমাণুর প্রথম কক্ষের ইলেকট্রনকে আঘাত করা হল। প্রাচীরের ধ্রুবক $h = 6.63 \times 10^{-34}\text{ Js}$ ।

- অর্ধায়ু কাকে বলে? ১
- X-ray চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হয় না— ব্যাখ্যা কর। ২
- উদ্দীপকের পরমাণুর তৃতীয় কক্ষপথের ব্যাসার্ধ নির্ণয় কর। ৩
- আঘাতপ্রাপ্ত ইলেকট্রনটির কী পরিণতি হয়েছিল গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও। ৪

১৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তেজস্ক্রিয় নমুনায় পরমাণু সংখ্যা যে সময়ে ভেঙ্গে অর্ধেক পরিণত হয় সে সময়কে ঐ তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু বলে।

খ X-ray কোন আহিত কণা নয়। এটি একটি তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ। যেহেতু X-ray এর ভিতর কোন চার্জ নেই তাই X-ray চৌম্বক ক্ষেত্র ও তড়িৎক্ষেত্র দ্বারা বিচ্যুত হয় না।

গ এখানে,

$$1\text{ম কক্ষের ব্যাসার্ধ}, r_1 = 0.53\text{\AA}$$

$$\text{কক্ষপথ}, n = 3.$$

$$n\text{তম কক্ষপথের ব্যাসার্ধ}, r_n = ?$$

আমরা জানি,

$$\begin{aligned}r_n &= n^2 \cdot r_1 \\ &= 3^2 \times 0.53\text{\AA} \\ &= 4.77\text{\AA}\end{aligned}$$

অর্থাৎ ৩য় কক্ষপথের ব্যাসার্ধ $= 4.77\text{\AA}$ (Ans.)

ঘ আপতিত ফোটনের শক্তি,

$$\begin{aligned}E &= hf \\ &= 6.63 \times 10^{-34}\text{ Js} \times 2.46 \times 10^{15}\text{ Hz} \\ &= 1.631 \times 10^{-18}\text{ J} = 10.2\text{ eV}\end{aligned}$$

হাইড্রোজেনের প্রথম কক্ষপথে ইলেকট্রনের শক্তি, $E_1 = -13.6\text{ eV}$

$$\begin{aligned}\therefore \text{দ্বিতীয় কক্ষপথে ইলেকট্রনের শক্তি}, E_2 &= \frac{-13.6}{2^2}\text{ eV} \\ &= -3.4\text{ eV}\end{aligned}$$

সুতরাং প্রথম কক্ষপথ থেকে ২য় কক্ষপথে ইলেকট্রন যেতে প্রয়োজনীয় শক্তি,

$$\begin{aligned}E &= E_2 - E_1 \\ &= -3.4\text{ eV} - (-13.6\text{ eV}) \\ &= 10.2\text{ eV}\end{aligned}$$

\therefore আপতিত ফোটনের শক্তি = ইলেকট্রনটি প্রথম কক্ষপথ থেকে দ্বিতীয় কক্ষপথে যেতে প্রয়োজনীয় শক্তি

সুতরাং ইলেকট্রনটি দ্বিতীয় কক্ষপথে গমন করবে।

প্রশ্ন ১৪ পদার্থবিজ্ঞান পরীক্ষাগারে হাসান সাহেব 1m দৈর্ঘ্যের ধাতব বস্তুর ঘনত্ব নির্ণয় করলেন $19.3 \times 10^3\text{ kgm}^{-3}$ । অন্যদিকে পাবনী বস্তুটির দৈর্ঘ্য বরাবর $0.9c$ বেগে গতিশীল কাঠামো হতে বস্তুটির ঘনত্ব নির্ণয় করলেন।

[সি. বো. ২০১৬/]

- বন্ধন শক্তি কাকে বলে? ১
- সূর্য কক্ষগহ্বরে পরিণত হলে পৃথিবী কি সূর্যের চারিদিকে ঘুরবে? ব্যাখ্যা কর। ২
- গতিশীল কাঠামোতে ধাতব বস্তুটির দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩
- হাসান সাহেব ও পাবনী ধাতব বস্তুটির ঘনত্ব একই পাবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

১৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রোটন ও নিউট্রনগুলোকে নিউক্লিয়াসে একত্রে বেধে রাখতে যে শক্তির প্রয়োজন তাকে নিউক্লিয়াসের বন্ধন শক্তি বলে।

খ সূর্য কক্ষ বিবরে পরিণত হলে এর আকার অত্যন্ত ছোট হবে কিন্তু ভরের কোনরূপ পরিবর্তন হবে না এবং সূর্যের ভরকেন্দ্র থেকে পৃথিবীর দূরত্বের কোনো পরিবর্তন হবে না। এতে সূর্য ও পৃথিবীর আকর্ষণ বলের ও কোনো পরিবর্তন হবে না। ফলে পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘুরতে থাকবে।

গ ৩(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 0.44 M

ঘ এখানে, বেগ, $v = 0.9c$

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

$$\text{গতিশীল দৈর্ঘ্য}, L = 0.435\text{m [গ থেকে]}$$

$$\text{স্থিতিশীল অবস্থার ঘনত্ব}, \rho_0 = 19.3 \times 10^3\text{ kgm}^{-3}$$

$$\text{গতিশীল অবস্থায় ঘনত্ব}, \rho = ?$$

যেহেতু দণ্ডটিকে পাবনী দৈর্ঘ্য বরাবর গতিশীল করেন অতএব দৈর্ঘ্য বরাবরই শুধু সংকোচন হবে।

ধরি, দণ্ডের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $= A$

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

$$\text{কিন্তু } m = \rho V$$

$$\text{বা, } \rho = \frac{m}{V}$$

$$\text{বা, } \rho = \frac{m}{AL}$$

$$\text{বা, } \rho = \frac{\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}}{AL_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\text{বা, } \rho = \frac{\frac{m_0}{AL_0}}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

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

$$\text{বা, } \rho = \frac{19.3 \times 10^3}{1 - (0.9)^2}$$

$$\therefore \rho = 10.15 \times 10^4\text{ kgm}^{-3}$$

অর্থাৎ $\rho > \rho_0$, সুতরাং পাবনীর বস্তুটির ঘনত্ব হাসান অপেক্ষা বেশি পাবে।

প্রশ্ন ১৫ একটি ধাতুর উপর 2500\AA এবং 3500\AA তরঙ্গ দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট দুটি তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গ আলাদাভাবে ফেলা হলো। ফলে দুটি ক্ষেত্রেই ধাতবপৃষ্ঠ হতে ইলেকট্রন নির্গত হলো। ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক $5.5 \times 10^{14}\text{ Hz}$ ।

[সি. বো. ২০১৪/]

- ক. আলোক তড়িৎ ক্রিয়া কাকে বলে? ১
 খ. কোনো গতিশীল কণার বেগের সাথে তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সম্পর্ক কিরূপ? ২
 গ. ধাতুটির কার্য অপেক্ষক নির্ণয় কর। ৩
 ঘ. উদ্দীপকে আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের জন্য উভয়ক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভবের তুলনামূলক গাণিতিক বিশ্লেষণ কর। ৪

১৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো ধাতব পৃষ্ঠের ওপর যথেষ্ট উচ্চ কম্পাঙ্কের আলোকরশ্মি বা অন্য কোনো তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ আপতিত হলে উক্ত ধাতু থেকে ইলেকট্রন নিঃসৃত হওয়ার ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বলে।

খ. কোনো গতিশীল কণার বেগের (v) সাথে এর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সম্পর্ক নিম্নোক্ত সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা যায় :

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

অর্থাৎ বেগ যত বেশি হবে, তরঙ্গদৈর্ঘ্য তত ক্ষুদ্র হবে।
 ওপরোক্ত সমীকরণটিকে ডি-ব্রগলী সমীকরণ বলে।

গ. দেওয়া আছে,

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

$$\text{জানা আছে, প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক, } h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

বের করতে হবে, কার্যপেক্ষক, $W_0 = ?$

আমরা জানি, $W_0 = hf_0$

$$= 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 5.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

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

$$= \frac{3.6465 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV} = 2.28 \text{ eV (Ans.)}$$

ঘ. প্রথম ক্ষেত্র নিবৃত্তি বিভব V_{S1} হলে,

$$eV_{S1} = K_{\max} = hf_1 - hf_0 = h\frac{c}{\lambda_1} - hf_0$$

λ_1 হলো প্রথম ক্ষেত্রে তরঙ্গদৈর্ঘ্য।

$$\therefore V_{S1} = \frac{h\frac{c}{\lambda_1} - hf_0}{e}$$

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

$$= 2.69 \text{ Volt}$$

$$V_{S2} = \frac{h\frac{c}{\lambda_2} - hf_0}{e}$$

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

$$= 1.273 \text{ volt}$$

সুতরাং যে ক্ষেত্রে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য ক্ষুদ্রতর মানের হবে সেক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভব বেশি মানের হবে।

প্রশ্ন ১৬ 50 বছর বয়সে একজন মহাশূন্যচারী মহাশূন্যযানে চড়ে মহাকাশ অভিযানে গেলেন এবং 30 বছর পর পৃথিবীতে ফিরে এলেন।

মহাশূন্যযানের ভর = 720kg মহাশূন্যযানের বেগ = $3.72 \times 10^5 \text{ ms}^{-1}$,
 আলোর গতি = $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$. /ঘ. বো. ২০১৭/

ক. নিউক্লিয়ন কী? ১

খ. কোনো বস্তু আলোর সমান বেগে চলতে পারে না—ব্যাখ্যা কর। ২

গ. পৃথিবীতে মহাশূন্যচারীর বয়স নির্ণয় কর। ৩

ঘ. মহাশূন্যযানের মূল ভরের পরিবর্তন কীরূপ হবে? গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

১৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে সকল কণার সমন্বয়ে (মূলত প্রোটন ও নিউট্রন) পরমাণুর নিউক্লিয়াস গঠিত, তাদেরকে নিউক্লিয়ন বলে।

খ. ভরের আপেক্ষিকতা হতে আমরা জানি যে, m_0 স্থির ভরের কোন বস্তু v বেগে চললে তার গতিশীল ভর m হবে।

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

v = c হলে, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - 1}} = \infty$, অর্থাৎ বস্তুটিকে c বেগে গতিশীল করতে

সরবরাহকৃত শক্তির পরিমাণ = $(m - m_0) c^2 = \infty$ যা অসম্ভব। তাই কোন বস্তু আলোর বেগে চলতে পারে না।

গ. দেওয়া আছে,

ভূপৃষ্ঠ থেকে নির্গত সময় ব্যবধান, $t = 30y$

মহাশূন্যযানের বেগ, $v = 3.72 \times 10^5 \text{ ms}^{-1}$

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

মহাশূন্যযানে মহাশূন্যচারীর বয়স, $t_0 = ?$

আমরা জানি,

$$t_0 = t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \\ = 30 \sqrt{1 - \left(\frac{3.72 \times 10^5}{3 \times 10^8}\right)^2} \\ = 29.99y$$

অর্থাৎ পৃথিবীতে মহাশূন্যচারীর বয়স = $t_0 + 50$

$$= 29.99 + 50$$

$$= 79.99y \text{ (Ans.)}$$

ঘ. উদ্দীপক হতে পাই,

মহাশূন্যযানের নিশ্চল ভর, $m_0 = 720 \text{ kg}$

মহাশূন্যযানের বেগ, $v = 3.72 \times 10^5 \text{ ms}^{-1}$

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

গতিশীল ভর, m হলে,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ = \frac{720}{\sqrt{1 - \left(\frac{3.72 \times 10^5}{3 \times 10^8}\right)^2}} \\ = 720.00055 \text{ kg}$$

অর্থাৎ গতিশীল অবস্থায় মহাশূন্যযানের মূল ভর বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন ১৭ কোনো ধাতব পাত হতে ইলেকট্রন নিঃসরণের জন্য এর উপর 2500Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ফেলা হল। ধাতুটির কার্যপেক্ষক 2.3 eV। প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J-s}$ /ঘ. বো. ২০১৬/

ক. ডোপিং কাকে বলে? ১

খ. পরমাণুর নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন থাকতে পারে না কেন? ব্যাখ্যা কর। ২

গ. উদ্দীপকে নিঃসৃত ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ কত হবে? বের কর। ৩

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

১৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. পরিবাহীতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে অর্ধপরিবাহীতে সামান্য পরিমাণ সুবিধাজনক নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থ ভেজাল দেয়া হয়। ভেজাল পদার্থের বাষ্প উত্তপ্ত অবস্থায় বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীর মধ্য দিয়ে চালনা করে ভেজাল দেয়ার পদ্ধতিকে ডোপিং বলা হয়।

খ হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতির সূত্র $(\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{2\pi})$ ব্যবহার করে নির্দিষ্ট গাণিতিক বিশ্লেষণে পাওয়া যায় যে, ইলেকট্রনের নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে থাকতে হলে একে 37.6 MeV শক্তির অধিকারী হতে হবে। কিন্তু পরীক্ষালব্ধ ফলাফল থেকে দেখা যায় যে, ইলেকট্রনের শক্তি 4 MeV এর অধিক হয় না। সুতরাং নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে ইলেকট্রন থাকতে পারে না।

গ এখনে,

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

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

$$\text{আলোর দ্রুতি, } c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \\ \text{প্ল্যাঙ্ক ধ্রুবক, } h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \\ \text{ফটোইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ, } v_{\max} = ? \\ \text{ইলেকট্রনের ভর, } m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } hf = \frac{1}{2} m(v_{\max})^2 + \phi$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} m(v_{\max})^2 = hf - \phi$$

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

$$\text{বা, } \frac{1}{2} m(v_{\max})^2 = \frac{(6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}) \times (3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1})}{(2500 \times 10^{-10} \text{ m})} - (3.68 \times 10^{-19} \text{ J})$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} m(v_{\max})^2 = 4.28 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{বা, } v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \times (4.28 \times 10^{-19} \text{ J})}{m}} \\ = \sqrt{\frac{2 \times 4.28 \times 10^{-19} \text{ J}}{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}}} \\ = 9.7 \times 10^5 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে,

$$\text{কার্যপেক্ষা, } \phi_0 = 2.3 \text{ eV}$$

$$\text{আপতিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 5897 \text{ Å}$$

\therefore সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ_0 হলে,

$$\frac{hc}{\lambda_0} = \phi_0$$

$$\text{বা, } \lambda_0 = \frac{hc}{\phi_0} \\ = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2.3 \times 1.6 \times 10^{-19}} \text{ m} \\ = 5.40168 \times 10^{-7} \text{ m} \\ = 5401.68 \text{ Å}$$

$\lambda > \lambda_0$, অর্থাৎ এক্ষেত্রে কোন ফটো ইলেকট্রন নির্গত হবে না।

প্রশ্ন ১৮ 0.2500nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের এক্স-রশ্মি কোনো লক্ষ্যবস্তুতে আঘাত হেনে 60° কোণে বিক্ষিপ্ত হল। যেখানে ইলেকট্রনের নিশ্চল ভর $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ এবং প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক $6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$ । /ব. বো. ২০১৫/

ক. অর্ধায়ু কাকে বলে? ১

খ. নিউক্লীয় ফিউশন ব্যাখ্যা কর। ২

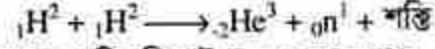
গ. বিক্ষিপ্ত এক্স-রশ্মিটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩

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

১৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু সংখ্যা যে সময়ে অর্ধেক পরিণত হয় সে সময়কে ঐ তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু বলে।

খ একাধিক হালকা পরমাণুর নিউক্লিয়াসের সংযুক্তির ফলে একটি অপেক্ষাকৃত ভারী নিউক্লিয়াস গঠিত হয় এবং প্রচুর পরিমাণে নিউক্লীয় শক্তি উৎপন্ন হয়। নিউক্লিয়াসের এই সংযোগকে নিউক্লীয় ফিউশন বলা হয়। যেমন,



এক্ষেত্রে দুটি ডিউটেরনের সংযোগের ফলে একটি হিলিয়াম ${}_2\text{He}^3$ নিউক্লিয়াস উৎপন্ন হয়। নিউক্লীয় ফিউশনের ক্ষেত্রে উৎপন্ন নিউট্রন ও নিউক্লিয়াসটির মোট ভর বিক্রিয়ক নিউক্লিয়াসগুলোর মোট ভর অপেক্ষা কিছু কম হয়। এই হ্রাসকৃত ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

গ ধরি, বিক্ষিপ্ত এক্স রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য $= \lambda'$
উদ্দীপক হতে পাই,

$$\text{বিক্ষেপ কোণ, } \phi = 60^\circ$$

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

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

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

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

$$\text{আমরা জানি, } \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \phi) \\ = 0.2500 \times 10^{-9} \text{ m} + \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.1 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8} (1 - \cos 60^\circ) \\ = 0.2500 \times 10^{-9} \text{ m} + 0.001214 \times 10^{-9} \text{ m} \\ = 0.2500 \text{ nm} + 0.001214 \text{ nm} \\ = 0.251214 \text{ nm}$$

অতএব, বিক্ষিপ্ত এক্স রশ্মিটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য 0.25124nm। (Ans.)

ঘ এখনে,

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

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

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

$$\text{বিক্ষিপ্ত এক্স রশ্মির তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, } \lambda' = 0.251214 \text{ nm} \\ = 0.251214 \times 10^{-9} \text{ m} \\ \text{[‘গ’ নং থেকে প্রাপ্ত]}$$

$$\text{আপতিত এক্স রশ্মির শক্তি, } E_1 = \frac{hc}{\lambda} \\ = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0.2500 \times 10^{-9}} \\ = 79.176 \times 10^{-17} \text{ J} \\ \Delta E = E_1 - E_2 \\ = 0.384 \times 10^{-17} \text{ J (যা অতি সামান্য)}$$

\therefore উক্তিটির তথ্য সঠিক।

প্রশ্ন ১৯ কোনো ধাতুর উপর 2500Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অতিবেগুণী রশ্মি ফেলা হল। ধাতুর কার্য অপেক্ষক 2.3eV। /ব. বো. ২০১৭/

ক. লেজ এর সূত্রটি লিখ। ১

খ. সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা বেশি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হলে ইলেকট্রন নির্গত হয় না কেন? ২

গ. নিঃসৃত ফটো ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগ কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের তথ্য হতে আপতিত ফোটনের কম্পাঙ্ক বনাম গতিশক্তির লেখচিত্র অংকনপূর্বক লেখটি কম্পাঙ্ক অক্ষকে ছেদ করার কারণ ব্যাখ্যা কর। ৪

ক. কুণ্ডলীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল বা তড়িৎ প্রবাহের দিক এমন হবে যেন তা যে কারণে সৃষ্টি হয়েছে সে কারণকেই বাধা দেয়।

খ. আমরা জানি কোনো ধাতু থেকে ইলেকট্রন মুক্ত করতে ন্যূনতম একটি শক্তির প্রয়োজন। এ ন্যূনতম শক্তিকে উক্ত ধাতুর কার্যাপেক্ষক বলে। কোয়ান্টাম তত্ত্ব থেকে আমরা জানি, কম্পাঙ্কের একটি ফোটনের শক্তি $E = hf$ । এখন আপতিত ফোটনের শক্তি কমপক্ষে কার্যাপেক্ষকের সমান হলে ইলেকট্রন নির্গত হবে। এরূপ ফোটনের কম্পাঙ্ক হচ্ছে সূচন কম্পাঙ্ক এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্য হচ্ছে সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য। এখন যদি এর থেকে কম কম্পাঙ্কের ফোটন আপতিত হয় তবে ফোটনের শক্তি কম হবে ফলে ইলেকট্রন নির্গত হবে না। কম্পাঙ্ক কম হওয়ার অর্থ হচ্ছে তরঙ্গদৈর্ঘ্য বড় হওয়া। তাই সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা বড় তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হলে ইলেকট্রন নির্গত হয় না।

গ. দেওয়া আছে, ধাতুর কার্যাপেক্ষক, $W_0 = 2.3 \text{ eV} = 3.68 \times 10^{-19} \text{ J}$
 আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 2500 \text{ \AA} = 2500 \times 10^{-10} \text{ m}$
 সুতরাং আপতিত আলোর কম্পাঙ্ক, $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}}{2500 \times 10^{-10} \text{ m}} = 1.2 \times 10^{15} \text{ Hz}$

ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$
 ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ, $v_{\text{max}} = ?$
 আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \text{বা, } K_{\text{max}} &= hf - W_0 \\ &= 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 1.2 \times 10^{15} \text{ Hz} - 3.68 \times 10^{-19} \text{ J} \\ &= 7.956 \times 10^{-19} \text{ J} - 3.68 \times 10^{-19} \text{ J} \\ &= 4.276 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

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

$$\text{বা, } v_{\text{max}}^2 = \frac{2 \times 4.276 \times 10^{-19} \text{ J}}{9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}} = 93978021978 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

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

ঘ. উদ্দীপকের তথ্যানুসারে,

$$\text{ধাতুর কার্যাপেক্ষক, } W_0 = 2.3 \text{ eV} = 3.68 \times 10^{-19} \text{ J}$$

\therefore সূচন কম্পাঙ্ক f_0 হলে, $hf_0 = W_0$

$$\begin{aligned} \therefore f_0 &= \frac{W_0}{h} = \frac{2.3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}} \text{ Hz} \\ &= 5.55 \times 10^{14} \text{ Hz} \end{aligned}$$

'গ' হতে পাই, আপতিত ফোটনের কম্পাঙ্ক, $f = 1.2 \times 10^{15} \text{ Hz}$
 এবং ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি,

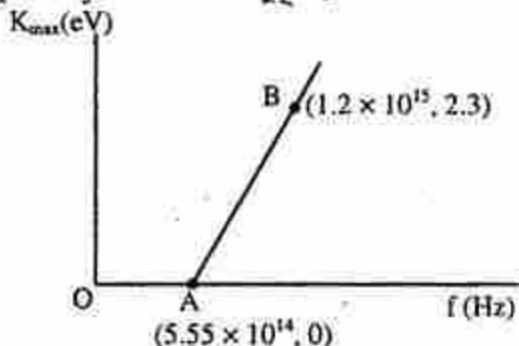
$$K_{\text{max}} = 4.276 \times 10^{-19} \text{ J} = 2.67 \text{ eV}$$

$f = f_0$ এর জন্য,

$$K_{\text{max}} = h(f_0 - f_0) = 0$$

অতএব, K_{max} বনাম f লেখটি $(5.55 \times 10^{14}, 0)$ এবং $(1.2 \times 10^{15}, 2.67)$ বিন্দু দিয়ে গমন করে।

সুতরাং K_{max} বনাম f লেখটি হবে নিরূপ :



আলোক তড়িৎ ক্রিয়ায় ধাতুর সূচন কম্পাঙ্কের সমান কম্পাঙ্কের জন্য ধাতু থেকে ইলেকট্রন কেবল মুক্ত হয় কিন্তু কোনো গতিশক্তি লাভ করে না। তাই গতিশক্তি বনাম কম্পাঙ্ক লেখে কম্পাঙ্ক অক্ষ থেকে সূচন কম্পাঙ্ক নির্দেশকারী অংশ ছেদ করে।

প্রশ্ন ২০ ফটো-তড়িৎ প্রক্রিয়া পর্যবেক্ষণের জন্য মিথিলা পটাশিয়াম ধাতুর উপর উপযুক্ত কম্পাঙ্কের একটি আলো আপতিত করল। পটাশিয়াম পৃষ্ঠ হতে যে ইলেকট্রন নির্গত হল তার গতিশক্তি 1.4 eV । পটাশিয়ামের কার্যাপেক্ষক হল 2.0 eV । নাবিলা 10 KV বিভব পার্থক্য একটি ইলেকট্রনকে গতিশীল করল।

/ব. বো. ২০১৬/

ক. কৃষ্ণ গহ্বর কী?

১

খ. ঘূর্ণনশীল কাঠামো জড় প্রসঙ্গ কাঠামো নয়—ব্যাখ্যা কর।

২

গ. উদ্দীপকের পটাশিয়ামের উপর আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত ছিল?

৩

ঘ. উদ্দীপকের উভয় ইলেকট্রনের গতিবেগ একই ছিল কী?—গাণিতিক বিশ্লেষণসহ তোমার মতামত দাও।

৪

২০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. তিন সৌর ভরের সমান বা বেশি ভরের নক্ষত্রের সুপার নোভা বিস্ফোরণের পর এর অন্তর্ভুক্ত অনির্দিষ্টভাবে সংকুচিত হতে থাকে। সংকোচনের কারণে আয়তন প্রায় শূন্য এবং ঘনত্ব অসীম হওয়ায় মহাকর্ষ ক্ষেত্র এমন প্রবল হয় যে, এ জাতীয় বস্তু থেকে এর মহাকর্ষকে কাটিয়ে কোন প্রকার আলো এমনকি সংকেতও বেরিয়ে আসতে পারে না। তাই বস্তুটিকে আর দেখা যায় না। নক্ষত্রের এই অবস্থাকে বলা হয় কৃষ্ণ গহ্বর।

খ. পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুববেগে গতিশীল যে সকল প্রসঙ্গে কাঠামোতে নিউটনের গতিসূত্র অর্জন করা যায় তাদেরকে জড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে। ঘূর্ণনশীল বস্তুর বেগ প্রতিনিয়ত বৃদ্ধি পায় বলে এটি ধ্রুববেগে গতিশীল নয় অর্থাৎ ঘূর্ণনশীল বস্তুর ত্বরণ থাকে। আমরা জানি যে সকল প্রসঙ্গ কাঠামোর ত্বরণ থাকে তাদেরকে অজড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে। এ কারণে ঘূর্ণনশীল কাঠামো জড় প্রসঙ্গ কাঠামো নয়। বরং এটি অজড় প্রসঙ্গ কাঠামো।

গ. উদ্দীপক হতে পাই,

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

$$\text{বা, } K_{\text{max}} = 1.4 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{কার্যাপেক্ষক, } \phi = 2.0 \text{ eV}$$

$$= 2.0 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

জানা আছে, প্লাংকের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

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

$$\text{আপতিত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, } \lambda = ?$$

আমরা জানি, $E = K_{\text{max}} + \phi$

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

$$\text{বা, } \frac{hc}{\lambda} = 1.4 \times 1.6 \times 10^{-19} + 2.0 \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$\text{বা, } \frac{hc}{\lambda} = 5.44 \times 10^{-19}$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{hc}{5.44 \times 10^{-19}}$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{5.44 \times 10^{-19}}$$

$$\therefore \lambda = 3.656 \times 10^{-7} \text{ m (Ans.)}$$

ঘ. উদ্দীপক হতে পাই,

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

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

$$\text{নাবিলার ইলেকট্রনের বিভব পার্থক্য, } V_0 = 10 \text{ KV}$$

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

$$\text{ধরি, মিথিলার ইলেকট্রনের গতিবেগ} = v_m \text{ এবং}$$

$$\text{নাবিলার ইলেকট্রনের গতিবেগ} = v_n$$

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

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

মিথিলার ইলেকট্রনের গতিশক্তি,

$$K_{\max} = \frac{1}{2} m v_m^2$$

$$\begin{aligned} \text{বা, } v_m &= \sqrt{\frac{2 K_{\max}}{m}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 1.4 \times 1.6 \times 10^{-19}}{9.1 \times 10^{-31}}} \\ &= 701.64 \times 10^3 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

আবার, নাবিলার ইলেকট্রনের গতিশক্তি,

$$K_{\max} = e V_0$$

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

$$\begin{aligned} \text{বা, } v_n &= \sqrt{\frac{2 e V_0}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 10 \times 10^3}{9.1 \times 10^{-31}}} \\ &= 59.3 \times 10^6 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

অতএব, উদ্দীপকের উভয় ইলেকট্রনের গতিবেগ একই ছিল না। নাবিলার ইলেকট্রনের গতিবেগ মিথিলার ইলেকট্রনের গতিবেগ অপেক্ষা বেশি ছিল।

প্রশ্ন ২১ 20 kg ভরের ও 10m দৈর্ঘ্যের কোনো একটি বস্তু স্থিরাবস্থা থেকে 0.5c বেগে চলা আরম্ভ করলো।

- কাল দীর্ঘায়ন কী? ১
- ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়, ব্যাখ্যা কর। ২
- বস্তুটির গতিশীল অবস্থায় দৈর্ঘ্য কত? ৩
- নিউটনীয় বলবিদ্যা হতে প্রাপ্ত গতিশক্তি ও আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে গতিশক্তি এক নয় — উদ্দীপকে প্রদত্ত তথ্যের আলোকে বিশ্লেষণ কর। ৪

২১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে গতিশীল অবস্থায় সংঘটিত দুটি ঘটনার মধ্যবর্তী কাল ব্যবধান ঐ পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে নিশ্চল অবস্থায় সংঘটিত ঐ একই ঘটনাদ্বয়ের মধ্যবর্তী কাল ব্যবধানের চেয়ে বেশি হয়, এই প্রভাবকে কাল দীর্ঘায়ন বলে।

খ $E = mc^2$ সূত্রানুসারে ভর (m) ও শক্তি (E) পরস্পর রূপান্তরযোগ্য। ভর ও শক্তি মূলত একই সত্তার দুটি ভিন্নরূপ নিউক্লিয় ফিশন বা ফিউশন বিক্রিয়ায় সময় ভর শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। ঠিক তেমনি শক্তিকে ভরে রূপান্তর করা সম্ভব। এ পদ্ধতিতেই পজিট্রন এবং হিগস-বোসন কণা আবিষ্কৃত হয়েছে।

গ ৩(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 8.66 M

ঘ নিউটনীয় বলবিদ্যা হতে প্রাপ্ত গতিশক্তি, $E = \frac{1}{2} m_0 v^2 = \frac{1}{2} \times 20 \text{ kg} \times (0.5 \times 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1})^2 = 2.25 \times 10^{17} \text{ J}$
আপেক্ষিক তত্ত্বানুসারে গতিশক্তি, $E' = (m - m_0) c^2$

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0 \right) c^2 \\ &= \left(\frac{20 \text{ kg}}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.5c}{c} \right)^2}} - 20 \text{ kg} \right) \times (3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1})^2 \\ &= (23.094 \text{ kg} - 20 \text{ kg}) \times 9 \times 10^{16} \text{ m}^2 \text{s}^{-2} \\ &= 2.7846 \times 10^{17} \text{ J} \end{aligned}$$

যেহেতু $2.25 \times 10^{17} \text{ J} \neq 2.7846 \times 10^{17} \text{ J}$

অর্থাৎ $E \neq E'$

সুতরাং নিউটনীয় বলবিদ্যা হতে প্রাপ্ত গতিশক্তি ও আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে প্রাপ্ত গতিশক্তি এক নয়।

প্রশ্ন ২২ দুটি ইলেকট্রন যথাক্রমে 0.866 C এবং 0.99 c দ্রুতিতে চলছে। ইলেকট্রনের স্থির ভর = $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ।

নিচের প্রশ্নগুলোর উত্তর দাও :

[মির্জাপুর ক্যাডেট কলেজ]

- কার্যাপেক্ষক কী? ১
- সমদ্রুতিতে চলমান ইলেকট্রন ও প্রোটনের মধ্যে ইলেকট্রনের ডি-ব্রগলী তরঙ্গদৈর্ঘ্য বেশি— ব্যাখ্যা করো। ২
- প্রথমে ইলেকট্রনটির গতিশীল ভর নির্ণয় করো। ৩
- প্রথম ইলেকট্রনটির আপেক্ষিক গতিশক্তি, দ্বিতীয় ইলেকট্রনটির আপেক্ষিক গতিশক্তি অপেক্ষা কম— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২২ নং প্রশ্নের উত্তর

১০ নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ২৩ ফাহিম এবং তাসমিন দুই বন্ধু। তাদের উভয়ের বয়স ৩৫ বছর। তাসমিন নাসার একজন বিজ্ঞানী। সে একটি মহাশূন্যযানে করে $2.5 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ বেগে মহাশূন্যে গেল। পৃথিবীতে তাসমিনের ভর ছিল 60 কেজি। পৃথিবীর হিসেবে সে 10 বছর পর ফিরে আসলো।

[রাজশাহী ক্যাডেট কলেজ]

- কার্যাপেক্ষক কী? ১
- কেন বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতিতে ব্যবহারোপযোগী নয়? ২
- মহাশূন্যে তাসমিনের ভর নির্ণয় করো। ৩
- তাসমিন 10 বছর পরে ফেরার পর তাদের বয়স একই ছিল না উদ্দীপকের আলোকে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে উক্তিটির যথার্থতা যাচাই করো। ৪

২৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতুখণ্ডের ওপর ন্যূনতম যে শক্তির ফোটন আপতিত হলে এটি হতে ইলেকট্রন নিঃসৃত হবার উপক্রম হয় তাকে ঐ ধাতুখণ্ডের কার্যাপেক্ষক বলে।

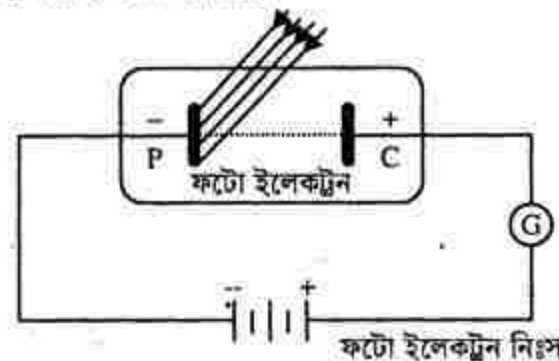
খ বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে কেবল নগণ্য পরিমাণ ইলেকট্রন ও হোল থাকে যা তাপমাত্রার সাথে বৃদ্ধি পায় কিন্তু কক্ষ তাপমাত্রায় আধান বহনকারী ইলেকট্রন ও হোলের সংখ্যা খুব কম থাকে বলে এর মধ্য দিয়ে প্রবাহ খুবই নগণ্য হয়। ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতি চালানোর জন্য যে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ প্রয়োজন, তা এ নগণ্য তড়িৎপ্রবাহ অপেক্ষা অনেক বেশি। তাই বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীকে ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতি তৈরিতে ব্যবহৃত হয় না।

গ ১১ (গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 108.54 kg.

ঘ ৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: একই ছিলো না।

প্রশ্ন ২৪ $4.3 \times 10^{14} \text{ Hz}$, $6.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$ এবং $5.6 \times 10^{14} \text{ Hz}$ কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট যথাক্রমে লাল, নীল ও সবুজ আলো একটি ধাতুর উপর আপতিত হয়। ধাতুটির কার্যাপেক্ষক 2.4 eV.



[গাবনা ক্যাডেট কলেজ]

- ফটো-ইলেক্ট্রিক ক্রিয়া কী? ১
- উদ্দীপক হতে ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক বের করো। ২
- ফটো ইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ বেগ নির্ণয় করো। ৩
- উদ্দীপকে উল্লিখিত তথ্য ব্যবহার করে গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করে দেখাও যে— কম্পাঙ্ক বৃদ্ধির সাথে সাথে নিবৃত্তি বিভবও বৃদ্ধি পায়। ৪

২৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো ধাতব পৃষ্ঠের ওপর যথেষ্ট উচ্চ কম্পাঙ্কের আলোক রশ্মি বা অন্য কোনো তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ আপতিত হলে উক্ত ধাতু থেকে ইলেকট্রন নিঃসৃত হওয়ার ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বা ফটো ইলেকট্রিক ক্রিয়া বলে।

খ. ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক f_0 হলে,

$$\phi = hf_0, h = \text{প্লাংকের ধ্রুবক}$$

$$\therefore f_0 = \frac{\phi}{h} = \frac{2.4 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 5.79 \times 10^{14} \text{ Hz (Ans.)}$$

দেওয়া আছে,

$$\text{কার্যপেক্ষক, } \phi = 2.4 \text{ eV} = 2.4 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

গ. যেহেতু কেবলমাত্র নীল আলোর কম্পাঙ্কই ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক অপেক্ষা বেশি, তাই শুধুমাত্র নীল আলোই ফটো ইলেকট্রন নির্গত করতে পারবে।

নির্গত ইলেকট্রনের ভর = m এবং সর্বোচ্চ বেগ = v_m হলে,

$$hf_B = \frac{1}{2} mv_m^2 + hf_0$$

$$\Rightarrow v_m = \sqrt{\frac{2h(f_B - f_0)}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 6.63 \times 10^{-34} \times (6.5 - 5.79) \times 10^{14}}{9.11 \times 10^{-31}}} = 3.21 \times 10^5 \text{ m/s. (Ans.)}$$

ঘ. আমরা জানি, নিবৃত্তি বিভব হলো একটি ফটো ইলেকট্রনকে নির্গত হওয়া থেকে বিরত রাখতে যে বিভবের প্রয়োজন হয় তা। উদ্দীপকে যে তিনটি কম্পাঙ্ক দেয়া আছে তাদের মধ্যে শুধুমাত্র নীল আলোর কম্পাঙ্ক ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক অপেক্ষা বেশি ('খ' হতে)। অতএব উদ্দীপকের তথ্য ব্যবহার করে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে এটা দেখানো সম্ভব নয় যে কম্পাঙ্ক বৃদ্ধির সাথে সাথে নিবৃত্তি বিভবও বৃদ্ধি পায়। যদি উদ্দীপকে ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক অপেক্ষা বেশি একাধিক কম্পাঙ্ক (যেমন— অতিবেগুনী, X-ray ইত্যাদি) দেয়া থাকত তবে তা হতে প্রাপ্ত নিবৃত্তি বিভব নির্ণয় করে লেখচিত্র অঙ্কনের মাধ্যমে উদ্ভিতির সত্যতা যাচাই সম্ভব হতো।

প্রশ্ন ২৫ একটি রকেটের ভর 200 kg এবং দৈর্ঘ্য 10m। এটি 0.5 c বেগ নিয়ে পৃথিবী থেকে চলা শুরু করল।

(রংপুর ক্যাডেট কলেজ)

- সময়ের আপেক্ষিকতা কি? ১
- কৃষ্ণ বিবরকে কেন ঘটনা দিগন্ত বলা হয়? ব্যাখ্যা করো। ২
- গতিশীল অবস্থায় রকেটের দৈর্ঘ্য বের করো। ৩
- এখানে কি রকেটের নিউটনীয়ান গতিশক্তি এবং আইনস্টাইনীয় গতিশক্তির মধ্যে পার্থক্য আছে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

২৫ নং প্রশ্নের উত্তর

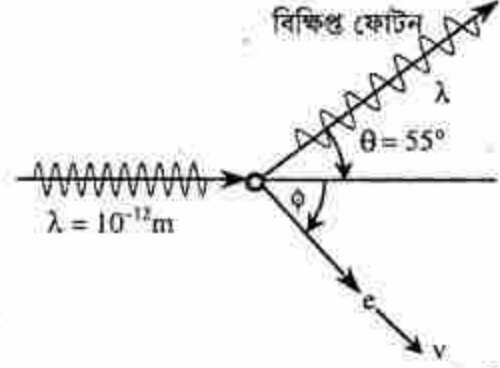
ক. পর্যবেক্ষক এবং যা পর্যবেক্ষণ করা হচ্ছে তার মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকার কারণে সময় পরিমাপে যে ভিন্নতা পরিলক্ষিত হয় তাকে বলা হয় সময়ের আপেক্ষিকতা।

খ. কৃষ্ণবিবরের চারপাশে যে অঞ্চলের মধ্যে কোনো ঘটনা বাইরের কোনো পর্যবেক্ষক দেখতে পায়না, সে অঞ্চলকে কৃষ্ণ বিবরের ঘটনা দিগন্ত বলে।

গ. ২১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 8.66m

ঘ. ২১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ২৬ ইলেকট্রনের সাথে সংঘর্ষের ফলে 10^{-12} m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আপতিত ফোটন 55° কোণে বিক্ষিপ্ত হয় যা নিচের চিত্রে দেখানো হলো:



(কুমিল্লা ক্যাডেট কলেজ)

- কাল দীর্ঘায়ন কাকে বলে? ১
- খ. ফটো তড়িৎ ক্রিয়া ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. বিক্ষিপ্ত ফোটনের শক্তি নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. কী শর্তে দুটি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 0.024 m হবে— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

২৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. ধ্রুববেগে গতিশীল কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধানের তুলনায় স্থির কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধান বেশি। এ বিষয়টি কাল দীর্ঘায়ন নামে পরিচিত।

খ. একটি নির্দিষ্ট কম্পাঙ্কের আলোক রশ্মি যখন কোনো ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হয় তখন ধাতব পৃষ্ঠের ইলেকট্রন আলোক রশ্মি থেকে শক্তি গ্রহণ করে। যখনই ইলেকট্রন দ্বারা গৃহীত শক্তি ধাতব পৃষ্ঠে তার বন্ধন শক্তির চেয়ে বেশি হয়, তখনই ইলেকট্রন ধাতব পৃষ্ঠ থেকে বেরিয়ে আসে। আলোকের প্রভাবে ইলেকট্রন নির্গত হয় বলে এ ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বলে।

গ. বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$$\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta) = 10^{-12} + \frac{6.63 \times 10^{-34} (1 - \cos 55^\circ)}{9.11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8} = 2.034 \times 10^{-12} \text{ m}$$

\therefore বিক্ষিপ্ত ফোটনের শক্তি,

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

$$\text{বা, } E' = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2.034 \times 10^{-12}} \text{ J} = 9.776 \times 10^{-14} \text{ J} = 611 \text{ KeV (Ans.)}$$

এখানে,

আপতিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 10^{-12} \text{ m}$

বিক্ষেপণ কোণ, $\theta = 55^\circ$

বিক্ষিপ্ত ফোটনের শক্তি, $E' = ?$

ঘ. কম্পটন বিক্ষেপণে তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ব্যবধান,

$$\Delta \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta);$$

সর্বোচ্চ ব্যবধানের ক্ষেত্রে,

$$\frac{d}{d\theta} (\Delta \lambda) = \frac{h}{m_e c} (\sin \theta) = 0$$

$$\text{বা, } \sin \theta = 0$$

$$\therefore \theta = 0, 180^\circ$$

$$\Delta \lambda_{\max} = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos 180^\circ)$$

$$= \frac{2h}{m_e c}$$

$$\Delta \lambda_{\min} = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos 0)$$

$$= 0$$

$$\therefore \Delta \lambda_{\max} = \frac{2 \times 6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8}$$

$$= 4.85 \times 10^{-12} \text{ m}$$

$$= 0.0485 \text{ \AA} < < 0.024 \text{ m}$$

অতএব, কোন শর্তেই দুটি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের পার্থক্য 0.024 m হতে পারে না।

প্রশ্ন ২৭ X এবং Y দুটি জড়প্রসঙ্গ কাঠামো। 100 kg ভরের একজন নভোচারী 30 বছর বয়সে ছায়াপথ অনুসন্ধানের জন্য মহাশূন্যতরীতে করে X প্রসঙ্গ কাঠামোর সাপেক্ষে $2.4 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ বেগ ভ্রমণ করে এবং এই কাঠামো অনুযায়ী 50 বছর পর ফিরে আসে।

(কৌজদারহাট ক্যাডেট কলেজ, চট্টগ্রাম)

- জড়প্রসঙ্গ কাঠামো কাকে বলে? ১
- লরেন্টজ রূপান্তরকে কিভাবে গ্যালিলিয়ান রূপান্তরে পরিণত করা যায়? ব্যাখ্যা করো। ২
- মহাশূন্য ভ্রমণের পর মহাকাশচারীর বয়স কত হবে? ৩
- উপরের উদ্দীপকের ভর এবং সময়ের পার্থক্য কি একই হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে তোমার যুক্তি দাও। ৪

২৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল যে সকল প্রসঙ্গ কাঠামোতে নিউটনের গতি সূত্রগুলো অর্জন করা যায়, তাদেরকে জড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে।

খ যখন $v \ll c$ তখন $\frac{v}{c} = 0$

এবং লরেন্টজ রূপান্তরের সমীকরণগুলো দাঁড়ায়

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - 0}} = x - vt$$

$$\text{এবং } y' = y \quad z' = z$$

$$t' = t$$

এটি গ্যালিলিও রূপান্তরের সমীকরণ।

গ ১৬(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 60 y।

ঘ উদ্দীপক হতে পাই,

মহাশূন্যচারীর স্থির অবস্থায় ভর, $m_0 = 100 \text{ kg}$

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

'গ' অংশ হতে পাই,

সময়ের পরিবর্তন, $\Delta t = t - t_0$

$$= 50 - 30 = 20 \text{ বছর।}$$

গতিশীল অবস্থায় ভর m হলে,

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

$$= \frac{100}{\sqrt{1 - \left(\frac{2.4 \times 10^8}{3 \times 10^8}\right)^2}}$$

$$= 277.77 \text{ kg}$$

$$\therefore \text{ভরের পরিবর্তন} = (277.77 - 100) \text{ kg}$$

$$= 177.77 \text{ kg}$$

লক্ষ্যকরি, $20 \neq 177.77$

অতএব, উদ্দীপকে ভর ও সময়ের পরিবর্তন একই হবে না।

প্রশ্ন ২৮ একজন মহাশূন্যচারী 100 m দৈর্ঘ্য এবং ২ টন ওজন বিশিষ্ট একটি মহাশূন্যযানে চড়ে মহাশূন্যে ভ্রমণ করেন। তিনি তাঁর হিসেব মতে 1 দিন পর ফেরত আসেন। কিন্তু পৃথিবীর হিসেব মতে তিনি 8 দিন পরে আসেন।

(কিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ)

- ভরের আপেক্ষিকতা কী? ১
- আপেক্ষিক তত্ত্বের স্বীকার্যগুলি লিখো। ২
- মহাশূন্যে মহাশূন্য যানটির বেগ নির্ণয় করো। ৩
- মহাশূন্যযানটির দৈর্ঘ্য ও ভরের কীরূপ পরিবর্তন হয়েছিলো। বিশ্লেষণ করো। ৪

২৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যবেক্ষক এবং বস্তুর মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকার কারণে বস্তুর ভর পরিমাপে যে ভিন্নতা পরিলক্ষিত হয় তাকে ভরের আপেক্ষিকতা বলে।

খ বিশেষ আপেক্ষিক তত্ত্বের স্বীকার্য দুটি নিম্নরূপ:

- পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুববেগে ধাবমান সকল প্রসঙ্গ কাঠামোতে অর্থাৎ জড় প্রসঙ্গ কাঠামোগুলোতে পদার্থবিজ্ঞানের যেকোনো সূত্র একই রকম সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায়।
- শূন্যস্থানে বা বায়ু মাধ্যমে আলোর বেগ ধ্রুব এবং এ বেগ আলোর উৎস ও পর্যবেক্ষকের আপেক্ষিক বেগের ওপর নির্ভরশীল নয়।

গ উদ্দীপক মতে,

স্থির কাঠামোতে অতিবাহিত সময়, $t = 8 \text{ day}$

গতিশীল কাঠামোতে অতিবাহিত সময়, $t_0 = 1 \text{ day}$

জানা আছে, শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

বের করতে হবে, মহাশূন্যযানের বেগ, $v = ?$

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

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

$$\text{বা, } 1 - \frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{t_0}{t}\right)^2 \quad \text{বা, } \frac{v^2}{c^2} = 1 - \left(\frac{t_0}{t}\right)^2$$

$$\text{বা, } v^2 = c^2 \left\{ 1 - \left(\frac{t_0}{t}\right)^2 \right\}$$

$$\therefore v = c \sqrt{1 - \left(\frac{t_0}{t}\right)^2} = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \times \sqrt{1 - \left(\frac{1 \text{ day}}{8 \text{ day}}\right)^2}$$

$$= 2.9765 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে,

নিশ্চল অবস্থায় মহাশূন্যটির দৈর্ঘ্য, $L_0 = 100 \text{ m}$

এবং ভর, $m_0 = 2 \text{ ton}$

'গ' অংশ হতে পাই,

মহাশূন্যযানের গতিবেগ, $v = 2.9765 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

জানা আছে, শূন্যস্থানে আলোর গতিবেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

সূত্রাং চলমান অবস্থায় মহাশূন্যযানটির দৈর্ঘ্য,

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 100 \text{ m} \times \sqrt{1 - \left(\frac{2.9765 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}{3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}\right)^2}$$

$$= 12.5 \text{ m}$$

$$\text{এবং ভর, } m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{2 \text{ ton}}{\sqrt{1 - \left(\frac{2.9765 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}{3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}\right)^2}}$$

$$= \frac{2 \text{ ton}}{0.125} = 16 \text{ ton}$$

$$\text{লক্ষ্য করি, } \frac{\text{চলমান দৈর্ঘ্য}}{\text{নিশ্চল দৈর্ঘ্য}} = \frac{12.5 \text{ m}}{100 \text{ m}} = \frac{1}{8}$$

$$\text{এবং } \frac{\text{চলমান ভর}}{\text{নিশ্চল ভর}} = \frac{16 \text{ ton}}{2 \text{ ton}} = 8$$

সুতরাং, মহাশূন্যযানটির দৈর্ঘ্য এর নিশ্চল দৈর্ঘ্যের $\frac{1}{8}$ অংশে নেমে এসেছিল এবং এর চলমান অবস্থায় ভর স্থির অবস্থায় ভরের 8 গুণ হয়েছিল।

প্রশ্ন ২৯ ফটো তড়িৎ পরীক্ষায় 4400\AA তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো পটাশিয়ামের উপর আপতিত হলে ইলেকট্রন শূন্য নির্গত হয়। কিন্তু 1500\AA তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত হলে ইলেকট্রন নির্গত হয়ে কিছু পরিমাণ গতিশক্তি লাভ করে।

[বিনাইদহ ক্যাডেট কলেজ]

- কৃষ্ণ বিবর কী?
- n-type অর্ধপরিবাহী কী ঋণাত্মক চার্জ চার্জিত— ব্যাখ্যা করো।
- পটাশিয়ামের কার্যাপেক্ষক নির্ণয় করো।
- ইলেকট্রনের গতিশক্তি লাভের কারণ গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

২৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক 3.2 সৌর ভরের সমান বা বেশি ভরের নক্ষত্রের সুপার নোভা বিস্ফোরণের পর এর অন্তর্ভুক্ত অনিদিষ্টভাবে সংকুচিত হতে থাকে। সংকোচনের কারণে আয়তন প্রায় শূন্য এবং ঘনত্ব অসীম হওয়ায় মহাকর্ষ ক্ষেত্র এমন প্রবল হয় যে, এ জাতীয় বস্তু থেকে এর মহাকর্ষকে কাটিয়ে কোন প্রকার আলো এমনকি সংকেতও বেরিয়ে আসতে পারে না। তাই বস্তুটিকে আর দেখা যায় না। নক্ষত্রের এই অবস্থাকে বলা হয় কৃষ্ণবিবর।

খ বিশুদ্ধ সিলিকন বা জার্মেনিয়াম অর্ধপরিবাহীর সাথে পাঁচটি ইলেকট্রন আছে এমন পরমাণু অতি সামান্য পরিমাণ ভেজাল দেওয়া হলে তা n-টাইপ অর্ধ পরিবাহীতে পরিণত হয়। n-টাইপ অর্ধপরিবাহী তড়িৎ নিরপেক্ষ। কারণ ভেজাল পরমাণুর চারটি ইলেকট্রন চারটি জার্মেনিয়াম বা সিলিকন পরমাণুর সাথে বন্ধন সৃষ্টি করলেও পঞ্চম ইলেকট্রনটি মুক্ত ইলেকট্রন হিসেবে পরিবহন ব্যাধে অবস্থান করে। যা কেলাসের পরিবাহিতা বৃদ্ধি করে। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে কেলাসের মধ্যে মোট ইলেকট্রন ও প্রোটন সংখ্যা সমান থাকে। ফলে অর্ধপরিবাহী ক্ষেত্রকে কোন নীট চার্জ থাকে না। অর্থাৎ n-টাইপ অর্ধপরিবাহী তড়িৎ নিরপেক্ষ, ঋণাত্মক চার্জ চার্জিত নয়।

গ ২(গ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের দ্রষ্টব্য।

ঘ ২(ঘ)নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৩০ একটি হকি মাঠের দৈর্ঘ্য 100m এবং প্রস্থ 60m। দুই বন্ধু দুটি কাল্পনিক রকেটে করে 0.7c বেগে ১ম বন্ধু দৈর্ঘ্য বরাবর ও দ্বিতীয় জন প্রস্থ বরাবর মাঠ অতিক্রম করল। গতিশীল অবস্থায় দুই বন্ধু মাঠের ক্ষেত্রফল নির্ণয় করল। প্রতিটি রকেটের স্থির ভর 10 টন।

[নটর ডেম কলেজ, ঢাকা]

- তেজস্ক্রিয় ধ্রুবক কী?
- হাইড্রোজেন পরমাণুর কক্ষপথে ইলেকট্রনের স্থানান্তরের জন্য কখনোই X-রশ্মি নির্গত হয় না ব্যাখ্যা করো।
- গতিশীল অবস্থায় রকেটের ভর নির্ণয় করো।
- উদ্ভীপকের দুই বন্ধু কর্তৃক নির্ণীত মাঠের ক্ষেত্রফল সমান হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৩০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো তেজস্ক্রিয় পদার্থের একটি পরমাণুর একক সময়ে ভেঙে যাওয়ার সম্ভাব্যতাকে ঐ পদার্থের তেজস্ক্রিয় ক্ষয় ধ্রুবক বলে।

খ উচ্চ গতিসম্পন্ন ইলেকট্রন কোণ শক্ত ধাতুকে আঘাত করলে তার গতিশক্তির একটি অংশ উচ্চ কম্পাংক বিশিষ্ট X-রশ্মি হিসেবে পাওয়া যায়। এই রশ্মিটির তরঙ্গদৈর্ঘ্য খুবই ক্ষুদ্র, প্রায় 10^{-10} বা 1\AA মানের। H-পরমাণুর শক্তি স্তরসমূহের মধ্যবর্তী শক্তি ব্যবধান যে পাল্লার, তার থেকে এত উচ্চ শক্তির বিকিরণ সম্ভব নয়। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় যে, H পরমাণুর ভূমি স্তরের শক্তি $E_1 = -13.6\text{ eV}$ । অতএব, কোন মুক্ত ইলেকট্রনকে H পরমাণুতে আবদ্ধ করতে বিমুক্ত শক্তিই H পরমাণুর ইলেকট্রন স্থানান্তরে প্রাপ্ত সর্বোচ্চ শক্তির বিকিরণ। এই বিকিরণের তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ_{\min} হলে,

$$\frac{hc}{\lambda_{\min}} = [0 - (-13.6)]\text{ eV}$$

$$\text{বা, } \frac{hc}{\lambda_{\min}} = 13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}\text{ J}$$

$$\begin{aligned}\text{বা, } \lambda_{\min} &= \frac{hc}{13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}\text{ J}} \\ &= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}}\text{ m} \\ &= 9.14 \times 10^{-8}\text{ m} \\ &= 914.0625\text{\AA} \gg 1\text{\AA}\end{aligned}$$

তাই, হাইড্রোজেন পরমাণুর কক্ষপথে ইলেকট্রন স্থানান্তরের জন্য কখনোই α -রশ্মি নির্গত হয় না।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 14 টন।

ঘ উদ্ভীপক অনুসারে,

মাঠের নিশ্চল দৈর্ঘ্য, $L_0 = 100\text{m}$

নিশ্চল প্রস্থ, $D_0 = 60\text{m}$

রকেটের বেগ, $v = 0.7c$

যে দিক বরাবর রকেট গতিশীল সেই দৈর্ঘ্য বরাবর দৈর্ঘ্য সংকোচন হবে।

১ম বন্ধুর সাপেক্ষে মাঠের দৈর্ঘ্য পরিমাপ করবে,

$$\begin{aligned}L_0 &= \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \\ &= 100 \sqrt{1 - (0.7)^2} \\ &= 71.414\text{ m}\end{aligned}$$

২য় বন্ধুর সাপেক্ষে মাঠের প্রস্থ পরিমাপ করবে,

$$\begin{aligned}D &= D_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \\ &= 42.848\text{ m}\end{aligned}$$

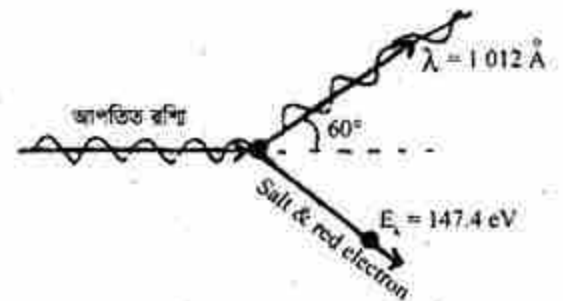
$$\begin{aligned}\therefore \text{প্রথম বন্ধু কর্তৃক নির্ণীত মাঠের ক্ষেত্রফল, } A_1 &= L \times D_0 \\ &= 71.414 \times 60 \\ &= 4284.84\text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{২য় বন্ধু কর্তৃক নির্ণীত মাঠের ক্ষেত্রফল, } A_2 &= L_0 \times D \\ &= 100 \times 42.8484 \\ &= 4284.84\text{ m}^2\end{aligned}$$

যেহেতু $A_1 = A_2$

সুতরাং দুই বন্ধু কর্তৃক নির্ণীত মাঠের ক্ষেত্রফল সমান হবে।

প্রশ্ন ৩১



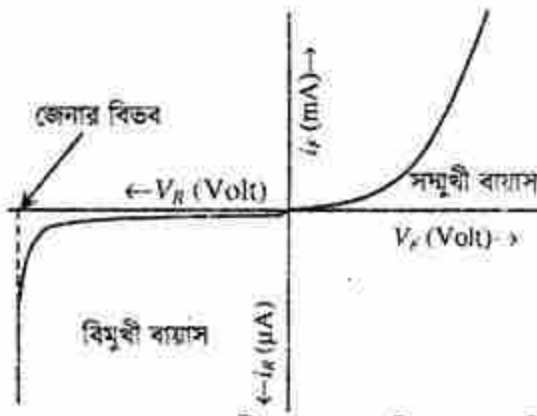
[রাজউক উত্তরা মডেল কলেজ, ঢাকা]

- আলোর সমবর্তন কাকে বলে?
- অর্ধ পরিবাহী ডায়োডের ক্ষেত্রে I-V লেখচিত্র ব্যাখ্যা করো।
- বিক্ষিপ্ত ইলেকট্রনের ভর নির্ণয় করো।
- সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক কী না গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৩১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনকম করা যায় তাকে আলোকের সমবর্তন বলে।

খ পাশে ডায়োডের I - V লেখ দেখানো হলো। ডায়োডের ক্ষেত্রে সাধারণত শুধুমাত্র সন্মুখ বাতাসে তড়িৎপ্রবাহ হয় এবং ডায়োডের cut in voltage অতিক্রম করার পর ধীরে ধীরে তড়িৎ প্রবাহ বিভবপার্থক্য বৃদ্ধির সাথে সাথে বাড়তে থাকে। আবার ডায়োডের বিমুখী ঝোঁকে বিভব পার্থক্য প্রয়োগে কোনো তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায় না।



লেখচিত্র থেকে দেখা যায়, সমুখী বায়াসে তড়িৎ প্রবাহ বিমুখী বায়াসে তড়িৎ প্রবাহ অপেক্ষা অনেক বেশি এবং সমুখী বায়াসে অল্প বিভব পার্থক্য বৃদ্ধিতে তড়িৎ প্রবাহের বৃদ্ধি অনেক বেশি হয় কিন্তু বিমুখী বায়াসের ক্ষেত্রে বিভব পার্থক্যের বৃদ্ধিতে প্রবাহের তেমন বৃদ্ধি হয় না। তবে বিমুখী বায়াসে বিভব ধীরে ধীরে বৃদ্ধি করতে থাকলে এক সময় দেখা যায় তড়িৎ প্রবাহ হঠাৎ করে উল্লেখযোগ্যভাবে বৃদ্ধি পায়। এ অবস্থায় তড়িৎ প্রবাহ অনেক বৃদ্ধি করা হলেও ডায়োডের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের কোনো পরিবর্তন ঘটে না। জংশনের বিভব বাধা ভেঙে যাওয়া বা বিলুপ্ত হওয়ার কারণে এরূপ ঘটে। এ ঘটনা বিজ্ঞানী জেনার (Zener) ১৯৩৪ সালে প্রথম প্রত্যক্ষ করেন বলে একে ডায়োডের জেনার ক্রিয়া (Zener effect) বলে। বিমুখী বায়াসের যে বিভবের জন্য জংশনের বিভব প্রাচীর ভেঙে যায় তাকে ডাক্তান বিভব (breakdown voltage) বা জেনার বিভব (Zener voltage) বলে।

গ

$$E_k = (m - m_0)c^2$$

$$\Rightarrow 147.4 \times 1.6 \times 10^{-19} (m - 9.11 \times 10^{-31}) \times (3 \times 10^8)^2$$

$$\therefore m = 9.1126 \times 10^{-31} \text{ kg (Ans.)}$$

দেওয়া আছে,
গতিশক্তি, $E_k = 147.4 \text{ eV}$
স্থির ইলেকট্রনের ভর,
 $m_0 = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
বিক্ষিপ্ত ইলেকট্রনের ভর, $m = ?$

$$\frac{hc}{\lambda} + m_0c^2 = \frac{hc}{\lambda'} + mc^2$$

$$\Rightarrow \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} = (m - m_0)c^2 = E_k$$

$$\Rightarrow \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'} \right) = \frac{147.4 \text{ eV}}{hc}$$

$$\therefore \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{1.012 \times 10^{-10}} = \frac{147.4 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}$$

$$\therefore \lambda = 1.00 \times 10^{-10}$$

অর্থাৎ আপতিত আলোক রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য যদি 1.00×10^{-10} হয় তবেই সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক হবে। যেহেতু উদ্দীপকে আপতিত আলোকরশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য দেয়া নেই, তাই প্রদত্ত উদ্দীপক হতে সংঘর্ষটি স্থিতিস্থাপক কিনা বলা সম্ভব নয়।

অথবা, উদ্দীপকে যদি ইলেকট্রনের বিক্ষেপণ কোণ দেয়া থাকত তবে ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র ব্যবহার করে আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বের করা সম্ভব হতো এবং পরবর্তীতে তা শক্তির সংরক্ষণশীলতা সূত্র মেনে চলে কিনা তা নির্ণয় করা যেত। যেহেতু ইলেকট্রনের বিক্ষেপণ কোণও জানা নেই, তাই প্রদত্ত উদ্দীপক হতে এটি নির্ণয় করা সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ৩২ মি. X ও মি. Y দুই জমজ ভাইয়ের বয়স ২৫ বছর। মি. Y পৃথিবীর অবস্থান করছে। মি. X অতি উচ্চগতি সম্পন্ন $0.85c$ বেগ সম্পন্ন একটি রকেটে করে মহাশূন্যে ভ্রমণ শুরু করল।

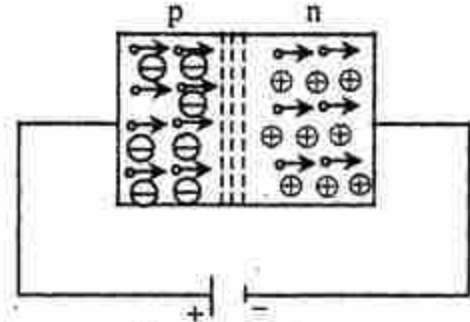
(সাময়িক উত্তর মডেল কলেজ, ঢাকা)

- ট্রানজিস্টর কী? ১
- সমুখ ফোক কি ব্যাখ্যা করো। ২
- মি. X এর ভর পৃথিবীতে 50 kg হলে মহাশূন্যে তার ভর কত? ৩
- ১০ বছর পর রকেট পৃথিবীতে ফিরে আসলে তাদের বয়সের কোন পার্থক্য হবে কি? যদি সে রকম ঘটে তাহলে কে বয়সে বড় হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৩২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি একই ধরনের অর্ধপরিবাহীর মধ্যস্থলে এদের বিপরীত ধরনের অর্ধপরিবাহী বিশেষ প্রক্রিয়ায় পরস্পরের সাথে যুক্ত করে যে যন্ত্র তৈরি করা হয় তাকে ট্রানজিস্টর বলে।

খ p-n জংশনে যদি কোন বহিঃস্থ ভোল্টেজ বা বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করা হয় তাহলে তড়িৎ প্রবাহ ঘটে। ভোল্টেজ যদি এমন ভাবে প্রয়োগ করা হয় যে কোষের ধনাত্মক প্রান্ত p টাইপ বস্তুর সাথে এবং ঋণাত্মক প্রান্ত n-টাইপ বস্তুর সাথে সংযুক্ত হয় তাহলে তাকে সমুখী বোক বলে।



চিত্র: সমুখী বোক

গ দেওয়া আছে,

মি. X এর বেগ, $v = 0.85c$

নিশ্চল ভর, $m_0 = 50 \text{ kg}$

বের করতে হবে, মহাশূন্যে ভর, $m = ?$

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

$$= \frac{50}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.85c}{c} \right)^2}}$$

$$= 94.915 \text{ kg (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক অনুসারে মি. X ও মি. Y এর উভয়ের বয়স = 25 year

পৃথিবী থেকে নির্ণীত সময় ব্যবধান, $t = 10 \text{ year}$

মহাশূন্যে বেগ, $v = 0.85c$

ধরা যাক, মহাশূন্যে মি. X এর বয়স বৃদ্ধি = t_0

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

$$\text{বা, } t_0 = t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 10 \sqrt{1 - (0.85)^2}$$

$$\therefore t_0 = 5.27 \text{ year}$$

\therefore আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে মি. X এর 10 year পর বয়স = $(25 + 5.27) = 30.27 \text{ year}$

এবং মি. Y এর 10 year পর বয়স = $(25 + 10) = 35 \text{ year}$

সুতরাং, মি. X ও মি. Y এর 10 year পর বয়সের পার্থক্য = $(35 - 30.27) = 4.72 \text{ year}$

অর্থাৎ মি. Y মি. X এর চেয়ে 4.72 year এর বড় হবে।

প্রশ্ন ৩৩ একটি তড়িৎচুম্বক নলে X-ray উৎপাদন করার জন্য 13.6 kV এবং 60 kV বিভব পার্থক্য সরবরাহ করায় 0.2900 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের X-ray কোনো ইলেকট্রনকে আঘাত করে 60° কোণে বিক্ষিপ্ত হলো।

(আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা)

- জেনার ভোল্টেজ কাকে বলে? ১
- একটি তারকা কিভাবে ব্র্যাক হোলে পরিণত হয়?—ব্যাখ্যা করো। ২
- উদ্দীপকের উৎপাদিত দুই ধরনের X-ray এর ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের গতিবেগ নির্ণয় করো। ৩
- বিক্ষিপ্ত X-ray এর শক্তি আপতিত X-ray এর শক্তি ভিন্ন হবে কি না— গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

ক p-n জংশনে বিমুখী ঝোঁকে ভোল্টেজ বাড়তে থাকলে শেষে এক সময় হঠাৎ করে বিপুল পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায়। যেন মনে হয় p-n জংশনের বিভব বাধা একেবারে বিলুপ্ত হয়ে গেছে। বিমুখী ঝোঁকের ক্ষেত্রে যে ভোল্টেজের জন্য এরূপ ঘটে তাকে জেনার ভোল্টেজ বা জেনার বিভব (Zener Voltage) বলে।

খ যখন তিন বা ততোধিক সৌরভরের নক্ষত্র তার অন্তিম দশায় তার বাইরের খোলস ফেলে বিস্ফোরণের মাধ্যমে সুপারনোভায় পরিণত হয়। আর ভিতরের অংশ এরপর ক্রমাগত সংকুচিত হতে থাকে। সংকুচিত হতে হতে এটি এমন ঘনত্বের বস্তুতে পরিণত হয় যে এটির মহাকর্ষ বলের কারণে এটি থেকে আলোও বের হতে পারে না। এভাবে নক্ষত্রটি ব্র্যাকহোলে পরিণত হয়।

গ

প্রথম ক্ষেত্রে,

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = eV_1$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times v_1^2$$

$$= 1.6 \times 10^{-19} \times 13.6 \times 10^3$$

$$\therefore v_1 = 6.91 \times 10^6 \text{ m/s (Ans.)}$$

দেওয়া আছে,

প্রথম ক্ষেত্রে,
বিভব পার্থক্য, $V_1 = 13.6 \text{ kV}$
দ্বিতীয় ক্ষেত্রে,
বিভব পার্থক্য, $V_2 = 60 \text{ kV}$
তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 0.29 \times 10^{-9} \text{ m}$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে,

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = eV_2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times v_2^2$$

$$= 1.6 \times 10^{-19} \times 60 \times 10^3$$

$$\therefore v_2 = 1.45 \times 10^8 \text{ m/s}$$

ঘ কম্পটন প্রভাব থেকে আমরা জানি,

$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos\phi)$$

$$\Rightarrow \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos\phi)$$

$$\Rightarrow \lambda = \lambda + \frac{h}{mc} (1 - \cos\phi)$$

দেওয়া আছে,

বিক্ষেপণ কোণ, $Q = 60^\circ$
আদি তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 0.29 \text{ nm}$

$$= 0.29 \times 10^{-9} + \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8} (1 - \cos 60)$$

$$= 0.2912 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\therefore \text{আদিশক্তি, } E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0.29 \times 10^{-9}}$$

$$= 4287 \text{ eV}$$

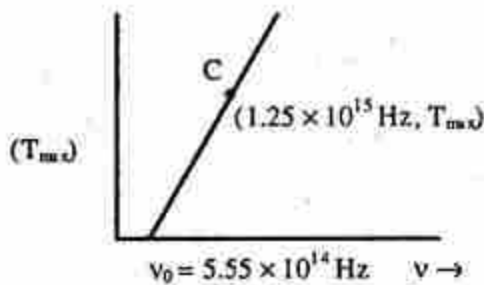
$$\text{শেষ শক্তি, } E' = \frac{hc}{\lambda'} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0.2912 \times 10^{-9}}$$

$$= 4269 \text{ eV}$$

$$\therefore \text{শক্তির পার্থক্য} = (4287 - 4269) \text{ eV}$$

$$= 18 \text{ eV (Ans.)}$$

প্রশ্ন ৩৪



আলোক তড়িৎ ক্রিয়ার লেখচিত্র

[ডিকারুননিসা নুন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. হাইজেন বার্নের অনিশ্চয়তা তত্ত্বটা লেখ। ১

খ. De Broglie তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সমীকরণ লিখ এবং এটা দ্বারা ফোটনের কোন ধর্ম ব্যাখ্যা করা যায়? ২

গ. লেখচিত্র ব্যবহার করে নিঃসৃত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি নির্ণয় করো। ৩

ঘ. ইলেকট্রনের গতিশক্তি কখনই 4 MeV এর বেশি হতে পারে না ব্যাখ্যা কর গাণিতিক সমীকরণের সাহায্যে। ৪

৩৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক $\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{2}$

খ De Broglie তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সমীকরণ হলো—

$$\lambda = \frac{h}{p}, \quad \lambda = \text{বস্তুকণার তরঙ্গদৈর্ঘ্য}$$

$p = \text{বস্তুকণার ভরবেগ}$

$h = \text{প্লাঙ্কের ধ্রুবক}$

এ সূত্র হতে বুঝতে পারা যায় যে ফোটন তরঙ্গ এবং কণা উভয় ধর্মই প্রদর্শন করতে পারে।

গ লেখচিত্র হতে, সূচন কম্পাংক, $v_0 = 5.55 \times 10^{14} \text{ Hz}$

সর্বোচ্চ গতিশক্তি অবস্থায় কম্পাঙ্ক,
 $v = 1.25 \times 10^{15} \text{ Hz} = 12.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$

$$\text{লেখচিত্রের ঢাল, } S = \frac{T_{\max} - 0}{v - v_0}$$

$$= \frac{T_{\max}}{v - v_0}$$

আবার, আইনস্টাইন সমীকরণ ব্যবহার করে পাই,

$$hv = T_{\max} + hv_0$$

$$\text{বা, } \frac{T_{\max}}{v - v_0} = h$$

$$\text{বা, } T_{\max} = h(v - v_0)$$

$$= 6.63 \times 10^{-34} (12.5 - 5.55) \times 10^{14} \text{ J}$$

$$= 2.88 \text{ eV (Ans.)}$$

ঘ আমরা জানি, ইলেকট্রন সর্বনিম্ন থাকতে পারে হাইড্রোজেন নিউক্লিয়াসে, যেখান থেকে β রশ্মির হিসেবে নির্গত হয় এবং β রশ্মির সর্বোচ্চ বেগ $0.98c$ ।

\therefore এই বেগে ইলেকট্রনের মোট শক্তি,

$$E = mc^2$$

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

$$= \frac{m_0}{\sqrt{1 - (0.98)^2}} \times (3 \times 10^8)^2$$

$$= 2.5 \text{ MeV} < 4 \text{ MeV}$$

\therefore ইলেকট্রনের বেগ 4 MeV এর বেশি হতে পারে না।

প্রশ্ন ৩৫ A এবং B ধাতুর কার্যঅপেক্ষক যথাক্রমে 4.5eV এবং 2.5eV। A ধাতুকে 3500A° তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো দ্বারা এবং B ধাতুকে 4500A° তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো দ্বারা আলোকিত করা হলো।

[ঢাকা রেসিডেন্সিয়াল মডেল কলেজ, ঢাকা]

ক. কম্পটন ক্রিয়া কী? ১

খ. নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে ইলেকট্রন থাকতে পারে না কেন-
ব্যাখ্যা করো। ২

গ. A ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক নির্ণয় করো। ৩

ঘ. উভয় ধাতু হতে ফটো ইলেকট্রন নির্গত হবে কী? গাণিতিক
বিবেচনাসহ মতামত দাও। ৪

৩৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো একটি শক্তিশালী ফোটনের সাথে মৃদু ইলেকট্রনের সংঘর্ষ ঘটলে ফোটনটি ইলেকট্রনটিকে কিছু শক্তি প্রদান করে। এতে বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য আপতিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের চেয়ে বেশি হওয়ায়ই কম্পটন ক্রিয়া বলে।

খ হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতির সূত্র $(\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi})$ ব্যবহার করে নির্দিষ্ট গাণিতিক বিশ্লেষণে পাওয়া যায় যে, ইলেকট্রনের নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে থাকতে হলে একে 37.6 MeV শক্তির অধিকারী হতে হবে। কিন্তু পরীক্ষালব্ধ ফলাফল থেকে দেখা যায় যে, ইলেকট্রনের শক্তি 4 MeV এর অধিক হয় না। সুতরাং নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে ইলেকট্রন থাকতে পারে না।

গ A ধাতুর সূচন কম্পাংক, f_0 হলে, কার্যপেক্ষক, $\phi = hf_0$

$$\begin{aligned} \text{বা, } f_0 &= \frac{\phi}{h} \\ &= \frac{7.2 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} \\ &= 1.09 \times 10^{15} \text{ Hz (Ans.)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{এখানে,} \\ A \text{ ধাতুর কার্যপেক্ষক,} \\ \phi_A &= 4.5 \text{ eV} = 4.5 \times 1.6 \times 10^{-19} \\ &= 7.2 \times 10^{-19} \text{ J} \\ \text{প্লাংকের ধ্রুবক, } h &= 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \end{aligned}$$

ঘ ব্যবহৃত আলোক তরঙ্গের শক্তি যদি প্রতিফলিত A ও B ধাতুর কার্যপেক্ষক অপেক্ষা বেশি হয়, তবে ধাতু হতে ইলেকট্রন নির্গত হবে।

A ধাতুর ক্ষেত্রে ব্যবহৃত আলোর শক্তি, E_A হলে,

$$\begin{aligned} E_A &= hf_A \\ &= \frac{hc}{\lambda_A} \\ &= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3500 \times 10^{-10}} \\ &= 5.68 \times 10^{-19} \text{ J} \\ &= 3.55 \text{ eV} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{এখানে,} \\ \text{আলোর, তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda_A &= 3500 \text{ \AA} \\ &= 3500 \times 10^{-10} \text{ m} \end{aligned}$$

কিন্তু A ধাতুর কার্যপেক্ষক $\phi_A = 4.5 \text{ eV}$

$E_A < \phi_A$ অর্থাৎ A ধাতু হতে ইলেকট্রন নির্গত হবে না।

আবার, B ধাতুর ক্ষেত্রে ব্যবহৃত আলোর শক্তি E_B হলে

$$\begin{aligned} E_B &= hf_B \\ &= \frac{hc}{\lambda_B} \\ &= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4500 \times 10^{-10}} \\ &= 4.42 \times 10^{-19} \text{ J} \\ &= 2.76 \text{ eV} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{এখানে,} \\ \text{ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য} \\ \lambda_B &= 4500 \text{ \AA} \\ &= 4500 \times 10^{-10} \text{ m} \end{aligned}$$

B ধাতুর কার্যপেক্ষক, $\phi_B = 2.5 \text{ eV}$

$\therefore E_B > \phi_B$ অর্থাৎ B ধাতু হতে ইলেকট্রন নির্গত হবে

অতএব, A ধাতু হতে ফটো ইলেকট্রন নির্গত না হলেও B ধাতু হতে হবে।

প্রশ্ন ৩৬ S ও S' দুটি জড় প্রসঙ্গ কাঠামো। S এর সাপেক্ষে S' কাঠামো সব সময় 0.9c সমবেগে ধনাত্মক X অক্ষের দিকে গতিশীল। S কাঠামোর একজন বিজ্ঞানী ঐ কাঠামোতে রাখা একটি ধাতব দণ্ডের দৈর্ঘ্য ও ঘনত্ব পরিমাপ করলেন যথাক্রমে 1m ও $19.3 \times 10^3 \text{ kgm}^{-3}$ ।

(ঢাকা কলেজ, ঢাকা)

- কাল দীর্ঘায়ন কাকে বলে? ১
- সূর্য ব্লাক হোলে পরিণত হলে পৃথিবী কী সূর্যকে কেন্দ্র করে ঘুরবে? ব্যাখ্যা করো। ২
- S' কাঠামোর পর্যবেক্ষকের নিকট দণ্ডের দৈর্ঘ্য কত মনে হবে? ৩
- S ও S' এর পর্যবেক্ষকের নিকট দণ্ডের ঘনত্ব কি একই মনে হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৩৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ধ্রুববেগে গতিশীল কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধানের তুলনায় স্থির কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধান বেশি। এ বিষয়টিকে কাল দীর্ঘায়ন বলে।

খ সূর্য ব্লাক হোলে পরিণত হলে এর আকার অত্যন্ত ছোট হবে কিন্তু ভরের কোনরূপ পরিবর্তন হবে না এবং সূর্যের ভরকেন্দ্র থেকে পৃথিবীর দূরত্বের কোনো পরিবর্তন হবে না। এতে সূর্য ও পৃথিবীর আকর্ষণ বলের ও কোনো পরিবর্তন হবে না। তাছাড়া সূর্য যদি ব্লাকহোলে পরিণত হয় তবে সূর্যের ঘটনা দিগন্তের ব্যাসার্ধ পৃথিবী হতে সূর্যের দূরত্বের থেকে অনেক কম ফলে এদের আকর্ষণের কোনো পরিবর্তন হবে না। ফলে পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘুরতে থাকবে।

গ

S' কাঠামোর ব্যক্তির নিকট দৈর্ঘ্য,

$$\begin{aligned} L &= \frac{L_0}{\gamma} \\ &= \frac{1}{2.29} \\ &= 0.436 \text{ (Ans.)} \end{aligned}$$

দেওয়া আছে,

$$\begin{aligned} \text{নিশ্চল দৈর্ঘ্য, } L_0 &= 1 \text{ m} \\ S' \text{ কাঠামোর বেগ, } v &= 0.9 c \\ \therefore \gamma &= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{1 - 0.9^2}} \\ &= 2.29 \end{aligned}$$

ঘ নিশ্চল অবস্থায় ঘনত্ব, $\rho_0 = \frac{m_0}{V_0} = 19.3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

\therefore S' কাঠামোতে ঘনত্ব, $\rho = \frac{m}{V}$

$$= \frac{m}{L A}$$

$$= \frac{m_0 \gamma}{L_0 A} \cdot \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$= \frac{m_0}{L_0 A} \gamma^2$$

$$= \frac{m_0}{V_0} \gamma^2$$

$$= \rho_0 \gamma^2 = 19.3 \times 10^3 \times 2.29^2$$

['গ' হতে $\gamma = 2.29$]

$$= 101.2 \times 10^3 \text{ kgm}^{-3}$$

অতএব, ঘনত্ব S' কাঠামো হতে বেশি মনে হবে। (Ans.)

প্রশ্ন ৩৭ একজন নভোচারী এমনভাবে গতিশীল যাহাতে

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 30. \text{ পৃথিবী থেকে কাছেই স্টার সিস্টেম [Alpha centauri]}$$

এর দূরত্ব 4.3 light year.

(যনি ক্রস কলেজ, ঢাকা)

- ক. অপবর্তন কাকে বলে? ১
- খ. আলো কণা না তরঙ্গ ধর্মী ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. গতিশীল অবস্থায় নভোচারীর কাছে পৃথিবী থেকে Alpha Centauri এর দূরত্ব কিলোমিটারে নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. নভোচারীর বেগ (corrected up to 5 significant digit) নির্ণয় করো। ৪

৩৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তীক্ষ্ণ ধার ঘেঁষে যাবার সময় বা সবু ছিদ্র দিয়ে যাবার সময় আলো কিছুটা বেঁকে যাওয়ার ধর্মকে অপবর্তন বলে।

খ আলো একই সাথে কণা এবং তরঙ্গধর্মী। আলোর তরঙ্গতত্ত্ব প্রতিফলন, প্রতিসরণ, অপবর্তন, ব্যতিচার ধর্মের ব্যাখ্যা দিতে পারে কিন্তু আলোর ফটোইলেক্ট্রিক ক্রিয়ার কোনো ব্যাখ্যা দিতে পারে না। পরবর্তিতে ম্যাক্স প্ল্যাঙ্ক কোয়ান্টাম তত্ত্বের সাহায্যে ফটোইলেক্ট্রিক ক্রিয়ার ব্যাখ্যা দিতে সমর্থ হন। আলোর কোয়ান্টাম তত্ত্ব অনুসারে আলো নিরবিচ্ছিন্ন বিকিরণ নয়, বরং কতক শক্তি প্যাকেট বা গুচ্ছ, যাকে বলা হয় কোয়ান্টা। এই তত্ত্ব থেকেই প্রথম আলোর দৈতন্ত্বতার ধারণা মেলে।

গ গতিশীল অবস্থায় দৈর্ঘ্য,

$$\begin{aligned} L &= \frac{L_0}{\gamma} \\ &= \frac{4.3}{30} \text{ ly} \\ &= 0.1433 \text{ ly} \\ &= 0.1433 \times 3 \times 10^8 \times 365 \times 86400 \\ &= 1.356 \times 10^{12} \text{ km (Ans.)} \end{aligned}$$

দেওয়া আছে,

$$\begin{aligned} \gamma &= 30 \\ \text{স্থির অবস্থায় দৈর্ঘ্য,} \\ L_0 &= 4.3 \text{ ly} \end{aligned}$$

ঘ

$$\therefore 1 - \frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{1}{30}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{v^2}{c^2} = 1 - \frac{1}{900}$$

$$= \frac{899}{900}$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{899}{900}} c$$

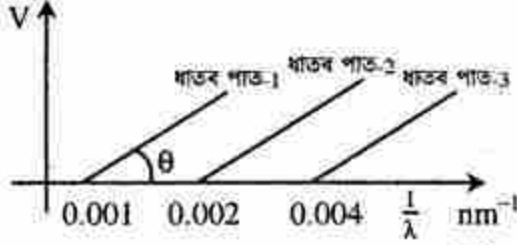
$$= \sqrt{\frac{899}{900}} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$= 2.99833 \times 10^8 \text{ m/s}$$

অতএব, নভোচারীর বেগ $2.99833 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ ।

প্রশ্ন ৩৮ তিনটি আলোক সংবেদী ধাতুর ক্ষেত্রে $\frac{1}{\lambda} - V$ [নিবৃত্তি বিভব]

এর লেখচিত্র দেখানো হলো।



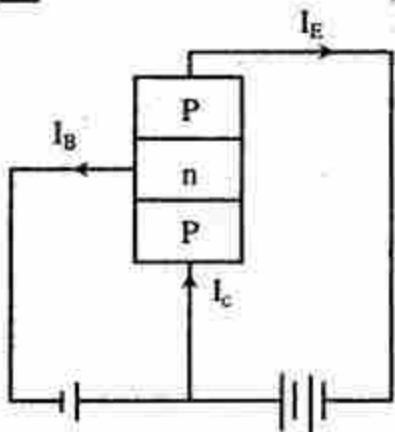
[যদি ক্রস করেন, ঢাকা]

- ১ বেকরেল কাকে বলে? ১
- PNP ট্রানজিস্টর এর ক্ষেত্রে সাধারণ পীঠ এবং সাধারণ সংগ্রাহক বর্তনী অংকন করো। ২
- তিনটি ধাতুর কার্য অপেক্ষকের অনুপাত নির্ণয় করো। ৩
- Violet Color [400 nm] এর আলো কোন ধাতব পাত থেকে Photo electron সরাসরে পারবে যথাযথভাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

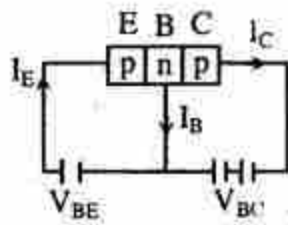
৩৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোন তেজস্ক্রিয় বস্তুর প্রতি সেকেন্ডে একটি পরমাণুর তেজস্ক্রিয় ভাঙন বা ক্ষয়কে এক বেকরেল বলে। তেজস্ক্রিয়তার এস.আই.একক হলো বেকরেল (Bq)।

খ



চিত্র: সাধারণ সংগ্রাহক বর্তনী (npn)



চিত্র: সাধারণ সংগ্রাহক বর্তনী (pnp)

গ কার্যপেক্ষক,

$$\phi = hf_0$$

\therefore প্রথম ধাতুর জন্য, $\phi_1 = hf_{01}$

দ্বিতীয় ধাতুর জন্য, $\phi_2 = hf_{02}$

তৃতীয় ধাতুর জন্য, $\phi_3 = hf_{03}$

এখন, $\phi_1 : \phi_2 : \phi_3 = hf_{01} : hf_{02} : hf_{03}$

$$= \frac{hc}{\lambda_1} : \frac{hc}{\lambda_2} : \frac{hc}{\lambda_3}$$

$$= \frac{1}{\lambda_1} : \frac{1}{\lambda_2} : \frac{1}{\lambda_3}$$

এখানে,

$$\text{প্রথম ধাতুর ক্ষেত্রে, } \frac{1}{\lambda_1} = 0.001 \text{ nm}^{-1}$$

$$\text{দ্বিতীয় ধাতুর ক্ষেত্রে, } \frac{1}{\lambda_2} = 0.002 \text{ nm}^{-1}$$

$$\text{তৃতীয় ধাতুর ক্ষেত্রে, } \frac{1}{\lambda_3} = 0.004 \text{ nm}^{-1}$$

$$= 0.001 : 0.002 : 0.004$$

$$= 1 : 2 : 4 \text{ (Ans.)}$$

ঘ ধাতব পাত থেকে ইলেকট্রন সরানোর শর্ত হচ্ছে আপতিত আলোর শক্তি $>$ ঐ ধাতুর কার্যপেক্ষক।

১ম ধাতুর পাতের কার্যপেক্ষক, $\phi_1 = hf_{01}$

$$= h \frac{c}{\lambda_1}$$

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

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

$$\text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda_1 = \frac{1}{0.001} \text{ nm}$$

$$= 1000 \text{ nm}$$

$$= 1000 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\therefore \phi_1 = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1000 \times 10^{-9}}$$

$$= 1.989 \times 10^{-19}$$

$$= 1.243 \text{ eV}$$

একইভাবে, দ্বিতীয় ধাতব পাতের কার্যপেক্ষক,

$$\phi_2 = \frac{hc}{\lambda_2}$$

এখানে,

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{500 \times 10^{-9}}$$

$$= 2.49 \text{ eV}$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{0.002} \text{ nm}$$

$$= 500 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\text{তৃতীয় ধাতব পাতের জন্য, } \lambda_3 = \frac{1}{0.004} \text{ nm}$$

$$= 250 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\phi_3 = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{250 \times 10^{-9}}$$

$$= 4.97 \text{ eV}$$

আপতিত আলোর শক্তি, $E = \frac{hc}{\lambda}$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{400 \times 10^{-9}}$$

$$= 3.1 \text{ eV}$$

যা প্রথম ও দ্বিতীয় ধাতব পাত থেকে বেশি অর্থাৎ— প্রথম ও দ্বিতীয় পাত থেকে ইলেকট্রন বের হবে।

প্রশ্ন ৩৯ বাংলাদেশের দুই কোটির বেশি মানুষ সৌর বিদ্যুৎ ব্যবহার করে বিগ্ধে দৃষ্টান্ত স্থাপন করছে। স্বল্প খরচে দেশে সৌর প্যানেল তৈরির লক্ষ্যে রিজেন ও সুমন ভিন্ন দুটি ধাতব পদার্থ নেয়। তাদের ব্যবহৃত পদার্থের কার্যপেক্ষক যথাক্রমে 2.30 eV ও 4.74 eV। উভয় পদার্থের উপর 2500Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত করা হলো। রিজেন বলল আমার ব্যবহৃত পদার্থ হতে নির্গত ইলেকট্রনের গতিশক্তি বেশি।

[মাইলস্টোন কলেজ, ঢাকা]

ক. নিবৃত্তি বিভব কাকে বলে? ১

খ. ফটোইলেকট্রনের বেগ, আপতিত আলোর তীব্রতার উপর নির্ভরশীল নয়— ব্যাখ্যা করো। ২

গ. আপতিত ফোটনের ভরবেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. রিজেনের বক্তব্যটি সঠিক ছিল কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৩৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার যান্ত্রিক ব্যবস্থায় ক্যাথোড প্লেটের সাপেক্ষে অ্যানোড প্লেটে যে ন্যূনতম ধনাত্মক বিভব দিলে আলোক তড়িৎ প্রবাহমাত্রা তাৎক্ষণিকভাবে বন্ধ হয়ে যায়, সেই বিভবকে নিবৃত্তি বিভব বলা হয়।

ব। কোয়ান্টাম তত্ত্ব অনুসারে f কম্পাঙ্কের আলোর প্রতিটি ফোটনের শক্তি hf । আলোর তীব্রতা বৃদ্ধি পেলে আপতিত ফোটনের সংখ্যা বৃদ্ধি পায় এবং সেই সাথে নির্গত ইলেকট্রনের সংখ্যাও বৃদ্ধি পায়। তাই আপতিত আলোর তীব্রতা বৃদ্ধি পেলে আলোক তড়িৎ প্রবাহ বৃদ্ধি পায়। কিন্তু আলোর কম্পাঙ্ক অপরিবর্তিত থাকায় ফোটনের গতিশক্তি বৃদ্ধি পায় না। ফলে নির্গত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগ তথা গতিশক্তি অপরিবর্তিত থাকে।

গ। আপতিত ফোটনের ভরবেগ P হলে,

$$P = \frac{h}{\lambda} \quad \text{এখানে,}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34}}{2500 \times 10^{-10}} \quad \text{ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 2500 \text{ \AA}$$

$$= 2.652 \times 10^{-27} \text{ kg ms}^{-1}. \text{ (Ans.)}$$

ঘ। আপতিত ফোটনের শক্তি E হলে,

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

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2500 \times 10^{-10}}$$

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

$$= 4.9725 \text{ eV.}$$

রিজনের ব্যবহৃত পদার্থ হতে নির্গত ইলেকট্রনের গতিশক্তি $K_{\max 1}$ হলে,

$$K_{\max 1} = E - W_{01}$$

$$= 4.9725 - 2.3$$

$$= 2.6725 \text{ eV}$$

আবার, সূর্যের ব্যবহৃত পদার্থ হতে নির্গত ইলেকট্রনের গতিশক্তি,

$$K_{\max 2} \text{ হলে,}$$

$$K_{\max 2} = E - W_{02}$$

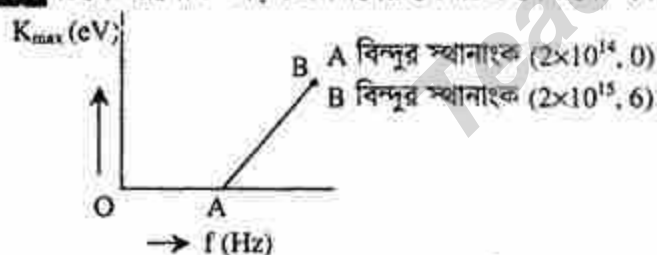
$$= 4.9725 - 4.74$$

$$= 0.2325$$

অর্থাৎ, রিজনের ব্যবহৃত পদার্থ হতে নির্গত ইলেকট্রনের শক্তি সূর্যের ব্যবহৃত পদার্থ হতে বেশি।

অতএব, রিজনের বস্তু সঠিক ছিল।

প্রশ্ন 80 চিত্রে আলোক তড়িৎ প্রদর্শনের লেখচিত্র দেখানো হল :



(আদমজী ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, ঢাকা)

- ক. সূচন কম্পাঙ্ক কাকে বলে? ১
- খ. ট্রান্সফরমার DC লাইনে কাজ করে না কেন? ২
- গ. উদ্দীপক হতে কার্য অপেক্ষকের মান বের করো। ৩
- ঘ. আপতিত কম্পাঙ্ক দ্বিগুণ করলে নিবৃতি বিভবের কি পরিবর্তন হবে— গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও। ৪

৪০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক। প্রত্যেক ধাতুর ক্ষেত্রে একটি ন্যূনতম কম্পাঙ্ক আছে যার চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট কোনো আলো ঐ ধাতু থেকে ইলেকট্রন নির্গত করতে পারে না। ঐ ন্যূনতম কম্পাঙ্ককে ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক বলে।

খ। ট্রান্সফরমারের কার্যনীতি পারস্পরিক আবেশের নীতির উপর প্রতিষ্ঠিত। যেখানে মুখ্য কুণ্ডলীতে পরিবর্তী প্রবাহ প্রয়োগ করার ফলে চৌম্বক ফ্লাক্স পরিবর্তিত হয় এবং গৌণ কুণ্ডলীতে তড়িচ্চালক শক্তি আবিষ্ট হয়। মুখ্য কুণ্ডলীতে ডিসি ভোল্টেজ বা প্রবাহ প্রয়োগ করলে ট্রান্সফরমারের মজ্জার মধ্য দিয়ে ধ্রুবমানের চৌম্বক ফ্লাক্স গমন করে। এ

ধ্রুবমানের চৌম্বক ফ্লাক্স $E = -N \frac{d\phi}{dt}$ সূত্রানুসারে গৌণ কুণ্ডলীতে কোনো তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট করতে পারে না, কারণ $d\phi/dt = 0$ হয়। ফলে ইনপুট ডিসি ভোল্টেজের মান যাই হোক না কেন, আউটপুট তথা গৌণ কুণ্ডলীর ভোল্টেজ সর্বদাই শূন্য হয়। তাই ট্রান্সফরমার কেবল এসি প্রবাহে কাজ করে, ডিসি প্রবাহে কাজ করে না।

গ। A বিন্দুর অবস্থান সূচন অবস্থাকে বুঝায় অর্থাৎ সূচন কম্পাঙ্ক,

$$\nu_0 = 2 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

জানা আছে,

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

বের করতে হবে, কার্য অপেক্ষক, $W_0 = ?$

$$\text{আমরা জানি, } W_0 = h\nu_0 = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 2 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$= 1.326 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= 0.82875 \text{ eV (Ans.)}$$

ঘ। প্রশ্নমতে, $2 \times 10^{15} \text{ Hz}$ কম্পাঙ্কের আলো আপতিত হলে নিঃসরিত

ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি, $K_{\max} = 6 \text{ eV}$

এক্ষেত্রে নিবৃতি বিভব = 6V

আপতিত কম্পাঙ্ক দ্বিগুণ করলে, $\nu = 2 \times 2 \times 10^{15} \text{ Hz}$

$$= 4 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

এক্ষেত্রে নিঃসরিত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি,

$$K_{\max} = h\nu - W_0 = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 4 \times 10^{15} \text{ Hz} - 0.82875 \text{ eV}$$

$$= 2.652 \times 10^{-18} \text{ J} - 0.82875 \text{ eV}$$

$$= 16.575 \text{ eV} - 0.82875 \text{ eV}$$

$$= 15.746 \text{ eV}$$

এক্ষেত্রে নিবৃতি বিভব = 15.746 V

$$\text{লক্ষ করি, } \frac{15.746 \text{ V}}{6 \text{ V}} = 2.624 > 2$$

সুতরাং, আপতিত কম্পাঙ্ক দ্বিগুণ করলে নিবৃতি বিভব দ্বিগুণেরও বেশি বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন 81 নিপুন তার ভাই সবুজকে আকাশে উড়ন্ত একটি রকেট দেখাচ্ছিল। পৃথিবীতে সে পর্যবেক্ষণ করেছিল যে, রকেটটির ভর 3 টন ও দৈর্ঘ্য 100m। নিপুন তার ভাইকে বলল যে, রকেটটি $4.2 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$ বেগে চলছে। কিন্তু তার ভাই বলল যে, রকেটটি আলোর বেগে চলছে।

(মতিঝিল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা)

- ক. কম্পটন ক্রিয়া কাকে বলে? ১
- খ. গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়ালে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায় কেন? ২
- গ. রকেটটির চলমান ভর কত হবে? ৩
- ঘ. নিপুনের ভাইয়ের পর্যবেক্ষণ যথার্থ কি-না, গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। ৪

৪১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক। কোনো একটি শক্তিশালী ফোটনের সাথে মুক্ত ইলেকট্রনের সংঘর্ষ ঘটলে ফোটনটি ইলেকট্রনটিকে কিছু শক্তি প্রদান করে। এতে বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য আপতিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের চেয়ে বেশি হওয়ায়ই কম্পটন ক্রিয়া বলে।

খ। গোলাকার পরিবাহীর ধারকত্ব, $C = 4\pi\epsilon r$

অর্থাৎ $C \propto r$, ধারকত্ব ব্যাসার্ধের সমানুপাতিক।

চার্জ গোলকের বাইরের পৃষ্ঠে অবস্থান করে। ব্যাসার্ধ বেশি হলে, গোলকের পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল বেশি হয়। তাই গোলাকার পরিবাহীর ব্যাসার্ধ বাড়লে ধারকত্ব বৃদ্ধি পায়।

গ) রকেটটির চলমান ভর, m হলে,

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

এখানে,
স্থির ভর, $m_0 = 3 \text{ Tons}$
রকেটের বেগ, $v = 4.2 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$

$$= \frac{3}{\sqrt{1 - \left(\frac{4.27 \times 10^7}{3 \times 10^8}\right)^2}}$$

$$= 3.03 \text{ Ton (Ans.)}$$

ঘ) আলোর বেগে চলমান অবস্থায় কোনো রকেটের দৈর্ঘ্য L হলে,

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

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

$$= 0$$

আলোর বেগে চলমান কোন রকেটের চলমান দৈর্ঘ্য শূন্য, ফলে এটি দেখা সম্ভব নয়। কিন্তু নিপুন এবং তার ভাই রকেটটিকে দেখতে পারছিল (পর্যবেক্ষণ করছিল), সুতরাং এটি নিশ্চয়ই আলোর বেগে চলছিল না।

আবার, চলমান কোনো রকেটের ভর m হলে,

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

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

$$= \infty$$

অর্থাৎ, আলোর বেগে চলমান কোনো বস্তুর ভর অসীম। কিন্তু কোনো বস্তুর ভর অসীম হওয়ার জন্য অসীম শক্তির প্রয়োজন, যা অসম্ভব। অতএব, উপরিউক্ত আলোচনা হতে বলা যায় নিপুনের ভাইয়ের পর্যবেক্ষণ সঠিক নয়।

প্রশ্ন ৪২ কামালের ভর 55 kg এবং বয়স 40 বছর। সে $2.4 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ বেগে গতিশীল মহাশূন্যস্থানে চড়ে ছায়াপথ অনুসন্ধান গেল। তার যমজ ভাই নাফিস এর বয়স যখন 80 বছর হলো তখন সে পৃথিবীতে ফিরে এলো।

(আবদুল কাদির মোয়া সিটি কলেজ, নরসিংদী)

- ক. নিবৃত্তি বিভব কী? ১
খ. সমবেগে গতিশীল কাঠামোতে ঘড়ি ধীরে চলে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. উদ্দীপক অনুসারে মহাশূন্যস্থানে কামালের ভর নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে দুই ভাই এর বর্তমান বয়স সমান থাকবে কি না—গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

৪২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার যান্ত্রিক ব্যবস্থায় ক্যাথোড প্লেটের সাপেক্ষে অ্যানোড প্লেটে যে ন্যূনতম ধনাত্মক বিভব দিলে আলোক তড়িৎ প্রবাহমাত্রা তাৎক্ষণিকভাবে বন্ধ হয়ে যায়, সেই বিভবকে নিবৃত্তি বিভব বলা হয়।

খ. সময়ের আপেক্ষিকতা থেকে আমরা জানি,

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \dots \dots \dots (i)$$

কোনো গতিশীল বস্তুর জন্য $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ রাশিটি সব সময় 1 এর চেয়ে ছোট, তাই t সব সময়ই t_0 এর চেয়ে বড়। t_0 কে বলা হয় যথোপযুক্ত বা প্রকৃত সময় এবং t হচ্ছে গতিশীল কাঠামোর সাপেক্ষে সময় ব্যবধান (i)নং সমীকরণ অনুযায়ী $t > t_0$ ।

এ কারণে সমবেগে গতিশীল কাঠামোতে ঘড়ি স্থির কাঠামোর ঘড়ি অপেক্ষা ধীরে চলে।

গ) ১১(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : 91.67 kg

ঘ) ১১(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

উত্তর : কামালের বয়স হবে 48 বছর।

প্রশ্ন ৪৩ একটি কাল্পনিক চলমান ট্রেনে একটি বস্তুর ভর 100 kg এবং দৈর্ঘ্য নিশ্চল দৈর্ঘ্যের 50%।

(সরকারি হরণগঙ্গা কলেজ, মুন্সিগঞ্জ)

- ক. কার্য অপেক্ষক কী? ১
খ. “জরুরি প্রয়োজন ছাড়া আমাদের এক্সরে করা উচিত নয়”—ব্যাখ্যা করো। ২
গ. কাল্পনিক ট্রেনটির গতিবেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. ট্রেনটি থেমে গেলে বস্তুর ভরের কোনো পরিবর্তন হবে কী? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো ধাতুখণ্ডের ওপর ন্যূনতম যে শক্তির ফোটন আপতিত হলে এটি হতে ইলেকট্রন নিঃসৃত হবার উপক্রম হয় তাকে ঐ ধাতুখণ্ডের কার্যাপেক্ষক বলে।

খ. এক্সরে এক প্রকার তড়িত চৌম্বক বিকিরণ। এর কম্পাঙ্ক (f) উচ্চ। তাই $E = hf$ সূত্রানুসারে এর শক্তি ও উচ্চমানের। দেহের কোনো অংশে এক্সরে করানো হলে তার যথেষ্ট পার্শ্বপ্রতিক্রিয়া আছে। এটি অনেকটা রেডিওথেরাপির মতো কাজ করে। ফলে বহুসংখ্যক সুস্থকোষ বিনষ্ট করে। পরপর কয়েকবার দেহের একই অঙ্গের এক্সরে করলে ঐ অঙ্গের প্রভূত ক্ষতি হয়, এমনকি তা বিকলাঙ্গ হয়ে যেতে পারে। অল্প কিছুদিনের ব্যবধানে মুখমণ্ডলের এক্সরে করানো হলে দাঁত ও চুল পড়ে যেতে পারে। গর্ভাবস্থায় বিশেষ প্রয়োজন ছাড়া এক্সরে করানো উচিত নয়। প্রতিবার এক্সরেতে নবজাতকের দেহের বেশ কিছু ক্ষতিসাধন হয়। সুতরাং, জরুরি প্রয়োজন ছাড়া আমাদের এক্সরে করা উচিত নয়।

গ) দৈর্ঘ্য সংকোচনের সূত্রানুযায়ী,

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

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

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

$$\Rightarrow 1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{4}$$

$$\Rightarrow \frac{v^2}{c^2} = \frac{3}{4}$$

$$\therefore v = \frac{\sqrt{3}}{2} c$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{2} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$= 2.598 \times 10^8 \text{ m/s (Ans.)}$$

নিশ্চল দৈর্ঘ্য, $L_0 = L_0$
গতিশীল দৈর্ঘ্য, $L = 0.5L_0$
ট্রেনের বেগ, $v = ?$
আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

ঘ) ‘গ’ হতে, ট্রেনের বেগ, $v = \frac{\sqrt{3}}{2} c$ দেওয়া আছে,
গতিশীল অবস্থায় ভর,
 $m = 100 \text{ kg}$
 $\Rightarrow \frac{v}{c} = \frac{\sqrt{3}}{2}$
 $\therefore \frac{v^2}{c^2} = \frac{3}{4}$

ভরের আপেক্ষিকতার সূত্রানুযায়ী,

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

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

$$= m \sqrt{1 - \frac{3}{4}} = \frac{m}{2} = \frac{100}{2} = 50 \text{ kg}$$

অতএব, ট্রেনটি থেমে গেলে এর ভরের পরিবর্তন হবে।

প্রশ্ন ৮৮ পটাশিয়াম ধাতুর কার্যাপেক্ষক 2.5 eV । জাবেদ উক্ত ধাতুর উপর পর্যায়ক্রমে 6000 \AA এবং 5000 \AA তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো আপতিত করল।

(ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, মোমেনশাহী)

- আলোক তড়িৎ ক্রিয়ার সংজ্ঞা দাও। ১
- কোনো বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হতে পারে না কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
- ধাতুর সূচন তরঙ্গ দৈর্ঘ্য \AA এককে নির্ণয় করো। ৩
- উদ্দীপকে জাবেদ এর আপতিত তরঙ্গ ধাতব পাত থেকে ইলেকট্রন নিঃসরণ করতে পারবে কি পারবে না তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতব পৃষ্ঠের ওপর যথেষ্ট উচ্চ কম্পাঙ্কের আলোক রশ্মি বা অন্য কোনো তড়িৎচুম্বকীয় তরঙ্গ আপতিত হলে উক্ত ধাতু থেকে ইলেকট্রন নিঃসৃত হওয়ার ঘটনাকে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া বলে।

খ ভরের আপেক্ষিকতা অনুসারে, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ । বস্তুর বেগ আলোর

বেগের সমান হলে অর্থাৎ $v = c$ হলে,

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

কিন্তু বস্তুর ভর কখনো অসীম হতে পারে না। তাই বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হয় না, সর্বদা আলোর বেগ অপেক্ষা কম হয়।

গ পটাশিয়াম ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক f_0 হলে,

$$\text{কার্যাপেক্ষক, } \phi_0 = hf_0$$

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

$$\text{বা, } \lambda_0 = \frac{hc}{\phi_0}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{4 \times 10^{-19}}$$

$$= 4972.5 \text{ \AA} \text{ (Ans.)}$$

ঘ এখানে,

জাবেদ কর্তৃক আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য,

$$\lambda_1 = 6000 \text{ \AA}$$

$$\lambda_2 = 5000 \text{ \AA}$$

'গ' হতে পাই,

$$\text{ধাতুর সূচন তরঙ্গ, } \lambda_0 = 4972.5 \text{ \AA}$$

$$\text{যেহেতু } \lambda_1 > \lambda_0 \text{ এবং } \lambda_2 > \lambda_0$$

জানা আছে, কোনো ধাতু হতে ইলেকট্রন নিঃসৃত করতে চাইলে ঐ ধাতুর সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্যের কম তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ফেলতে অর্থাৎ জাবেদ এর আপতিত তরঙ্গসমূহ ধাতব পাত থেকে ইলেকট্রন নিঃসরণ করতে পারবে না।

প্রশ্ন ৮৫ $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ স্থির ভরের একটি ইলেকট্রন 0.99 C গতিবেগে চলছে।

(রাজশাহী সরকারি মহিলা কলেজ, রাজশাহী)

- কার্যাপেক্ষক কী? ১
- ইলেকট্রন দিয়ে ফোটন ও ফোটন দিয়ে ইলেকট্রন উৎপাদন সম্ভব কিনা ব্যাখ্যা করো। ২
- উদ্দীপকের আলোকে ইলেকট্রনটির মোট শক্তি নির্ণয় করো। ৩
- ইলেকট্রনটির নিউটনীয় এবং আপেক্ষিকতা ভিত্তিক গতিশক্তি তুলনা করো। ৪

৮৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতুখন্ডের ওপর ন্যূনতম যে শক্তির ফোটন আপতিত হলে এটি হতে ইলেকট্রন নিঃসৃত হবার উপক্রম হয় তাকে ঐ ধাতুখন্ডের কার্যাপেক্ষক বলে।

খ LED (Light Emitting Diode) বিদ্যুৎ প্রবাহের তথা ইলেকট্রন প্রবাহের দ্বারা আলো (ফোটন) পাওয়া যায়। আবার, শৌর্যকোষে ফোটন আপতিত হলে সেখান হতে ইলেকট্রন অবমুক্তির মাধ্যমে বিদ্যুৎপ্রবাহের সৃষ্টি হয়। তাই ইলেকট্রন দিয়ে ফোটন ও ফোটন দিয়ে ইলেকট্রন উৎপাদন সম্ভব।

গ দেওয়া আছে,

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

$$\text{বেগ, } v = 0.99 \text{ c}$$

আমরা জানি,

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

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

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

\therefore ইলেকট্রনটির মোট শক্তি, $E = mc^2$

$$= 6.45 \times 10^{-30} \times (3 \times 10^8)^2$$

$$= 5.8 \times 10^{-13} \text{ J (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,

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

বেগ, $v = 0.99 \text{ c}$

"গ" অংশ হতে পাই,

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

\therefore ইলেকট্রনটির নিউটনীয় গতিশক্তি, $E_{k_0} = \frac{1}{2} m_0 v^2$

$$= \frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} \times (0.99c)^2$$

$$= 4.01 \times 10^{-14} \text{ J}$$

$$= 0.250625 \text{ MeV}$$

আবার, আপেক্ষিকতার তত্ত্ব থেকে প্রাপ্ত গতিশক্তি,

$$E_k = (m - m_0) c^2$$

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

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

$$= \left[\frac{1}{\sqrt{1 - (0.99)^2}} - 1 \right] \times 9.1 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2 \text{ J}$$

$$= 4.98 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$= 3.1125 \text{ MeV}$$

লক্ষ্য করি, $E_k > E_{k_0}$

অতএব, আপেক্ষিকতা ভিত্তিক গতিশক্তি, নিউটনের গতিশক্তি অপেক্ষা বৃহত্তর হবে।

প্রশ্ন ৪৬ হানিফ আলোক তড়িৎ ক্রিয়ার পরীক্ষা চালানোর সময় সে বেগুনীবর্ণের আলোকরশ্মি যার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 4000\AA সোডিয়াম ধাতুর উপর ফেলে আলোক তড়িৎ প্রবাহ পায় এবং এ পরীক্ষায় নিবৃতি বিভব 1.5V পান। এর পর তিনি লাল বর্ণের আলোকরশ্মি (8000\AA তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের) সোডিয়ামের উপর ফেলেন।

[গাজীপুর ক্যান্টনমেন্ট কলেজ]

- ক. জড় প্রসঙ্গ কাঠামো কাকে বলে? ১
খ. গ্যালিলীয় রূপান্তর ও বেগ রূপান্তর উভয়ই আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্বের স্বীকার্যের পরিপন্থী কেন? ২
গ. আলোক তড়িৎক্রিয়া পরীক্ষায় সর্বোচ্চ গতিশক্তি প্রাপ্ত ইলেকট্রনটির বেগ নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উদ্দীপকে লালরশ্মি কি আলোক তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করতে পারে? ৪

৪৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুব বেগে গতিশীল যে সকল প্রসঙ্গ কাঠামোতে নিউটনের গতি সূত্রগুলো অর্জন করা যায়, তাদেরকে জড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে।

খ. গ্যালিলীয় রূপান্তর আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্বের স্বীকার্য দুটোকে লঙ্ঘন করে নিম্নের দুটি কারণে:

১. প্রথম স্বীকার্য অনুসারে S এবং S' কাঠামোতে পদার্থবিজ্ঞানের সূত্রগুলোকে একই প্রকার সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা উচিত। কিন্তু তড়িৎবিজ্ঞান ও চৌম্বকত্বের বেলায় এক কাঠামোর জন্য প্রযোজ্য সমীকরণগুলো অন্য কাঠামোর জন্য লিখতে গেলে তা পৃথক আকারের হয় যা প্রথম স্বীকার্যের লঙ্ঘন।
২. দ্বিতীয় স্বীকার্য অনুসারে আলোর দ্রুতি c , S এবং S' এই উভয় কাঠামোতে একই হবে। কিন্তু গ্যালিলীয় রূপান্তর থেকে আমরা পাই যে, আলোর দ্রুতি পর্যবেক্ষকের দ্রুতির উপর নির্ভরশীল। এটি দ্বিতীয় স্বীকার্যের লঙ্ঘন।

গ.

$$T_{\max} = eV$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2}mv_{\max}^2 = eV$$

$$\text{বা, } v_{\max} = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.5}{9.11 \times 10^{-31}}} \text{ ms}^{-1}$$

$$= 725.87 \text{ kms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

দেওয়া আছে,
তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 4000\text{\AA}$
নিবৃতি বিভব, $V = 1.5\text{V}$
ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ বেগ,
 $v_{\max} = ?$

ঘ. আমরা জানি,

লাল আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 7 \times 10^{-7} \text{ m}$

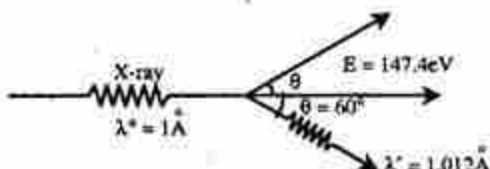
$$\therefore \text{লাল আলোর তরঙ্গ শক্তি, } E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{7 \times 10^{-7}}$$

$$= 1.78 \text{ eV}$$

সুতরাং, যদি উদ্দীপকে উল্লিখিত সোডিয়াম ধাতুর কার্যপেক্ষক এই শক্তি অপেক্ষা কম হয় তবেই লাল আলো আলোক তড়িৎ প্রবাহ তৈরি করতে পারবে। যেহেতু এখানে সোডিয়ামের কার্যপেক্ষক দেয়া নাই। তাই এক্ষেত্রে তড়িৎ প্রবাহ হবে কিনা তা নির্ণয় করা সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ৪৭



[অগ্রাণী স্কুল এন্ড কলেজ, রাজশাহী]

গ. গতিশীল ইলেকট্রনের ভর কত? ৩

ঘ. উদ্দীপকের ঘটনা শক্তির সংরক্ষণশীলতা সমর্থন করে কিনা—
গাণিতিকভাবে সাচাই করো। ৪

৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. বস্তুর ভর পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে এর আপেক্ষিক গতির ওপর নির্ভরশীল। বস্তুর গতির পরিবর্তনে এর ভরের পরিবর্তন ঘটে। একে ভরের আপেক্ষিকতা বলে।

খ. একটি ইলেকট্রনকে নিউক্লিয়াসের ভিতরে অবস্থান করতে হলে এর গতিশক্তি হতে হবে কমপক্ষে 10 MeV । যা ভরবেগের অনিশ্চয়তা সূত্র থেকে প্রমাণিত। কিন্তু তেজস্ক্রিয় নিউক্লিয়াস থেকে যেসব ইলেকট্রন নির্গত হয় তার গতিশক্তি 10 MeV অপেক্ষা অনেক কম। সুতরাং বলা যায়, গতিশক্তি তুলনামূলকভাবে অনেক কম হওয়ার কারণে ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের ভিতরে অবস্থান করতে পারে না।

গ. দেওয়া আছে, গতিশীল ইলেকট্রনটির গতি শক্তি, $T = 147.4 \text{ eV}$
 $= 2.358 \times 10^{-17} \text{ J}$

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

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

গতিশীল ইলেকট্রনটির ভর m হলে আমরা জানি

$$E = mc^2$$

$$\text{বা, } T + m_0c^2 = mc^2$$

$$\therefore m = \frac{T + m_0c^2}{c^2}$$

$$= \frac{2.358 \times 10^{-17} + 9.1 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2}{(3 \times 10^8)^2}$$

$$= 9.10262 \times 10^{-31} \text{ kg (Ans.)}$$

ঘ. $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

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

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

$\lambda = 1\text{\AA} = 10^{-10} \text{ m}$

$\lambda' = 1.012\text{\AA} = 1.012 \times 10^{-10} \text{ m}$

উদ্দীপক হতে সংঘর্ষের পূর্বে মোট শক্তি

$$K_1 = hf + m_0c^2$$

$$= h \frac{c}{\lambda} + m_0c^2$$

$$= \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{10^{-10}} + [9.1 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2]$$

$$= 1.9875 \times 10^{-15} + 8.19 \times 10^{-14}$$

$$\therefore K_1 = 8.38 \times 10^{-14} \text{ J}$$

সংঘর্ষের পরে মোট শক্তি

$$K_2 = hf' + \sqrt{m_0^2c^4 + p^2c^2}$$

$$= h \frac{c}{\lambda'} + \sqrt{m_0^2c^4 + \left(\frac{hf}{c}\right)^2c^2}$$

$$= h \frac{c}{\lambda'} + \sqrt{m_0^2c^4 + (hf')^2}$$

$$= h \frac{c}{\lambda'} + \sqrt{m_0^2c^4 + \left(h \frac{c}{\lambda'}\right)^2}$$

$$= \frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.012 \times 10^{-10}} +$$

$$\sqrt{\left[(9.1 \times 10^{-31})^2 \times (3 \times 10^8)^4 + \left(\frac{6.625 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.012 \times 10^{-10}}\right)^2\right]}$$

$$= 1.96 \times 10^{-15} + \sqrt{6.71 \times 10^{-27} + 3.84 \times 10^{-30}}$$

$$= 1.96 \times 10^{-15} + 8.19 \times 10^{-14}$$

$$\therefore K_2 = 8.38 \times 10^{-14} \text{ J}$$

সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, $K_1 = K_2$

অর্থাৎ উদ্দীপকের ঘটনা শক্তির সংরক্ষণশীলতা সমর্থন করে।

ক. ভরের আপেক্ষিকতা কী? ১

খ. নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে ইলেকট্রন থাকতে পারে না কেন? ২

প্রশ্ন ৪৮ সরকারি শহীদ বুলবুল কলেজের বিজ্ঞান বিভাগের সকল শিক্ষার্থী মিলে একটি 10m দৈর্ঘ্যে সিলিণ্ডার আকৃতির মহাশূন্যযানের মডেল তৈরি করল যার ভর 2000kg এবং এটি 260000 kmh⁻¹ বেগে গতিশীল হতে সক্ষম। মহাশূন্যযানের আয়তন 31.4m³।

(সরকারি শহীদ বুলবুল কলেজ, পাবনা)

- ক. এক্স রে কী? ১
- খ. কোন বস্তু আলোর বেগের চেয়ে বেশি বেগে চলতে পারে না ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. গতিশীল অবস্থায় মহাশূন্যযানের ভর নির্ণয় করো। ৩
- ঘ. গতিশীল অবস্থায় এর ক্ষেত্রফলের কোনো পরিবর্তন হবে কিনা- গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৪৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. দ্রুতগতি সম্পন্ন ইলেকট্রন কোন ধাতুকে আঘাত করলে তা থেকে উচ্চ ভেদন ক্ষমতাসম্পন্ন অজানা প্রকৃতির এক প্রকার বিকিরণ উৎপন্ন হয়, এ বিকিরণকে এক্স-রে বলে।

খ. ভরের আপেক্ষিকতা হতে আমরা জানি যে,

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

এখানে, m_0 = স্থির বস্তুর ভর

m = গতিশীল অবস্থায় বস্তুর ভর

c = আলোর বেগ

v = বস্তুর বেগ

এখানে, $v > c$ হলে m অসম্ভব হয় এবং $v = c$ হলে $m = \infty$ হয়, যা অসম্ভব।

তাই কোন বস্তুকে আলোর বেগের চেয়ে বেশি বেগে চালানো সম্ভব নয়।

গ. ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 4008.9 kg

ঘ. এখানে,

মহাকাশযানের স্থির দৈর্ঘ্য, $l_0 = 10$ m

মহাকাশযানের স্থির আয়তন, $V = 31.4$ m³

মহাকাশযানের বেগ, $v = 2.6 \times 10^8$ m/s

$$= \frac{2.6}{3} C$$

অতএব, মহাকাশযানের ব্যাসার্ধ, r হলে,

$$\pi r^2 l_0 = 31.4$$

$$\text{বা, } r = \sqrt{\frac{31.4}{\pi l_0}}$$

$$= \sqrt{\frac{31.4}{3.14 \times 10}}$$

$$= 1 \text{ m}$$

যেহেতু r বরাবর কোনো আপেক্ষিক বেগ নেই। সেহেতু গতিশীল অবস্থায় ব্যাসার্ধের কোনো পরিবর্তন হয় না। তাই ভূমির ক্ষেত্রফলেরও

কোন পরিবর্তন হবে না। গতিশীল দৈর্ঘ্য, $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

স্থির অবস্থায় সম্পূর্ণ পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল,

$$A_0 = 2\pi r (r + l_0)$$

গতিশীল অবস্থায় সম্পূর্ণ পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল,

$$A = 2\pi r (r + l)$$

$$\text{অতএব, ক্ষেত্রফলের শতকরা পরিবর্তন} = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\%$$

$$= \frac{2\pi r (r + l_0 - r - l)}{2\pi r (r + l_0)} \times 100\%$$

$$= \frac{l_0 - l}{r + l_0} \times 100\%$$

$$= \frac{l_0 \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right\}}{r + l_0} \times 100\%$$

$$= \frac{10 \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2.6}{3} \right)^2} \right\}}{1 + 10} \times 100\%$$

$$= 45.55\%$$

অতএব, গতিশীল অবস্থায় মহাকাশযানের সম্পূর্ণ পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল 45.55% হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ৪৯ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজের পদার্থ বিজ্ঞান বিভাগের প্রভাষক মি. ফারুক আহাম্মেদ ধাতুর উপর বিভিন্ন তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের রশ্মি ফেলে পরীক্ষা করার সময় লক্ষ করেন যে, একটি ধাতুর উপর 3000Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের অতিবেগুণী রশ্মি ফেলা হলে ঐ ধাতুর পৃষ্ঠ হতে ইলেকট্রন নির্গত হয়। ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক 6.8×10^{14} Hz।

(ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর)

- ক. এক হেনরি এর সংজ্ঞা দাও। ১
- খ. X-ray চৌম্বক ক্ষেত্রদ্বারা বিক্ষিপ্ত হয় না- ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. উদ্দীপকে উল্লিখিত ধাতু হতে নির্গত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিবেগ কত? ৩
- ঘ. উক্ত ধাতুর উপর 3800Å তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলোকরশ্মি আপতিত হলে নিবৃতি বিভবের কোন পরিবর্তন হবে কি না- গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও। ৪

৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো কুণ্ডলীতে 1 As⁻¹ হারে তড়িৎপ্রবাহমাত্রার পরিবর্তন করলে যদি 1V তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয়, তাহলে ঐ কুণ্ডলীর স্বকীয় আবেশ গুণাক্রমকে এক হেনরী বলে।

খ. X-ray কোন আহিত কণা নয়। এটি একটি তড়িৎ চুম্বকীয় তরঙ্গ। যেহেতু X-ray এর ভিতর কোন চার্জ নেই তাই X-ray চৌম্বক ক্ষেত্র ও তড়িৎক্ষেত্র দ্বারা বিচ্যুত হয় না।

গ. এখানে, আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 3000 \text{ Å}$
 $= 3000 \times 10^{-10} \text{ m}$

ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক, $f_0 = 6.8 \times 10^{14} \text{ Hz}$

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

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

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

আমরা জানি, $hf = w_0 + K_{\max}$

$$\text{বা, } hf = h \frac{c}{\lambda_0} + K_{\max}$$

$$\text{বা, } K_{\max} = hf - hf_0$$

$$= h(f - f_0)$$

$$= h \left(\frac{c}{\lambda} - f_0 \right)$$

$$= 6.63 \times 10^{-34} \left(\frac{3 \times 10^8}{3000 \times 10^{-10}} - 6.8 \times 10^{14} \right)$$

$$= 2.122 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\therefore K_{\max} = 2.122 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{বা, } \frac{1}{2} m v_{\max}^2 = 2.122 \times 10^{-19}$$

$$\text{বা, } v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \times 2.122 \times 10^{-19}}{9.1 \times 10^{-31}}}$$

$$\therefore v_{\max} = 6.83 \times 10^5 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

এখানে,

আপতিত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 3800 \text{ \AA}$

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

আমরা জানি, $hf = W_0 + K_{\max}$

বা, $K_{\max} = hf - W_0$

$$= hf - hf_0$$

$$= h \left(\frac{c}{\lambda} - f_0 \right)$$

$$= 6.63 \times 10^{-34} \left(\frac{3 \times 10^8}{3800 \times 10^{-10}} - 6.8 \times 10^{14} \right)$$

$$= 7.258 \times 10^{-20} \text{ J}$$

এখন, নিবৃত্তি বিভব V হলে—

$$K_{\max} = eV$$

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

$$\text{বা, } V = \frac{7.258 \times 10^{-20}}{1.6 \times 10^{-19}}$$

$$\text{বা, } V = 0.454 \text{ V}$$

আবার, 'গ' হতে,

$$K'_{\max} = 2.122 \times 10^{-19} \text{ J}$$

নিবৃত্তি বিভব V' হলে

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

$$\text{বা, } V' = \frac{K'_{\max}}{e}$$

$$= \frac{2.122 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.326 \text{ V}$$

$$\therefore \text{নিবৃত্তি বিভবের পরিবর্তন} = 1.3226 \text{ V} - 0.454 \text{ V}$$

$$= 0.869 \text{ V}$$

\therefore উক্ত ধাতুর উপর 3800 \AA তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলোক রশ্মি আপতিত হলে নিবৃত্তি বিভব 0.869 V কমে যাবে।

প্রশ্ন ৫০ 10 kg m^{-3} ঘনত্বের ও 10 kg ভরের একটি সুষম ঘনাকৃতি বস্তু প্রযুক্ত বলের প্রভাবে প্রচণ্ড বেগে গতিশীল হয়। গতিশীল অবস্থায় এর দৈর্ঘ্য কিছুটা হ্রাস পেয়েছে বলে— ভূ-পৃষ্ঠের একজন পর্যবেক্ষকের কাছে মনে হয়।

[মকবুলার রহমান সরকারি কলেজ, পঞ্চগড়]

- দ্য-ব্রগলী তরঙ্গদৈর্ঘ্য কাকে বলে? ১
- কোনো বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান হতে পারে কি? ২
- পর্যবেক্ষকের কাছে বস্তুটির দৈর্ঘ্য 0.5 m বলে মনে হলে পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে বস্তুর বেগ নির্ণয় করো। ৩
- পর্যবেক্ষকের কাছে বস্তুর গতিশীল অবস্থায় ঘনত্ব স্থির অবস্থার ঘনত্বের বেশি হবে কি-না মতামত দাও? ৪

৫০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক চলমান কণার সাথে একটি তরঙ্গ যুক্ত থাকে। এ তরঙ্গকে ডি-ব্রগলী তরঙ্গ বলে।

খ ভরের আপেক্ষিক তত্ত্ব অনুসারে আমরা জানি, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

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

$= \frac{m_0}{\sqrt{1 - 1}} = \frac{m_0}{0} = \infty$ হয় যা অসম্ভব। তাই বস্তুর বেগ আলোর বেগের সমান না বেশি হতে পারে না।

গ দৈর্ঘ্য সংকোচনের সূত্রানুযায়ী—

$$a = a_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$\text{বা, } 1 - \frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{a}{a_0} \right)^2$$

$$\text{বা, } \frac{v^2}{c^2} = 1 - \left(\frac{a}{a_0} \right)^2$$

$$\text{বা, } v = \sqrt{1 - \left(\frac{a}{a_0} \right)^2} c$$

$$= \left\{ 1 - \left(\frac{0.5}{1} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \times 3 \times 10^8$$

$$= 2.6 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

এখানে,

বস্তুটির স্থির ভর, $m_0 = 10 \text{ kg}$

স্থির ঘনত্ব, $\rho_0 = 10 \text{ kg m}^{-3}$

অতএব এর দৈর্ঘ্য, a_0 হলে,

$$a_0^3 = \frac{m_0}{\rho_0} = \frac{10}{10} \text{ m}^3$$

$$\therefore a_0 = 1 \text{ m}$$

গতিশীল দৈর্ঘ্য, $a = 0.5 \text{ m}$

\therefore বেগ, $v = ?$

ঘ ঘনাকার বস্তুটি তার দৈর্ঘ্য বরাবর গতিশীল। তাই এ দৈর্ঘ্য বরাবর এর সংকোচন ঘটে। ক্ষেত্রফল বরাবর কোনো সংকোচন হয় না।

অতএব, গতিশীল আয়তন, $V = a_0^3 a$

$$\text{বা, } V = a_0^3 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

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

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

$$\therefore \text{গতিশীল ঘনত্ব, } \rho = \frac{m}{V}$$

$$= \frac{\frac{m_0}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}}}{V_0 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \frac{\frac{m_0}{V_0}}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$= \frac{\rho_0}{1 - \left(\frac{2.6}{3}\right)^2}$$

$$= \frac{\rho_0}{0.25}$$

$$\therefore \rho : \rho_0 = 4 : 1$$

অতএব, গতিশীল অবস্থায় বস্তুটির ঘনত্ব স্থির অবস্থার তুলনায় ৪ গুণ হবে।

প্রশ্ন ৫১ A ও B দুই ব্যক্তি 25 বছর বয়সে যথাক্রমে $0.866c$ ও $0.99c$ বেগে গতিশীল দুটি মহাশূন্যানে করে মহাকাশ ভ্রমণে গেলেন এবং পৃথিবীর হিসাবে 15 বছর পর পৃথিবীতে ফিরে আসেন। A ও B উভয় ব্যক্তির ভর 50 কেজি।

[কার্টনমেইট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, রংপুর]

- তড়িৎ দ্বি-মেরু কাকে বলে? ১
- গতিশীল চার্জ বাহ্যিক বল অনুভব করে— ব্যাখ্যা করো। ২
- উদ্দীপকের আলোকে পৃথিবীতে ফিরে আসার পর দুই ব্যক্তির বয়সের ব্যবধান কত হবে? ৩
- A ব্যক্তির আইনস্টাইনের গতিশক্তি B ব্যক্তির চেয়ে কম না বেশি— উদ্দীপকের আলোকে গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও। ৪

৫১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক দুটি বিপরীতধর্মী কিন্তু সমমানের আধান খুব কাছাকাছি অবস্থান করলে এদেরকে একত্রে তড়িৎ দ্বিমেরু বলে।

খ। গতিশীল আধান নিজস্ব চৌম্বক ক্ষেত্র উৎপন্ন করে। উৎপন্ন এ চৌম্বক ক্ষেত্রের বলরেখাসমূহ পূর্ব হতেই বিদ্যমান চৌম্বক ক্ষেত্রের বলরেখাসমূহের সাথে মিথস্ক্রিয়া বিকর্ষণ সম্পন্ন করে। বলরেখাসমূহের মধ্যকার বিকর্ষণের দরুন একটি লম্বি চৌম্বক ক্ষেত্রের উদ্ভব হয় এবং গতিশীল আধানটি এর গতিপথ পরিবর্তন করার তাগিদে একটি বল অনুভব করে, যা চৌম্বক বল নামে পরিচিত। এসকল কারণেই গতিশীল আধান চৌম্বকক্ষেত্রে বল অনুভব করে।

গ। দেওয়া আছে,

A ব্যক্তির বেগ, $v_A = 0.866c$

B ব্যক্তির বেগ, $v_B = 0.99c$

ভূ-পৃষ্ঠ থেকে নির্গত সময়, $t = 15y$

মহাশূন্যখানে A এর বয়স $t_{OA} = ?$

এবং B এর বয়স $t_{OB} = ?$

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

A এর ক্ষেত্রে,

$$\begin{aligned} t_{OA} &= t \sqrt{1 - \frac{v_A^2}{c^2}} \\ &= 15 \sqrt{1 - \frac{(0.866c)^2}{c^2}} \\ &= 15 \sqrt{1 - 0.74995} \\ &= 7.5y \end{aligned}$$

∴ A ব্যক্তির বয়স = (25 + 7.5) বছর
= 32.5 বছর

B-এর ক্ষেত্রে,

$$\begin{aligned} t_{OB} &= t \sqrt{1 - \frac{v_B^2}{c^2}} \\ &= 15 \sqrt{1 - \frac{(0.99c)^2}{c^2}} = 15 \sqrt{1 - 0.9801} = 2.116y \end{aligned}$$

B ব্যক্তির বয়স = (25 + 2.116) বছর
= 27.116 বছর

∴ A ও B ব্যক্তির বয়সের ব্যবধান = (32.5 - 27.11 c) বছর
= 5.384 বছর (Ans.)

ঘ। এখানে,

A ব্যক্তির স্থির অবস্থায় ভর, $m_{OA} = 25 \text{ kg}$

B ব্যক্তির স্থির অবস্থায় ভর, $m_{OB} = 25 \text{ kg}$

A ব্যক্তির বেগ, $v_A = 0.866c$

B ব্যক্তির বেগ, $v_B = 0.99c$

A ও B এর গতিশীল ভর যথাক্রমে m_A ও m_B হলে এদের আইনস্টাইনীয় গতিশক্তি—

$$\begin{aligned} K_A &= (m_A - m_{OA}) c^2 \\ &= m_{OA} c^2 \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_A^2}{c^2}}} - 1 \right\} \\ &= 25 \times (3 \times 10^8)^2 \left[\frac{1}{\sqrt{1 - (0.866)^2}} - 1 \right] \text{ J} \\ &= 2.25 \times 10^9 \text{ GJ} \\ K_B &= (m_B - m_{OB}) c^2 \\ &= \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v_B}{c}\right)^2}} - 1 \right\} m_{OB} c^2 \\ &= \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 - (0.99)^2}} - 1 \right\} \times 25 \times (3 \times 10^8)^2 \\ &= 7.97 \times 10^9 \text{ GJ} \end{aligned}$$

অতএব, $K_B > K_A$, অর্থাৎ A বস্তুর আইনস্টাইনীয় গতিশক্তি B এর তুলনায় কম হবে।

প্রশ্ন ৫২ ফটোতড়িৎ ক্রিয়ায় ব্যবহৃত ধাতুর সূচনশক্তি 6.31 eV । এতে 2000\AA তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ফোটন আপতিত হলো।

[ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, কুমিল্লা]

ক. কাল দীর্ঘায়ন কাকে বলে?

১

খ. হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতিটি লিখো।

২

গ. ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক কত?

৩

ঘ. উদ্দীপকের বর্ণনা অনুসারে কোনো ইলেকট্রন নির্গত হবে কিনা? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো।

৫২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক। ধুববেগে গতিশীল কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধানের তুলনায় স্থির কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধান বেশি। এ বিষয়টি কাল দীর্ঘায়ন নামে পরিচিত।

খ। হাইজেনবার্গের অনিশ্চয়তা নীতি হলো— কোনো কণার অবস্থান ও ভরবেগ নির্ভুলভাবে যুগপৎ পরিমাপ করা যায় না।

নিম্নোক্ত সম্পর্ক দ্বারা সীমাবদ্ধ নির্ভুলতাসহ এ রাশিগুলোর মান নির্ণয় করা যেতে পারে—

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{1}{2} \frac{h}{2\pi}$$

$$\text{বা, } \Delta x \Delta p \geq \frac{h}{2} \left(\because h = \frac{h}{2\pi} \right)$$

এখানে Δx এবং Δp যথাক্রমে অবস্থান ও ভরবেগ নির্ণয়ে অনিশ্চয়তার পরিমাণ। সম্পর্কটি থেকে বোঝা যায়, বস্তুর অবস্থান যতো বেশি নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা যায় তার ভরবেগ তত কম নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা যাবে। আবার, বেশি নির্ভুলভাবে ভরবেগ নির্ণয় করতে হলে কম নির্ভুলভাবে অবস্থান নির্ণয় করতে হবে।

গ। ধাতুটির সূচন কম্পাঙ্ক f_0 হলে,

$$W = hf_0$$

$$\text{বা, } f_0 = \frac{W}{h}$$

$$= \frac{1.011 \times 10^{-18}}{6.63 \times 10^{-34}}$$

$$= 1.52 \times 10^{15} \text{ Hz (Ans.)}$$

এখানে,

$$\text{কার্যাপেক্ষ, } W = 6.31 \text{ eV}$$

$$= 6.31 \times 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= 1.011 \times 10^{-18} \text{ J}$$

ঘ। ১৭ (ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৫৩ একজন মহাশূন্যচারী 25 বছর বয়সে $1.8 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ বেগে গতিশীল 2000kg ভরের একটি মহাশূন্যখানে চড়ে মহাকাশ ভ্রমণে গেলেন। পৃথিবীর হিসেবে তিনি 30 বছর মহাকাশে কাটিয়ে এলেন।

[কুমিল্লা সরকারি মহিলা কলেজ]

ক. নিবৃতি বিভব কী?

১

খ. বিশেষ আপেক্ষিক তত্ত্বের স্বীকার্যগুলো লিখ।

২

গ. মহাশূন্যচারী প্রকৃত বয়স কত হবে?

৩

ঘ. পৃথিবীতে এবং মহাশূন্যখানে অবস্থানরত দুইজন পর্যবেক্ষকের নিকট মহাশূন্যযানের মোট শক্তি একই হবে কী— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো।

৪

৫৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক। ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার যান্ত্রিক ব্যবস্থায় ক্যাথোড প্লেটের সাপেক্ষে অ্যানোড প্লেটে যে ন্যূনতম ধনাত্মক বিভব দিলে আলোক তড়িৎ প্রবাহমাত্রা তাৎক্ষণিকভাবে বন্ধ হয়ে যায়, সেই বিভবকে নিবৃতি বিভব বলা হয়।

খ। বিশেষ আপেক্ষিক তত্ত্বের স্বীকার্য দুটি নিম্নরূপ:

১. পরস্পরের সাপেক্ষে ধুববেগে ধাবমান সকল প্রসঙ্গ কাঠামোতে অর্থাৎ জড় প্রসঙ্গ কাঠামোগুলোতে পদার্থবিজ্ঞানের যেকোনো সূত্র একই রকম সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায়।

২. শূন্যস্থানে বা বায়ু মাধ্যমে আলোর বেগ ধুব এবং এ বেগ আলোর উৎস ও পর্যবেক্ষকের আপেক্ষিক বেগের ওপর নির্ভরশীল নয়।

প ৩(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 49 years

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,

পৃথিবীতে মহাশূন্য যানের ভর, $m_0 = 2000 \text{ kg}$

বেগ, $v = 1.8 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

জানা আছে, আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

ধরা যাক, মহাশূন্যযানের গতিশীল অবস্থায় ভর, m

আমরা জানি,

পৃথিবীতে অবস্থানরত পর্যবেক্ষক ভর পরিমাপ করবেন,

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

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

$$= 2500 \text{ kg}$$

∴ মহাশূন্যযানে অবস্থানরত পর্যবেক্ষক অনুযায়ী মহাশূন্য যানের মোট শক্তি,

$$E_0 = m_0 c^2$$

$$= 2000 \times (3 \times 10^8)^2$$

$$= 1.8 \times 10^{20} \text{ J}$$

এবং পৃথিবীতে অবস্থানরত পর্যবেক্ষক অনুসারে মহাশূন্য যানের মোট শক্তি,

$$E = m c^2$$

$$= 2500 \times (3 \times 10^8)^2$$

$$= 2.25 \times 10^{20} \text{ J}$$

যেহেতু, $E_0 \neq E$

সুতরাং পৃথিবী ও মহাশূন্যযানে অবস্থানরত দুইজন পর্যবেক্ষকের নিকট মহাশূন্য যানের মোট শক্তি এক হবে না।

প্রশ্ন ৫৪ পদার্থবিজ্ঞানের একজন শিক্ষক কলেজ পরীক্ষাগারে আলোক-তড়িৎ প্রদর্শনের জন্য ব্যবস্থা গ্রহণ করলেন। 1g পর্যবেক্ষণে তিনি সোডিয়াম পাতের উপর 300nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের একবর্ণী আলো ফেলে পরীক্ষাটি সম্পন্ন করলেন এবং সম্পূর্ণ পরীক্ষাটি ছাত্র/ছাত্রীদের বুঝিয়ে দিলেন। পরীক্ষাটি পুনরায় করতে গিয়ে তিনি ধীরে ধীরে আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য ক্রমশ বৃদ্ধি করে দেখলেন যে, নির্গত ইলেকট্রনের গতিশক্তি কমে যায়, এবং 505nm তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো সোডিয়াম পাতের উপর আপতিত হলে নির্গত ইলেকট্রনের কোনো গতিশক্তি থাকে না।

(নিম্নের ফয়জুয়েসা সরকারি কলেজ, নাকসাম, কুমিল্লা)

- কার্যপেক্ষক কাকে বলে? ১
- কোন নির্দিষ্ট একটি ধাতব পাতের জন্য ছোট-নাকি বড় তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো দ্বারা সহজে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া প্রদর্শন সহজ হবে? ২
- সোডিয়াম পাতের কার্যপেক্ষক কত ছিল? ৩
- আপতিত আলোক রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বৃদ্ধির সাথে সাথে নির্গত ইলেকট্রনের গতিশক্তি কোনো কমছিল তার যথাযথ ব্যাখ্যা দাও এবং এর মাধ্যমে তুমি আলোর প্রকৃতি সম্পর্কে কী ধারণা পাও? ৪

৫৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কোনো ধাতুখন্ডের ওপর ন্যূনতম যে শক্তির ফোটন আপতিত হলে এটি হতে ইলেকট্রন নিঃসৃত হবার উপক্রম হয় তাকে ঐ ধাতুখন্ডের কার্যপেক্ষক বলে।

খ আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য কম হলে $E = h\nu$ সূত্রানুসারে সংশ্লিষ্ট ফোটনের শক্তি বেশি হবে। সেক্ষেত্রে ঐ ফোটনের শক্তি ধাতুর কার্যপেক্ষক অপেক্ষা বৃহত্তর বা সমান হলে তা ইলেকট্রন নিঃসরণে সক্ষম হবে। সুতরাং কোনো নির্দিষ্ট ধাতব পাতের জন্য ছোট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো দ্বারা সহজে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া প্রদর্শন সহজতর হবে।

গ

কার্যপেক্ষক,

$$\phi = hf_0$$

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

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{505 \times 10^{-9}}$$

$$= 3.939 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= 2.46 \text{ eV (Ans.)}$$

দেওয়া আছে,

সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_0 = 505 \text{ nm}$

ঘ আমরা জানি, একটি আলোক কণার শক্তি, $E = \frac{hc}{\lambda}$

$$\therefore E \propto \frac{1}{\lambda}$$

অর্থাৎ, আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বাড়ানো হলে আলোর শক্তি কমে যায়, আবার, আমরা জানি,

$$\text{গতিশক্তি, } E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

$$\therefore E_k \propto v^2$$

অর্থাৎ, গতিশক্তি কমে গেলে কোনো বস্তুর বেগও হ্রাস পায়। তাই শিক্ষক আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি করায় আলোর শক্তি কমে গিয়েছিল এবং আলোর শক্তি কমে যাওয়ায় নির্গত ইলেকট্রনের গতিশক্তি কম ছিল। এখানে, উল্লেখ্য যে, একটি নির্দিষ্ট তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পরে আর কোনো তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের জন্যই ইলেকট্রন নির্গত হয় না এবং উদ্দীপকের ধাতুর জন্য এই তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 505 nm।

উপরোক্ত পরীক্ষণ থেকে ধারণা পাওয়া যায় যে, আলো এক ধরনের কণা যার শক্তি তার তরঙ্গদৈর্ঘ্য তথা কম্পাঙ্ক তথা রঙের উপর নির্ভরশীল।

প্রশ্ন ৫৫ $1.5 \times 10^{19} \text{ Hz}$ কম্পাঙ্কের একটি ফোটন একটি স্থির ইলেকট্রনকে আঘাত করে। এতে ফোটনটি 45° কোণে বিক্ষিপ্ত হয় এবং ইলেকট্রনটি আলোকদ্রুতির 90% দ্রুতিতে গতিশীল হয়।

(বাংলাদেশ নৌবাহিনী কলেজ, চট্টগ্রাম)

- অজড় প্রসঙ্গ কাঠামো কাকে বলে? ১
- আলোর দ্রুতিকে সার্বজনীন ধ্রুবক বলার কারণ কি? ব্যাখ্যা করো। ২
- বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য কত? ৩
- উদ্দীপকের উল্লিখিত ঘটনা শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি সমর্থন করে কিনা যাচাই করো। ৪

৫৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে সকল প্রসঙ্গ কাঠামো পরস্পরের সাথে ধ্রুব বেগে গতিশীল নয় অর্থাৎ যে সকল প্রসঙ্গ কাঠামোর ত্বরণ থাকে তাদেরকে অজড় প্রসঙ্গ কাঠামো বলে।

খ আলোর দ্রুতি ধ্রুবতার নীতিটি হচ্ছে—শূন্য স্থানে সকল জড় প্রসঙ্গ কাঠামোতে আলোর দ্রুতিতে c এর মান একই।

ব্যাখ্যা: ধরি, তিন জন পর্যবেক্ষক O_1, O_2, O_3 ; S_1, S_2, S_3 কাঠামোতে আছেন যেখানে S_2, S_1 থেকে $\frac{c}{4}$ দ্রুতিতে দূরে সরে যাচ্ছে এবং S_3, S_1 এর দিকে $\frac{c}{4}$ দ্রুতিতে এগিয়ে আসছে। O_1 যদি কোনো আলো নিঃসরণ করেন, তাহলে O_2 তার দ্রুতি পরিমাপ করার কথা $c - \frac{c}{4} = \frac{3c}{4}$ এবং O_3

এর পরিমাপ করার কথা $c + \frac{c}{4} = \frac{5c}{4}$ । কিন্তু সকলেই আলোর দ্রুতি পরিমাপ করেন c । ইহাই আলোর দ্রুতি ধ্রুবতার নীতি।

গ

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

দেওয়া আছে,

আদি কম্পাঙ্ক, $f = 1.5 \times 10^{19} \text{ Hz}$

বিক্ষেপণ কোণ, $\phi = 45^\circ$

$$= \frac{6.634 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8} (1 - \cos 45)$$

$$\Rightarrow \lambda' - \lambda = 7.1 \times 10^{-13}$$

$$\Rightarrow \lambda' = \lambda + 7.1 \times 10^{-13}$$

$$= \frac{c}{f} + 7.1 \times 10^{-13}$$

$$= \frac{3 \times 10^8}{1.5 \times 10^{19}} + 7.1 \times 10^{-13}$$

$$= 2.07 \times 10^{-11}$$

$$= 0.207 \text{ \AA} \text{ (Ans.)}$$

ঘ. সংঘর্ষের পূর্বে মোট শক্তি, $E_i = hf + m_0 c^2$

$$= 6.63 \times 10^{-34} \times 1.5 \times 10^{19} + 9.11 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2$$

$$= 9.2 \times 10^{-14} \text{ J}$$

$$= 0.575 \text{ MeV}$$

সংঘর্ষের পরে মোট শক্তি, $E_f = hf' + mc^2$

$$= \frac{hc}{\lambda'} + \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} c^2$$

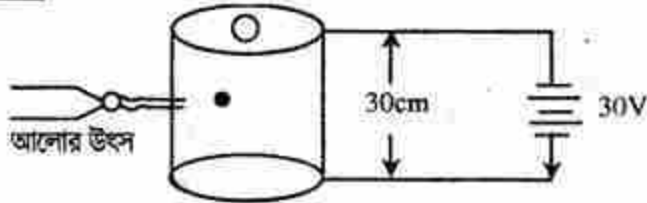
$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2.07 \times 10^{-11}} + \frac{9.11 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2}{\sqrt{1 - (0.9)^2}}$$

$$= 1.977 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$= 1.235 \text{ MeV}$$

$E_i \neq E_f$ অতএব, উদ্দীপকে ঘটনাটি শক্তির সংরক্ষণশীলতা নীতি অনুসরণ করে না।

প্রশ্ন ৫৬ নিম্নের চিত্রটি লক্ষ্য কর—



বায়ুশূন্য কাঁচ পাত্রটির উপর ও নীচের পাতদ্বয় তামার তৈরী। একটি 500 gm ভরের প্লাটিনামের গোলককে উপর থেকে ফেলে দেওয়া হলো। গোলকটি মাঝ বরাবর আসলে একটি আলোর উৎস হতে $7.5 \times 10^{15} \text{ Hz}$ কম্পাংকের আলো দিয়ে স্নাত করার ব্যবস্থা আছে। উল্লেখ্য এই প্রক্রিয়ায় 6×10^{19} টি ফটো ইলেকট্রন নির্গত হয়।

[সরকারি হাজী মুহাম্মদ মহসিন কলেজ, চট্টগ্রাম]

- ঘটনা দিগন্ত কি? ১
- ফটো তড়িৎ ক্রিয়ার ব্যাখ্যায় চিরায়িত বলবিজ্ঞানের ব্যর্থতা লিখ। ২
- প্লাটিনামের কার্যপেক্ষক 5.65eV হলে নির্গত ফটো ইলেকট্রনের বেগ নির্ণয় করো। ৩
- গোলকটি নিচে পড়বে, উপরের দিকে উঠে যাবে নাকি স্থির থাকবে- গাণিতিক যুক্তিসহ উপস্থাপন করো। ৪

৫৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কৃষ্ণ বিবর অঞ্চলের সীমাকে ঘটনা দিগন্ত বলে।

খ. চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞান অনুসারে আলোকশক্তি সমগ্র তরঙ্গ মুখে ব্যাপ্ত থাকে। ধাতব পৃষ্ঠে অবস্থিত এক একটি অণুর উপর তরঙ্গগুলোর খুবই ক্ষুদ্র অংশ আপতিত হয়। ফলে প্রতিটি ইলেকট্রন সেকেন্ডে যৎসামান্য শক্তি আহরণ করে। মুক্ত হওয়ার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি আহরণে অনেক সময় লাগার কথা। কিন্তু বাস্তবে আলোক তড়িৎ ক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা। এক্ষেত্রে চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞান দ্বারা কম্পাঙ্কের ওপর ইলেকট্রনের গতিশক্তির নির্ভরশীলতা ব্যাখ্যা করা যায় না। সূচন কম্পাঙ্কের অস্তিত্ব ব্যাখ্যা করা যায় না। তাছাড়া চিরায়ত পদার্থ বিজ্ঞানানুসারে ইলেকট্রনের গতিশক্তি তীব্রতার ওপর নির্ভরশীল হওয়ার কথা কিন্তু বাস্তবে তা নয়।

গ.

$$hf = \phi + \frac{1}{2} mv^2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} mv^2 = hf - \phi$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times v^2 = 6.63 \times 10^{-34} \times 7.5 \times 10^{15} - 5.65 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\therefore v = 2.98 \times 10^6 \text{ m/s (Ans.)}$$

দেয়া আছে,
কার্যপেক্ষক,
 $\phi = 5.65 \text{ eV}$
 $= 5.65 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$
আলোর কম্পাংক,
 $f = 7.5 \times 10^{15} \text{ Hz}$

ঘ. 6×10^{19} টি ফটো ইলেকট্রন বের হয়ে যাওয়ার পর বলটির চার্জ,
 $q = 6 \times 10^{19} \times 1.6 \times 10^{-19}$
 $= 9.6 \text{ C}$

এখানে, $V = 30 \text{ V}$, $d = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$

এবং পাত্রটির ভিতরে তড়িৎক্ষেত্র, $E = \frac{V}{d}$

$$= \frac{30}{0.3}$$

$$= 100 \text{ N/C}$$

\therefore বলটির উপর বল = তড়িৎ বল - ওজন

$$= qE - mg$$

$$= 9.6 \times 100 - 0.5 \times 9.8$$

[দেয়া আছে, ভর, $m = 0.5 \text{ kg}$]

$$= 960 - 4.9$$

$$= 955.1 \text{ N}$$

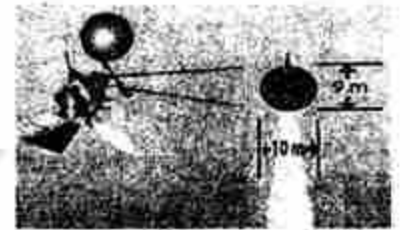
\therefore বলটির ওজন অপেক্ষা তড়িৎবল বেশি।

অতএব, বলটি উপরের দিকে উঠবে। (Ans.)

প্রশ্ন ৫৭ জাফর স্যার আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্ব সম্পর্কে ধারণা দেয়ার জন্য তার ছাত্রদের একটি সায়েন্স ফিকশন সিনেমা দেখাচ্ছিলেন। সিনেমার দুটি দৃশ্য নিম্নরূপ:



একটি গোলাকৃতির স্পেস শিপকে পৃথিবী থেকে মহাকাশে উৎক্ষেপণ মুহূর্ত



মহাকাশ স্টেশন থেকে গতিশীল স্পেস শিপ পর্যবেক্ষণ।

[রাজমাটি সরকারি কলেজ]

- আপেক্ষিক তত্ত্বের দ্বিতীয় স্বীকার্য লিখ। ১
- কোন ক্ষেত্রে গ্যালিলিও রূপান্তর কার্যকর? ২
- মহাকাশ স্টেশন সাপেক্ষে স্পেস শিপটির বেগ কত? ৩
- মহাকাশ স্টেশন সাপেক্ষে স্পেস শিপটির দৃশ্যমান আকার কারণ উদঘাটন করো। ৪

৫৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. আপেক্ষিক তত্ত্বের দ্বিতীয় স্বীকার্য শূন্যস্থানে সকল জড় প্রসঙ্গ কাঠামোতে আলোর বেগ c একই থাকে।

খ. প্রসঙ্গ কাঠামোদ্বয়ের আপেক্ষিক দ্রুতি v , আলোর দ্রুতি c এর তুলনায় অত্যন্ত কম হলে, সেক্ষেত্রে গ্যালিলিও রূপান্তর কার্যকর হয়।

গ. দেওয়া আছে,

$$\text{স্পেস শিপের নিশ্চল দৈর্ঘ্য, } L_0 = 10 \text{ m}$$

$$\text{গতিশীল দৈর্ঘ্য, } L = 9 \text{ m}$$

জানা আছে, আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

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

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

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

বা, $v = c \sqrt{1 - \left(\frac{L}{L_0}\right)^2}$
 $= 3 \times 10^8 \times \sqrt{1 - \left(\frac{9}{10}\right)^2}$
 $= 1.308 \times 10^8 \text{ m}^{-1} \text{ (Ans.)}$

ঘ “গ” অংশ হতে পাই,

স্পেস শিপের বেগ, $v = 1.308 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
 $= 0.44c$

মহাকাশ স্পেশন থেকে যখন $0.44c$ বেগে গতিশীল স্পেস শিপটিকে পর্যবেক্ষণ করা হয় তখন আপেক্ষিকতা তত্ত্ব অনুসারে গতির দিক বরাবর এর ব্যাস সংকোচন লক্ষ করা যায়। কিন্তু গতির সাথে লম্ব বরাবর ব্যাস পূর্বের মতই থাকে ফলে গোলাকার স্পেস শিপটিকে পর্যবেক্ষকের দৃষ্টিতে উপবৃত্তাকার মনে হবে।

প্রশ্ন ৫৮ একটি ধাতুর উপর দুই বন্ধু যথাক্রমে 3000 \AA এবং 2500 \AA তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোর আপতন ঘটালো। লক্ষ্য করা গেল যে উভয় ক্ষেত্রেই ধাতু থেকে ইলেকট্রন নিঃসৃত হলেও প্রথম বন্ধুর আলোর আপতনের কারণে ইলেকট্রন কোনো গতিশক্তি অর্জন করে নি।

[বাগডাছড়ি সরকারি কলেজ, বাগডাছড়ি]

- ক. আলোর অপবর্তন কাকে বলে? ১
- খ. “আলোক তড়িৎ ক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা”—উক্তিটির যথার্থতা ব্যাখ্যা করো। ২
- গ. ধাতুটিতে ইলেকট্রন কত eV বন্ধন শক্তিতে আবদ্ধ ছিল? ৩
- ঘ. দ্বিতীয় বন্ধু ঐ ধাতুর উপর আপতিত আলোর কম্পাংক 10% কমালে নিঃসৃত ইলেকট্রনের বেগ কতটুকু হ্রাস পাবে ব্যাখ্যা করো। ৪

৫৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তীক্ষ্ণ ধার ঘেঁষে যাবার সময় বা সবু ছিদ্র দিয়ে যাবার সময় আলো কিছুটা বেঁকে যাওয়ার ধর্মকে অপবর্তন বলে।

খ কোয়ান্টাম তত্ত্বানুযায়ী একটি ফোটনের সাথে কেবলমাত্র একটি ইলেকট্রনের সংঘর্ষ হয় এবং ইলেকট্রন তার গৃহীত শক্তির ভাগ অন্যান্য ইলেকট্রনকে দেয় না। সুতরাং এই সংঘর্ষে শক্তি সংরক্ষিত থাকে এবং একে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে। স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে শক্তির তাৎক্ষণিক হস্তান্তর হয় বলে আলোক রশ্মির আপতন ও ইলেকট্রন নির্গমন এই দুইয়ের মাঝে কোনো কাল বিলম্বন ঘটে না। সুতরাং ফটোতড়িৎ প্রক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা।

গ যেহেতু প্রথম বন্ধুর আলো দ্বারা ইলেকট্রন কোনো রকমে নিঃসৃত হয়,

\therefore ইলেকট্রন বন্ধনশক্তি = আলোর শক্তি দেওয়া আছে,
 $= \frac{hc}{\lambda}$ প্রথম বন্ধুর,
আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য,
 $\lambda = 3000 \text{ \AA}$

$= \frac{6.634 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3000 \times 10^{-10}}$
 $= 6.634 \times 10^{-19} \text{ J}$
 $= 4.146 \text{ eV. (Ans.)}$

ঘ যদি উদ্দীপকে উল্লিখিত ধাতুর কার্যাপেক্ষক ϕ হয় তবে,

$hf = \frac{1}{2} mv^2 + \phi$ যেখানে, v = ইলেকট্রনের বেগ

f = আপতিত আলোর কম্পাংক

বা, $\frac{1}{2} mv^2 = hf - \phi$

বা, $v = \sqrt{\frac{2}{m} (hf - \phi)}$

$= \sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{hc}{\lambda} - \phi \right)}$

$= \sqrt{\frac{2}{9.11 \times 10^{-31}} \times \left(\frac{6.634 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2500 \times 10^{-10}} - 6.634 \times 10^{-19} \right)}$
 $= 5.4 \times 10^5 \text{ ms}^{-1}$

যদি কম্পাংক 10% কমে তবে নতুন কম্পাংক, $f' = 0.9 f$

$\therefore 0.9 hf = \frac{1}{2} mv'^2 + \phi$

বা, $0.9 \frac{hc}{\lambda} = \frac{1}{2} mv'^2 + \phi$

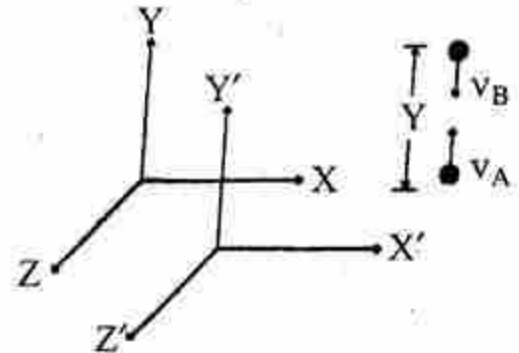
(গ) হতে পাই, $\phi = 6.634 \times 10^{-19} \text{ J}$

$\therefore 0.9 \times \frac{6.634 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2500 \times 10^{-10}} = \frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times v'^2 + 6.634 \times 10^{-19}$

$\therefore v' = 3.4 \times 10^5 \text{ m/s}$

অতএব, কম্পাংক 10% হ্রাস করলে ইলেকট্রনের বেগ $(5.4 - 3.4) \times 10^5 \text{ ms}^{-1}$ বা $2 \times 10^5 \text{ ms}^{-1}$ হ্রাস পায়।

প্রশ্ন ৫৯ নিচের চিত্রে S এবং S' দুটি প্রসঙ্গ কাঠামো। S' কাঠামোটি X অক্ষের অভিমুখে S কাঠামোর সাপেক্ষে v বেগে গতিশীল। কাঠামোগুলোতে অবস্থিত দুইজন পর্যবেক্ষক দুটি কণা A ও B এর স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ পর্যবেক্ষণ করছেন।



[এম.সি. একাডেমী মডেল স্কুল ও কলেজ, গোলাপগঞ্জ, দিনেট]

- ক. ভরের আপেক্ষিকতা কী? ১
- খ. আপেক্ষিকতার বিশেষ তত্ত্বের মৌলিক স্বীকার্যগুলো লিখ। ২
- গ. একটি ইলেকট্রন $0.93\% c$ দ্রুতিতে গতিশীল হলে এর চলমান ভর কত? ৩
- ঘ. দেখাও যে, উদ্দীপকের একজন পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে v বেগে গতিশীল অবস্থায় একটি বস্তুর ভর নিশ্চল ভরের $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ গুণ। ৪

৫৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পর্যবেক্ষক এবং বস্তুর মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকার কারণে বস্তুর ভর পরিমাপে যে ভিন্নতা পরিলক্ষিত হয় তাকে ভরের আপেক্ষিকতা বলে।

খ বিশেষ আপেক্ষিক তত্ত্বের স্বীকার্য দুটি নিম্নরূপ:

১. পরস্পরের সাপেক্ষে ধ্রুববেগে ধাবমান সকল প্রসঙ্গ কাঠামোতে অর্থাৎ জড় প্রসঙ্গ কাঠামোগুলোতে পদার্থবিজ্ঞানের যেকোনো সূত্র একই রকম সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায়।
২. শূন্যস্থানে বা বায়ু মাধ্যমে আলোর বেগ ধ্রুব এবং এ বেগ আলোর উৎস ও পর্যবেক্ষকের আপেক্ষিক বেগের ওপর নির্ভরশীল নয়।

গ। একটি ইলেকট্রনের চলমান ভর m হলে,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{9.11 \times 10^{-31}}{\sqrt{1 - (9.3 \times 10^{-3})^2}} \text{ kg} = 9.1104 \times 10^{-31} \text{ kg (Ans.)}$$

এখানে,

ইলেকট্রনের স্থির ভর,

$$m_0 = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\text{বেগ, } v = 0.93\% c = \frac{0.93}{100} c$$

$$= 9.3 \times 10^{-3} c$$

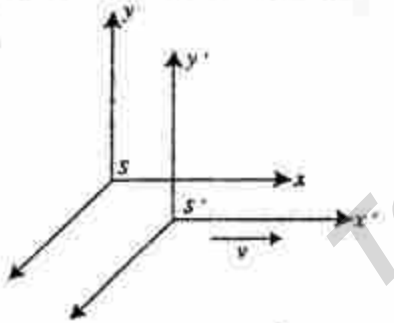
ঘ। গতিবৃদ্ধির সাথে বস্তুর ভর বৃদ্ধি আমরা নিম্নোক্ত উপায়ে দেখাতে পারি। মনে করি, S এবং S' দুটি জড় প্রসঙ্গ কাঠামো। S' কাঠামোটি X অক্ষের অভিমুখে S কাঠামোর সাপেক্ষে v সুষম বেগে গতিশীল। এ কাঠামোগুলোতে অবস্থিত দু'জন পর্যবেক্ষক দুটি কণা A ও B এর স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ পর্যবেক্ষণ করছেন। কণা দুটির ভর সমান। যে প্রসঙ্গ কাঠামোতে A এবং B স্থির সে প্রসঙ্গ কাঠামোতে তাদের ধর্ম অভিন্ন।

মনি করি, সংঘর্ষের পূর্বে A কণাটি S কাঠামোতে এবং B কণাটি S' কাঠামোতে স্থির রয়েছে। একই মুহূর্তে A কণাটিকে v_A বেগে $+y$ অক্ষের দিকে এবং B কণাটিকে v'_B বেগে $-y'$ অক্ষের দিকে নিক্ষেপ করা হলো। এখানে $v_A = v'_B$ ।

সুতরাং S' কাঠামো থেকে দেখা A এর ধর্ম এবং S কাঠামো থেকে দেখা B এর ধর্ম সম্পূর্ণভাবে অভিন্ন হবে। সংঘর্ষের পর A , $-y$ অক্ষের দিকে v_A বেগে এবং B $+y'$ অক্ষের দিকে v'_B বেগে ফিরে আসে। কণাগুলো যদি Y দূরত্ব থেকে নিক্ষেপ করা হয় তাহলে উভয় পর্যবেক্ষক পর্যবেক্ষণ করবে যে সংঘর্ষটি $\frac{1}{2} Y$ দূরত্বে সংঘটিত হচ্ছে। সুতরাং S কাঠামোতে A এর ভ্রমণকাল বা গতিকাল হবে,

$$T_0 = \frac{Y}{v_A} \dots (i)$$

S' কাঠামোতে B এর ভ্রমণকাল একই থাকবে।



অতএব,

$$T_0 = \frac{Y}{v'_B}$$

S কাঠামোতে ভরবেগে যদি সংরক্ষিত থাকে এবং কাঠামোটিতে m_A ও m_B , এবং v_A ও v_B যথাক্রমে A ও B এর ভর এবং বেগ হয় তাহলে ভরবেগের সংরক্ষণ নীতি থেকে পাওয়া যায়,

$$m_A v_A = m_B v_B \dots (ii)$$

এখন, S কাঠামোতে B এর ভ্রমণকাল যদি T হয়, তবে,

$$v_B = \frac{Y}{T} \dots (iii)$$

এখন S' কাঠামোতে B এর ভ্রমণকাল T_0 । কালদীর্ঘায়ন থেকে আমরা জানি, T এবং T_0 এর মধ্যে সম্পর্ক হলো,

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

(ii) নং সমীকরণে এর মান বসিয়ে আমরা পাই,

$$v_B = \frac{Y \sqrt{1 - v^2/c^2}}{T_0}$$

$$\text{এবং (i) সমীকরণ থেকে } v_A = \frac{Y}{T_0}$$

(ii) নং সমীকরণে v_A এবং v_B এর মান বসালে, সমীকরণটি দাঁড়ায়,

$$m_A \frac{Y}{T_0} = m_B \frac{Y \sqrt{1 - v^2/c^2}}{T_0}$$

$$\text{বা, } m_A = m_B \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

$$\text{বা, } m_B = \frac{m_A}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \dots (iv)$$

উপরিউক্ত উদাহরণে A ও B উভয়েই S কাঠামোতে গতিশীল। বেগ v_A এবং v_B খুব কম হলে S কাঠামোর একজন পর্যবেক্ষক দেখবেন যে, A স্থির রয়েছে এবং B , A এর অভিমুখে v বেগে অগ্রসর হয়ে বক্রভাবে সংঘর্ষের পর চলতে শুরু করেছে। অতএব S কাঠামোতে,

$$m_A = m_0$$

$$\text{এবং } m_B = m$$

এখন (iv) নং সমীকরণে m_A ও m_B এর নতুন মান বসিয়ে আমরা পাই,

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

সুতরাং কোনো পর্যবেক্ষকের সাপেক্ষে আপেক্ষিক বেগে গতিশীল কোনো বস্তুর ভর, ঐ বস্তুর নিশ্চল ভরের চেয়ে বেশি।

প্রশ্ন ৬০ একজন নভোচারীর ভর 60 kg এবং বয়স 35 বছর। তিনি একই বয়সের এক বন্ধুকে পৃথিবীতে রেখে মহাকাশের উদ্দেশ্যে আলোর বেগের 80% বেগে মহাকাশ ভ্রমণে বের হলো। 20 বছর ভ্রমণ শেষে পৃথিবীতে ফিরে জানলো ঐ দিনই বন্ধুটি মারা গেছে।

[সিলেট সরকারি কলেজ, সিলেট]

ক. ফার্মাটের নীতি কী?

১

খ. সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের ফোকাসের সাথে বিবর্ধন ক্ষমতার সম্পর্কটি ব্যাখ্যা করো।

২

গ. গতিশীল অবস্থায় নভোচারীর ভর নির্ণয় করো।

৩

ঘ. নভোচারীর বন্ধুটি 55 বছর বয়সেই মারা যাবে কিনা যাচাই করো।

৪

৬০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক। আলোক রশ্মি এক বিন্দু হতে অপর এক বিন্দুতে যাওয়ার সময় সম্ভাব্য সকল পথের মধ্যে যে পথে সময় সব থেকে কম লাগে সেই পথ অনুসরণ করে।

খ। সরল অণুবীক্ষণ যন্ত্রের ফোকাসের সাথে বিবর্ধন ক্ষমতার সম্পর্ক নিম্নরূপ—

$$M = 1 + \frac{D}{f}$$

যেখানে, বিবর্ধন ক্ষমতা, M

ফোকাস দূরত্ব, f

চোখের নিকটতম দূরত্ব, D

সম্পর্কটি হতে দেখা যাচ্ছে ফোকাস দূরত্ব যতই কম হবে চোখের নিকট বিন্দুতে ততই বিবর্ধিত আকারের বিষ তৈরি হবে এবং লক্ষ্যবস্তু অধিক স্পষ্টতর দেখা যাবে।

গ। গতিশীল অবস্থায় নভোচারীর ভর, m হলে,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{60}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.8c}{c}\right)^2}} = 100 \text{ kg (Ans.)}$$

এখানে,

নভোচারীর স্থির ভর, $m_0 = 60 \text{ kg}$

নভোচারীর বেগ, $v = c$ এর 80%

$$= 0.8c$$

খ নভোচারীর 20 বছর ভ্রমণের সময় পৃথিবীতে সময় অতিক্রান্ত হলে

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{20}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.8c}{c}\right)^2}} = 33.33y$$

এখানে,
নভোচারীর ভ্রমণে অতিক্রান্ত সময়,
 $t_0 = 20y$
নভোচারীর বেগ, $v = 0.8c$

অর্থাৎ, নভোচারীর বন্ধুর বয়স হবে $35 + 33.33 = 68.33y$
অতএব, নভোচারীর বন্ধুটি 55 বছর বয়সে মারা যাবে না, বরং 68.33 বছর বয়সে মারা যাবে।

প্রশ্ন ৬১ কেনেডি স্পেস স্টেশন থেকে 2000kg ভরের ও 10m দৈর্ঘ্যের একটি স্পেসশিপকে 0.44C বেগে উৎক্ষেপণ করা হলো।

(বিজ্ঞান কলেজ, সিলেট)

- পূর্ব অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের শর্ত কী? ১
- লেসের চারিপার্শ্বের মাধ্যম পরিবর্তন করলে উহার ফোকাস দূরত্ব পরিবর্তন হয় কেন? ২
- মহাকাশ স্টেশনের পর্যবেক্ষণে স্পেসশিপের ভর কত? ৩
- মহাকাশ স্টেশন থেকে পর্যবেক্ষণের আকারের পরিবর্তন আলোচনা করো। ৪

৬১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের শর্ত:

- আলোক রশ্মি ঘন মাধ্যম থেকে ঘন ও হালকা মাধ্যমের বিভেদ তলে আপতিত হবে।
- আপতন কোণ সংকট কোণের চেয়ে বড় হবে।

খ লেসের চারিপার্শ্বস্থ মাধ্যম পরিবর্তন করলে এর উপাদানের আপেক্ষিক প্রতিসরাংক পরিবর্তিত হয়ে যায়। তখন লেসের অভিসারী বা অপসারী ক্ষমতাও পরিবর্তন ঘটে বলে $P = \frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$
সূত্রানুসারে এর ফোকাস দূরত্বের পরিবর্তন ঘটে।

গ ১০(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 2227.17 kg।

ঘ উদ্দীপক অনুসারে,

স্পেস শিপের নিশ্চল দৈর্ঘ্য, $L_0 = 10m$

স্পেস শিপের বেগ, $v = 0.44C$

স্পেস শিপের গতিশীল দৈর্ঘ্য L হলে,

$$L = L_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = 10 \sqrt{1 - \left(\frac{0.44c}{c}\right)^2} = 8.98m$$

∴ মহাকাশ স্টেশন থেকে পর্যবেক্ষিত স্পেসশিপের আকারের পরিবর্তন,

$$\Delta L = L_0 - L = 10 - 8.98 = 1.02m$$

অতএব, স্পেসশিপটিকে 1.02m ছোট মনে হবে।

প্রশ্ন ৬২ একটি অতি ক্ষুদ্র বস্তুকণার ভর $9 \times 10^{-32}kg$ উক্ত কণাটি 0.98c বেগে গতিশীল।

(মাদুরা সরকারি মহিলা কলেজ)

- আপেক্ষিকতার দ্বিতীয় স্তম্ভটি লিখ। ১
- আলোর বেগে গতিশীল কণার নিশ্চল ভর কত— ব্যাখ্যা করো। ২
- বস্তু কণাটির মোট শক্তি কত? ৩
- উদ্দীপকের বস্তু কণাটির নিউটনীয় গতিশক্তি ও আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতার গতিশক্তির মধ্যে কোনটি বেশি হবে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে ব্যাখ্যা করো। ৪

৬২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আপেক্ষিকতার দ্বিতীয় স্তম্ভটি : শূন্য স্থানে সকল জড় প্রসঙ্গ কাঠামোতে আলোর দ্রুতি C একই থাকে।

খ আইনস্টাইনের ভর-শক্তি ভরবেগ সমীকরণ ব্যবহার করে পাই, $E^2 = P^2C^2 + m_0^2c^4$; যেখানে m_0 নিশ্চল ভর। আবার, ডি-ব্রগলীর তরঙ্গ সমীকরণ ব্যবহার করে পাই, $P = \frac{h}{\lambda}$; যেখানে $\lambda = \frac{v}{\nu}$; বস্তু আলোর

$$\text{বেগ চললে } \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{c}{\frac{E}{h}} = \frac{hc}{E}$$

বা, $P = \frac{h}{\lambda} = \frac{E}{c}$; P এর এই মান উপরের সমীকরণে ব্যবহার করে পাই,

$$E^2 = \frac{E^2}{c^2} \cdot c^2 + m_0^2c^4; \text{ বা, } E^2 = E^2 + m_0^2c^4$$

$$\text{বা, } m_0^2c^4 = 0 \therefore m_0 = 0$$

অতএব, আলোর বেগে গতিশীল কণার স্থির বা নিশ্চল ভর অবশ্যই শূন্য।

গ রাজশাহী সরকারি মহিলা কলেজ-২য় পত্র; প্রশ্ন ৬ এর (গ) এর অনুরূপ। উত্তর: $4.07 \times 10^{-13}J$ বা, 2.544 MeV

ঘ রাজশাহী সরকারি মহিলা কলেজ-২য় পত্র; প্রশ্ন ৬ এর (ঘ) এর অনুরূপ।

প্রশ্ন ৬৩ ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার পরীক্ষায় একটি ধাতুর উপর 5500Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত হলে শুধুমাত্র ইলেকট্রন নির্গত হয়, গতি শক্তি প্রাপ্ত হয় না। যদি 3500Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত হয়, তবে ইলেকট্রন নির্গত হয়।

(বি এ এফ শাহীন কলেজ, যশোর)

- ফটো ইলেকট্রন কাকে বলে? ১
- চলন্ত ট্রেনের জানালা দিয়ে পাথর ফেলে দিলে, টেনে বসা যাত্রী ও রাস্তার পাশে দাড়ানো যাত্রীর নিকট পাথরের গতি কেমন বলে মনে হবে? ২
- নিঃসরিত ইলেকট্রনের গতিশক্তি নির্ণয় করো। ৩
- উক্ত ধাতুর উপর 2500Å ও 2000Å ফোটন আপতিত করলে নিবৃতি বিভব বনাম তরঙ্গদৈর্ঘ্য লেখচিত্র অংকন করা সম্ভব কিনা— তা গাণিতিক বিশ্লেষণ সহ মতামত দাও। ৪

৬৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যথোপযুক্ত উচ্চ কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট আলোক রশ্মি কোন ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হলে ফটোতড়িৎ ক্রিয়ার ফলে তা থেকে নিঃসৃত ইলেকট্রনকে ফটো ইলেকট্রন বলে।

খ চলন্ত ট্রেনের জানালা দিয়ে পাথর ফেলে দিলে ট্রেনে বসা যাত্রীর নিকট মনে হবে পাথরটি বোধ হয় মুক্তভাবে পড়ন্ত বস্তুর ন্যায় কেবল নিচে পড়ে গেল। অর্থাৎ সে পাথরটিতে একমাত্রিক গতি লক্ষ করবে। কিন্তু রাস্তার পাশে দাড়ানো যাত্রী পাথরের মধ্যে দ্বিমাত্রিক গতি লক্ষ করবে, অর্থাৎ পাথরটিকে সে একটি প্রাস আকারে দেখবে। এর কারণ হলো পাথরটি ফেলে দেয়ার মুহূর্তে এটি সম্মুখ বরাবর একটি ধ্রুব বেগেও অর্জন করে।

গ প্রশ্নমতে,

$$\text{সূচন তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, } \lambda_0 = 5500\text{\AA} = 5.5 \times 10^{-7}m$$

$$\text{আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য, } \lambda = 3500\text{\AA} = 3.5 \times 10^{-7}m$$

$$\text{জানা আছে, শূন্যস্থান বা বায়ুতে আলোর বেগ, } c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

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

$$\text{বের করতে হবে, নিঃসরিত ইলেকট্রনের গতিশক্তি, } E_{kmax} = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } h\nu = h\nu_0 + E_{kmax}$$

$$\text{বা, } h \frac{c}{\lambda} = h \frac{c}{\lambda_0} + E_{kmax}$$

$$\begin{aligned} \therefore E_{k\max} &= h\frac{c}{\lambda} - h\frac{c}{\lambda_0} = hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right) \\ &= 6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 \times \left(\frac{1}{3.5 \times 10^{-7}} - \frac{1}{5.5 \times 10^{-7}}\right) \\ &= 2.0665 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

য $\lambda = 3500 \text{ \AA}$ এর জন্য নিঃসরিত ইলেকট্রনের গতিশক্তি

$$E_{k\max} = 2.0665 \times 10^{-19} \text{ J} = 1.29 \text{ eV}$$

এক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভব = 1.29 V

$\lambda = 2500 \text{ \AA}$ এর ফোটনের ক্ষেত্রে

$$\begin{aligned} E_{k\max} &= hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right) \\ &= 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \times \left(\frac{1}{2.5 \times 10^{-7} \text{ m}} - \frac{1}{5.5 \times 10^{-7} \text{ m}}\right) \\ &= 4.34 \times 10^{-19} \text{ J} = 2.71 \text{ eV} \end{aligned}$$

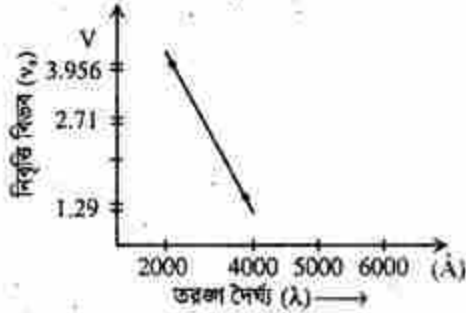
এক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভব = 2.71 V

$\lambda = 2000 \text{ \AA}$ ফোটনের ক্ষেত্রে

$$\begin{aligned} E_{k\max} &= hc\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right) \\ &= 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \times \left(\frac{1}{2 \times 10^{-7} \text{ m}} - \frac{1}{5.5 \times 10^{-7} \text{ m}}\right) \\ &= 6.33 \times 10^{-19} \text{ J} = 3.956 \text{ eV} \end{aligned}$$

\therefore এক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভব = 3.956 V

যেহেতু তিনটি বিন্দু পাওয়া গেছে নিবৃত্তি বিভব বনাম তরঙ্গ দৈর্ঘ্য লেখচিত্র আঁকা সম্ভব এবং তা নিম্নরূপ:



প্রশ্ন ৬৪ একটি কুলিজ নলে X-ray উৎপাদনের জন্য অ্যানোড ও ক্যাথোডের মধ্যে 50 kV বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করা হলো। উৎপন্ন X-ray ধাতুর একটি ইলেকট্রনের সাথে সংঘর্ষ ঘটিয়ে 60° কোণে বিক্ষিপ্ত হলো। ইলেকট্রনটি 90° কোণে বিক্ষিপ্ত হলো।

[বি এ এফ শাহীন কলেজ, যশোর]

- সূচন কম্পাঙ্ক কাকে বলে? ১
- ফটোতড়িৎ ক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা ব্যাখ্যা করো। ২
- উৎপন্ন X-ray এর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় করো। ৩
- বিক্ষিপ্ত ফোটন ও প্রক্ষিপ্ত ইলেকট্রনের ভরবেগের তুলনা করো। ৪

৬৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক প্রত্যেক ধাতুর ক্ষেত্রে একটি ন্যূনতম কম্পাঙ্ক আছে যার চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট কোনো আলো ঐ ধাতু থেকে ইলেকট্রন নির্গত করতে পারে না। ঐ ন্যূনতম কম্পাঙ্ককে ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক বলে।

খ কোয়ান্টাম তত্ত্বানুযায়ী একটি ফোটনের সাথে কেবলমাত্র একটি ইলেকট্রনের সংঘর্ষ হয় এবং ইলেকট্রন তার গৃহীত শক্তির ভাগ অন্যান্য ইলেকট্রনকে দেয় না। সুতরাং এই সংঘর্ষে শক্তি সংরক্ষিত থাকে এবং একে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে। স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে শক্তির তাৎক্ষণিক হস্তান্তর হয় বলে আলোক রশ্মির আপতন ও ইলেকট্রন নির্গমন এই দুইয়ের মাঝে কোন কাল বিলম্বন ঘটে না। সুতরাং ফটোতড়িৎ প্রক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা।

গ ১২(গ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ। উত্তর: 0.248 Å

ঘ ১২(ঘ) নং সৃজনশীল প্রশ্নোত্তরের অনুরূপ।

প্রশ্ন ৬৫ আদির যখন 27 বছর বয়স তখন তার বাবা নাসার একজন মহাকাশ গবেষক ছায়া পথের অনুসন্ধান 52 বছর বয়সে 15m দৈর্ঘ্যের একটি মহাকাশ যানে করে মহাকাশ ভ্রমণে যান। নাসার হেড অফিস থেকে গতিশীল অবস্থায় মহাকাশযানটির দৈর্ঘ্য 6.5m পরিমাপ করা হয় এবং সময় গণনা করা হয়।

[ক্যান্টনমেন্ট কলেজ, যশোর]

- ডোপিং কী? ১
- 0°C তাপমাত্রায় সেমিকন্ডাক্টর অপরিবাহীর ন্যায় আচরণ করে কেন? ব্যাখ্যা করো। ২
- মহাকাশযানটির বেগ নির্ণয় করো। ৩
- 42 বছর পর মহাকাশ ফেরত বাবা ও ছেলের বয়সের তুলনা গাণিতিক ভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধির উদ্দেশ্যে চতুর্থোজী অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পজ্যোজী বা ত্রিযোজী পদার্থের পরমাণু ডোজাল হিসেবে মেশানোর প্রক্রিয়াকে ডোপিং বলে।

খ পরমশূন্য তাপমাত্রায় (0K) অর্ধপরিবাহীতে ইলেকট্রনগুলো পরমাণুতে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকে। এ তাপমাত্রায় সমযোজী অণুবন্ধনগুলো খুবই সরল হয় এবং সবগুলো যোজন ইলেকট্রনই সমযোজী অণুবন্ধন তৈরিতে ব্যস্ত থাকে। ফলে কোনো মুক্ত ইলেকট্রন থাকে না এবং অর্ধ-পরিবাহীতে কেলাস এ অবস্থায় যোজন ব্যান্ড পূর্ণ থাকে এবং যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মাঝে শক্তির ব্যবধান বিরাট হয় ফলে কোনো যোজন ইলেকট্রন পরিবহন ব্যান্ডে এসে মুক্ত ইলেকট্রনে পরিণত হতে পারে না। ফলে মুক্ত ইলেকট্রন না থাকার কারণে পরমশূন্য তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহী পদার্থ অন্তরকের ন্যায় আচরণ করে।

গ দেওয়া আছে,

স্থির অবস্থায় দৈর্ঘ্য, $L_0 = 15 \text{ m}$

গতিশীল অবস্থায় দৈর্ঘ্য, $L = 6.5 \text{ m}$

জানা আছে, শূন্যস্থানে আলোর বেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

বের করতে হবে, মহাকাশ যানটির বেগ, $v = ?$

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

$$\text{বা, } 1 - \frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{L}{L_0}\right)^2$$

$$\text{বা, } \frac{v^2}{c^2} = 1 - \left(\frac{L}{L_0}\right)^2$$

$$\text{বা, } v^2 = c^2 \left\{1 - \left(\frac{L}{L_0}\right)^2\right\}$$

$$\begin{aligned} \therefore v &= c \sqrt{1 - \left(\frac{L}{L_0}\right)^2} = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \times \sqrt{1 - \left(\frac{6.5}{15}\right)^2} \\ &= 2.7 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \end{aligned}$$

ঘ স্থির কাঠামোতে পরিমাপিত সময়, $t = 42 \text{ y}$

\therefore গতিশীল কাঠামোতে পরিমাপিত সময়,

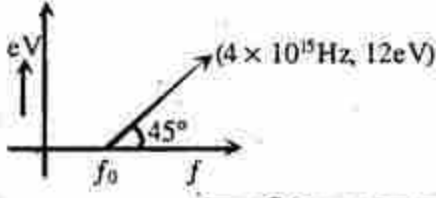
$$\begin{aligned} t_0 &= t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 42 \text{ y} \times \sqrt{1 - \left(\frac{2.7 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}{3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}\right)^2} \\ &= 18.3 \text{ y} \end{aligned}$$

\therefore ফেরত আসার মুহূর্তে ছেলের বয়স

$$= 27 \text{ y} + 42 \text{ y} = 69 \text{ y}$$

এবং বাবার বয়স = 52 + 18.3 = 70.3 y

সুতরাং মহাকাশ ফেরতের সময় বাবা ও ছেলের বয়স প্রায় সমান হবে।



[সরকারি সৈয়দ হাতেম আলী কলেজ, বরিশাল]

- ক. কম্পটন তরঙ্গদৈর্ঘ্য কাকে বলে? ১
খ. ফটোতড়িৎ ক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা— ব্যাখ্যা করো। ২
গ. ইলেকট্রনটির সূচন কম্পাংক বের করো। ৩
ঘ. ইলেকট্রনটির পরমাণুর কোন শক্তিস্তরে অবস্থান করছে? উদ্দীপকের আলোকে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. $\frac{h}{m_0 c}$ কে কম্পটন তরঙ্গদৈর্ঘ্য বলে।

খ. কোয়ান্টাম তত্ত্বানুযায়ী একটি ফোটনের সাথে কেবলমাত্র একটি ইলেকট্রনের সংঘর্ষ হয় এবং ইলেকট্রন তার গৃহীত শক্তির ভাগ অন্যান্য ইলেকট্রনকে দেয় না। সুতরাং এই সংঘর্ষে শক্তি সংরক্ষিত থাকে এবং একে স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ বলে। স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষে শক্তির তাৎক্ষণিক হস্তান্তর হয় বলে আলোক রশ্মির আপতন ও ইলেকট্রন নির্গমন এই দুইয়ের মাঝে কোন কাল বিলম্বন ঘটে না। সুতরাং ফটোতড়িৎ প্রক্রিয়া একটি তাৎক্ষণিক ঘটনা।

গ. আইনস্টাইনের সূত্র হতে, এখানে,
 $12 \text{ eV} = hf - hf_0$ কোণ, $\theta = 45^\circ$
 বা, $hf_0 = hf - 12 \text{ eV}$ কম্পাঙ্ক, $f = 4 \times 10^{15}$
 বা, $f_0 = f - \frac{12 \text{ eV}}{h}$ সূচন কম্পাঙ্ক, $f_0 = ?$
 বা, $f_0 = 4 \times 10^{15} - \frac{12 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}}$
 $\therefore f_0 = 1.104 \times 10^{15} \text{ Hz (Ans.)}$

ঘ. ইলেকট্রনের শক্তি, এখানে,
 $E = -\frac{me^4}{8n^3h^2\epsilon_0^2}$ ইলেকট্রনের বন্ধনশক্তি = 12 eV
 বা, $|E| = \frac{me^4}{8n^3h^2\epsilon_0^2}$ = $12 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$
 বা, $|E| = \frac{1}{n^2} \times 13.6 \text{ eV}$ = $1.92 \times 10^{-18} \text{ J}$
 বা, $n^2 = \frac{13.6 \text{ eV}}{12 \text{ eV}}$
 বা, $n^2 = 1.13$
 বা, $n = 1.06$
 বা, $n = 1$
 ইলেকট্রন প্রথম শক্তিস্তরে রয়েছে।

প্রশ্ন ৬৭ A ও B ধাতুদ্বয়ের কার্য অপেক্ষক যথাক্রমে 5 eV ও 3.5 eV। ধাতুদ্বয়ের পৃষ্ঠের উপর আলাদাভাবে যথাক্রমে 2250 Å ও 4000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত হয়। [ঢাকা ইমপিরিয়াল কলেজ, ঢাকা]

- ক. কম্পটন ক্রিয়া কাকে বলে? ১
খ. যে কোনো কম্পাঙ্কের আলো ফটো তড়িৎ ক্রিয়া সৃষ্টি করতে পারে কী? ব্যাখ্যা করো। ২
গ. A ধাতুর নির্গত ইলেকট্রনের শক্তি নির্ণয় করো। ৩
ঘ. উভয় ধাতুর ক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভবের মান এক হবে কী? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

৬৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. কোনো একটি শক্তিশালী ফোটনের সাথে মুক্ত ইলেকট্রনের সংঘর্ষ ঘটলে ফোটনটি ইলেকট্রনটিকে কিছু শক্তি প্রদান করে। এতে বিক্ষিপ্ত

ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য আপতিত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের চেয়ে বেশি হওয়াকেই কম্পটন ক্রিয়া বলে।

খ. যেকোনো কম্পাঙ্কের আলো ফটো তড়িৎ ক্রিয়া সৃষ্টি হতে পারে না। আলো বা যেকোনো তড়িচ্চুম্বকীয় বিকিরণের শক্তি এর কম্পাঙ্কের সমানুপাতিক। ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হয়ে ইলেকট্রন অবমুক্ত করতে হলে সংশ্লিষ্ট আলো বা বিকিরণের ন্যূনতম একটি কম্পাঙ্ক বা শক্তি থাকতে হবে। এই কম্পাঙ্ককে সূচন কম্পাঙ্ক বলে। এর চেয়ে কম কম্পাঙ্ক বিশিষ্ট ফোটন আপতিত হলে কোনো ইলেকট্রনই অবমুক্ত হবে না। আর এর চেয়ে বেশি কম্পাঙ্কের ফোটন আপতিত হলে অতিরিক্ত শক্তি মুক্ত ইলেকট্রনের গতিশক্তি হিসেবে দেখা দিবে।

গ. দেওয়া আছে,

A ধাতুর কার্য অপেক্ষক, $W_0 = 5 \text{ eV} = 5 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ এর ওপর আপতিত বিকিরণের তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 2250 \text{ Å} = 2250 \times 10^{-10} \text{ m}$ জানা আছে, প্লাংকের ধ্রুবক, $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$

বের করতে হবে, A ধাতুর নির্গত ইলেকট্রনের শক্তি, $\frac{1}{2} mv_{\text{max}}^2 = ?$

ফটোতড়িৎ ক্রিয়া সম্পর্কিত আইনস্টাইনের সমীকরণ হতে

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

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

$$= 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times \frac{3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}{2250 \times 10^{-10} \text{ m}} - 5 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$= 8.4 \times 10^{-20} \text{ J} = \frac{8.4 \times 10^{-20}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV}$$

$$= 0.525 \text{ eV (Ans.)}$$

ঘ. A ধাতুর ক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভব, V_A হলে, $eV_A = \frac{1}{2} mv_{\text{max}}^2$

$$\text{বা, } V_A = \frac{0.525 \text{ eV}}{e}$$

$$= 0.525 \text{ V}$$

B ধাতুর ক্ষেত্রে অবমুক্ত ইলেকট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি,

$$\frac{1}{2} mv_{\text{max}}^2$$

$$= h \frac{c}{\lambda} - W_0$$

এখানে,
 $W_0 = 3.5 \text{ eV}$

$$= 6.63 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{4000 \times 10^{-10}} - 3.5 \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$= -6.275 \times 10^{-20} \text{ J}$$

$\frac{1}{2} mv_{\text{max}}^2$ এর এই ঋণাত্মক মান এটাই নির্দেশ করে যে, B ধাতুর ক্ষেত্রে কোনো ইলেকট্রন অবমুক্ত হবে না।

অর্থাৎ B ধাতুর নিবৃত্তি বিভব = 0V

সুতরাং, উভয় ধাতুর ক্ষেত্রে নিবৃত্তি বিভবের মান এক হবে না।

প্রশ্ন ৬৮ একটি কাল্পনিক চলমান গাড়ীর ভর 100kg এবং দৈর্ঘ্য নিশ্চল দৈর্ঘ্যের 25%। [মায়ার স্কুল এন্ড কলেজ, রংপুর]

- ক. রেকটিফায়ার কি? ১
খ. অর্ধায়ু ও ক্ষয় ধ্রুবকের মধ্যে সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা করো। ২
গ. উদ্দীপক হতে কাল্পনিক গাড়িটির বেগ নির্ণয় কর? ৩
ঘ. গাড়িটি থেমে গেলে বস্তুটির ভরের কোনো পরিবর্তন হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক. যে যন্ত্রের সাহায্যে এসি তড়িৎপ্রবাহকে ডিসি তড়িৎপ্রবাহে পরিণত করা যায় অর্থাৎ তড়িৎপ্রবাহ একমুখী করা যায়, তাকে রেকটিফায়ার বলে।

খ কোনো তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু সংখ্যা যে সময়ে অর্ধেক পরিণত হয় সে সময়কে ঐ তেজস্ক্রিয় মৌলের অর্ধায়ু বলে।

আমরা জানি, $N = N_0 e^{-\lambda t}$

যদি অর্ধায়ু T হয় তাহলে $t = T$ সময় পর, $N = \frac{N_0}{2}$

$$\therefore \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T} \text{ বা, } \frac{1}{2} = e^{-\lambda T}$$

$$\text{বা, } \log_e \left(\frac{1}{2} \right) = -\lambda T \text{ বা, } \log_e 1 - \log_e 2 = -\lambda T$$

$$\text{বা, } -\log_e 2 = -\lambda T \quad [\because \log_e 1 = 0]$$

$$\therefore T = \frac{\log_e 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

গ দেওয়া আছে,

$$\text{নিশ্চল দৈর্ঘ্য } L_0 \text{ হলে গতিশীল দৈর্ঘ্য, } L = L_0 \times 25\% = \frac{L_0}{4}$$

জানা আছে, শূন্যস্থানে আলোর গতিবেগ, $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$
বের করতে হবে, কালনিক ট্রেনটির গতিবেগ, $v = ?$

$$\text{আমরা জানি, } L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \text{ বা, } 1 - \frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{L}{L_0} \right)^2$$

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

$$\therefore v = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \times \sqrt{1 - \left(\frac{\frac{L_0}{4}}{L_0} \right)^2} = 2.90 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ উদ্দীপকমতে, বস্তুটির চলমান ভর, $m = 100 \text{ kg}$
এবং 'গ' অংশ হতে, গাড়িটির তথা ঐ বস্তুর গতিবেগ,
 $v = 2.90 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

$$\therefore \text{বস্তুটির নিশ্চল ভর } m_0 \text{ হলে, } m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\therefore m_0 = m \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \\ = 100 \text{ kg} \times \sqrt{1 - \left(\frac{2.90 \times 10^8}{3 \times 10^8} \right)^2} \\ = 25.60 \text{ kg}$$

$$\therefore m_0 \neq m$$

অর্থাৎ নিশ্চল ভর \neq চলমান ভর

সুতরাং, গাড়িটি থেমে গেলে বস্তুটির ভরের পরিবর্তন ঘটবে এবং হ্রাস পাবে।

প্রশ্ন ৬৯ একটি ইলেকট্রন $0.80c$ বেগে গতিশীল স্থির ইলেকট্রনের ভর $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ।

(বি এ এফ শাহীন কলেজ, শমসেরনগর)

- কাল দীর্ঘায়ন কী? ১
- ফটো তড়িৎ ক্রিয়া আলোচনা করো। ২
- উদ্দীপকের ইলেকট্রনের শক্তি কত? ৩
- উদ্দীপকের ইলেকট্রনের বেগ $0.90c$ হলে মোট শক্তি স্থিতিশক্তির দ্বিগুণ হবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৬৯ নং প্রশ্নের উত্তর

ক ধ্রুববেগে গতিশীল কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধানের তুলনায় স্থির কাঠামোতে পরিমাপকৃত সময় ব্যবধান বেশি। এ বিষয়টি কাল দীর্ঘায়ন নামে পরিচিত।

খ একটি নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোক রশ্মি যখন কোনো ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হয় তখন ধাতব পৃষ্ঠের ইলেকট্রন আলোক রশ্মি থেকে শক্তি গ্রহণ করে। যখনই ইলেকট্রন দ্বারা গৃহীত শক্তি ধাতব পৃষ্ঠে তার বন্ধন শক্তির চেয়ে বেশি হয়, তখনই ইলেকট্রন ধাতব পৃষ্ঠ থেকে বেরিয়ে আসে। আলোকের প্রভাবে ইলেকট্রন নির্গত হয় বলে এ ঘটনাকে ফটোতড়িৎ ক্রিয়া বলে।

গ ইলেকট্রনের নিশ্চল ভর, $m_0 = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

\therefore ইলেকট্রনের শক্তি, $E = ?$

ইলেকট্রনের বেগ, $v = 0.8c$ এবং এই বেগে ইলেকট্রনের পরিমাপকৃত ভর m হলে,

$$E = mc^2 \\ = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ = \frac{9.11 \times 10^{-31} \times (3 \times 10^8)^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.8c}{c} \right)^2}}$$

$$\therefore E = 1.3665 \times 10^{-13} \text{ J} \\ = 8.54 \times 10^5 \text{ eV} = 0.854 \text{ MeV (Ans.)}$$

ঘ ইলেকট্রনের নিশ্চল শক্তি E_0 এবং বেগ $v' = 0.9c$ অবস্থায় শক্তি E' হলে,

$$E_0 = m_0 c^2 \\ \text{এবং } E' = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v'^2}{c^2}}}$$

$$\text{বা, } \frac{E'}{E_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v'^2}{c^2}}} \\ = \frac{1}{\sqrt{1 - (0.9)^2}} \\ = 2.3$$

$$\therefore E' = 2.3 E_0$$

অতএব, ইলেকট্রনের বেগ $0.9c$ করা হলে এর মোট শক্তি নিশ্চল শক্তির ২ গুণেরও বেশি হবে।

প্রশ্ন ৭০ একটি ইলেকট্রনের পরমাণুর অভ্যন্তরে অবস্থানের অনিশ্চয়তা 0.0100 nm ।

(খালকারি সরকারি কলেজ, খালকারি)

- ক. আপেক্ষিকতা তত্ত্বের দ্বিতীয় স্বীকার্যটি কি? ১
- খ. একই গতিশক্তি সম্পন্ন প্রোটন ও ইলেকট্রনের মধ্যে ইলেকট্রনের ডি-ব্রগলী তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বেশী কেন? ২
- গ. অবস্থানের এই অনিশ্চয়তার জন্য ইলেকট্রনের ডি-ব্রগলী তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের মান কত? ৩
- ঘ. অবস্থানের এই অনিশ্চয়তার জন্য ইলেকট্রনের গতিশক্তি নির্ণয় করা সম্ভব কি? গাণিতিকভাবে যাচাই করো। ৪

৭০ নং প্রশ্নের উত্তর

ক শূন্যস্থানে সকল জড় প্রসঙ্গ কাঠামোতে আলোর দ্রুতি c এর মান একই।

খ মনে করি, প্রোটন ও ইলেকট্রনের বেগ যথাক্রমে v_1 ও v_2 এবং এদের ভর যথাক্রমে m_1 ও m_2 ($m_1 \gg m_2$)

তাহলে এদের গতিশক্তি যথাক্রমে, $E_{k1} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2$ এবং

$$E_{k2} = \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

$$\text{প্রশ্নমতে, } E_{k1} = E_{k2} \text{ বা, } \frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

$$\text{বা, } \frac{m_1}{m_2} = \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^2$$

$$\text{বা, } \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}}$$

$$\text{তাহলে এদের ভরবেগের অনুপাত } \frac{p_1}{p_2} = \frac{m_1 v_1}{m_2 v_2} = \frac{m_1}{m_2} \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} \\ = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} > 1 \quad (\because m_2 \ll m_1)$$

বা, $p_1 > p_2$; অর্থাৎ প্রোটনের ভরবেগ ইলেকট্রনের ভরবেগের তুলনায় বেশি। আবার ডি-ব্রগলী তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda_d = \frac{h}{p}$; এ সূত্রানুসারে ইলেকট্রনের ভরবেগ কম হওয়ায় এর ডি-ব্রগলী তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বেশি।

গ দেওয়া আছে,

ইলেকট্রনের অবস্থানের অনিশ্চয়তা, $\Delta x = 0.0100 \text{ nm} = 1 \times 10^{-11} \text{ m}$

অনিশ্চয়তার নীতি অনুসারে, $\Delta x \Delta p \geq \frac{1}{2} \times h$

$$\text{বা, } \Delta x \Delta p \geq \frac{1}{2} \times \frac{h}{2\pi} \left[\because \hbar = \frac{h}{2\pi} \right]$$

$$\text{বা, } \Delta p \geq \frac{h}{\Delta x 4\pi}$$

$$\therefore \Delta p \approx \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J-s}}{1 \times 10^{-11} \text{ m} \times 4 \times 3.1416} \\ = 5.28 \times 10^{-24} \text{ kgms}^{-1}$$

এখানে, $\Delta p = mv = 5.28 \times 10^{-24} \text{ kgms}^{-1}$

এখানে,

ইলেকট্রনের ডি-ব্রগলি তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = \frac{h}{\Delta p}$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}}{5.28 \times 10^{-24} \text{ kgms}^{-1}} \\ = 1.255 \times 10^{-10} \text{ m}$$

\therefore অবস্থানের এই অনিশ্চয়তার জন্য ইলেকট্রনের ডি-ব্রগলি তরঙ্গ দৈর্ঘ্য $= 1.255 \times 10^{-10} \text{ m}$

ঘ দেওয়া আছে,

ইলেকট্রনের অবস্থানের অনিশ্চয়তা, $\Delta x = 0.0100 \text{ nm} \\ = 1 \times 10^{-11} \text{ m}$

অনিশ্চয়তার নীতি অনুসারে, $\Delta x \Delta p \geq \frac{1}{2} \times h$

$$\text{বা, } \Delta x \Delta p \geq \frac{1}{2} \times \frac{h}{2\pi}$$

$$\text{বা, } \Delta p \geq \frac{h}{4\pi \Delta x}$$

$$= \frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}}{4 \times 3.1416 \times 1 \times 10^{-11} \text{ m}} = 5.28 \times 10^{-24} \text{ kg ms}^{-1}$$

এখানে,

$$\Delta p = mv = 5.28 \times 10^{-24} \text{ kgms}^{-1}$$

$$\text{বা, } v = \frac{5.28 \times 10^{-24}}{9.1 \times 10^{-31}} \text{ ms}^{-1}$$

$$= 5.8 \times 10^6 \text{ ms}^{-1}$$

$$\therefore \text{ইলেকট্রনের গতিশক্তি, } E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 9.1 \times 10^{-31} \times (5.8 \times 10^6)^2 \\ = 1.53 \times 10^{-17} \text{ J}$$

অতএব, অবস্থানের এই অনিশ্চয়তার জন্য ইলেকট্রনের গতিশক্তি নির্ণয় সম্ভব।

প্রশ্ন ৭১ সমত্বরণে গতিশীল 100m দৈর্ঘ্যের একটি মহাকাশযান পৃথিবীর থেকে মঙ্গল গ্রহের দিকে যাচ্ছিল। পৃথিবী থেকে কোনো এক মুহূর্তে মহাকাশযানটির দৈর্ঘ্য পরিমাপ করে 90m পাওয়া গেল।

[কুজিগ্রাম সরকারি কলেজ, কুজিগ্রাম]

ক. amu বলতে কী বোঝ? ১

খ. আলোর বেগে গতিশীল কণার নিশ্চল ভর কত-ব্যাখ্যা করো। ২

গ. উদ্দীপকের তথ্যগুসারে দৈর্ঘ্য পরিমাপের সময় মহাকাশযানটির বেগ নির্ণয় করো। ৩

ঘ. আপেক্ষিকতা তত্ত্বগুসারে যানটির ভরের পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো। ৪

৭১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক কার্বন-12 আইসোটোপ এর পরমাণুর ভরের $\frac{1}{12}$ অংশকে এক পারমাণবিক ভর (atomic mass unit বা a. m. u) ধরা হয়।

$$\text{amu} = 1.66057 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

খ m_0 নিশ্চল ভরবিশিষ্ট কোন বস্তুর গতিশীল অবস্থায় মোট শক্তি,

$$E = \sqrt{P^2 c^2 + m_0^2 c^4} \\ \therefore E^2 = m_0^2 c^4 + P^2 c^2$$

আবার, দ্য ব্রগলীর কণা-তরঙ্গ সমীকরণ থেকে পাই, $P = \frac{h}{\lambda}$, $\lambda = \frac{v_0}{v}$

যেখানে v_0 হলো তরঙ্গ বেগ এবং v হলো কম্পাঙ্ক। আলোর ক্ষেত্রে $\lambda = \frac{c}{v}$

$$\therefore P = \frac{hv}{c} = \frac{E}{c}$$

$$\therefore E^2 = m_0^2 c^4 + \frac{E^2}{c^2} \cdot c^2$$

$$\therefore m_0 = 0$$

অতএব, আলোর বেগে গতিশীল কোন কণার নিশ্চল ভর অবশ্যই শূন্য হবে।

গ এখানে,

নিশ্চল দৈর্ঘ্য, $L_0 = 100 \text{ m}$

চলমান দৈর্ঘ্য, $L = 90 \text{ m}$

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

মহাকাশযানটির বেগ, $v = ?$

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } 1 - \frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{L}{L_0} \right)^2$$

$$\text{বা, } v^2 = 1 - \left(\frac{L}{L_0} \right)^2 \times c^2$$

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

$$\therefore v = 1.31 \times 10^8 \text{ ms}^{-1} \text{ (Ans.)}$$

ঘ মনে করি,

যানটির নিশ্চল ভর $= m_0$

চলমান ভর $= m$

যানটির বেগ, $v = 1.31 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ [গ থেকে প্রাপ্ত]

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } \frac{m_0}{m} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \sqrt{1 - \left(\frac{1.31 \times 10^8}{3 \times 10^8} \right)^2}$$

$$\text{বা, } \frac{m_0}{m} = 0.9$$

$$\text{বা, } \frac{m}{m_0} = \frac{1}{0.9}$$

$$\text{বা, } \frac{m - m_0}{m_0} \times 100\% = \frac{1 - 0.9}{1} \times 10\% = 10\%$$

অতএব, গতিশীল অবস্থায় বস্তুটির ভর 10% বৃদ্ধি পাবে।

পদার্থবিজ্ঞান

অষ্টম অধ্যায় : আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের সূচনা

২৪৮. আপেক্ষিক তত্ত্ব প্রদান করেন কোন বিজ্ঞানী? (জ্ঞান)

- (ক) ম্যাক্স প্র্যাঙ্ক (খ) আলবার্ট আইনস্টাইন
(গ) গ্যালিলিও গ্যালিলি (ঘ) আইজ্যাক নিউটন

২৪৯. ভর-শক্তি সম্পর্কে কে সূত্র প্রদান করেন? (জ্ঞান)

- (ক) ম্যাক্স প্র্যাঙ্ক (খ) আলবার্ট আইনস্টাইন
(গ) গ্যালিলিও গ্যালিলি (ঘ) আইজ্যাক নিউটন

২৫০. আলোক বর্ষ কীসের একক? (জ্ঞান)

- (ক) দূতির (খ) দূরত্বের
(গ) সময়ের (ঘ) কম্পাঙ্কের

২৫১. লরেঞ্জ বৃপান্তরের ফলে বস্তুর কোনটির পরিবর্তন হয় না? (জ্ঞান)

- (ক) বেগের (খ) মাত্রার
(গ) ভরনের (ঘ) ভরের

২৫২. গ্যালিলীয় বৃপান্তরে কয়টি সমীকরণ বিদ্যমান? (জ্ঞান)

- (ক) ১ (খ) ২
(গ) ৩ (ঘ) ৪

২৫৩. একটি মেসন কণার গড় আয়ু $3 \times 10^{-8} \text{ms}^{-1}$ । কণাটি $0.85c$ বেগে গতিশীল হলে এর গড় আয়ু কত? [আব্দুল কাদির মোল্লা কলেজ, নরসিংদী] (প্রয়োগ)

- (ক) $6.32 \times 10^{-8} \text{sec}$ (খ) $6.02 \times 10^{-8} \text{sec}$
(গ) $5.62 \times 10^{-8} \text{sec}$ (ঘ) $5.02 \times 10^{-8} \text{sec}$

২৫৪. $0.6c$ বেগে চলমান ট্রেন 200m দৈর্ঘ্যের একটি প্লাটফর্ম অতিক্রম করে গেলে ট্রেনের যাত্রীর কাছে প্লাটফর্মের দৈর্ঘ্য কত মনে হবে? [আব্দুল কাদির মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী] (প্রয়োগ)

- (ক) 200m (খ) 250m
(গ) 160m (ঘ) 300m

২৫৫. একটি সেকেন্ড দোলক $0.7c$ বেগে গতিশীল অবস্থায় রাখা আছে। পৃথিবীতে অবস্থিত পর্যবেক্ষকের নিকট ঐ দোলকের দোলনকাল কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 2.0sec (খ) 2.5sec
(গ) 2.7sec (ঘ) 2.8sec

২৫৬. ভূপৃষ্ঠ থেকে 100m দৈর্ঘ্যের একটি রকেট $2 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$ সমবেগে গতিশীল থাকলে, এ অবস্থায় রকেটের দৈর্ঘ্য কত? (প্রয়োগ)

- (ক) 78.47m (খ) 76.74m
(গ) 75.55m (ঘ) 74.53m

২৫৭. স্থিরাবস্থায় একটি বস্তু কণার ভর 10^{-24}kg । কণাটি $18 \times 10^7 \text{ms}^{-1}$ বেগে গতিশীল থাকলে ঐ অবস্থায় এর ভর কত? (প্রয়োগ)

- (ক) $1.25 \times 10^{-24}\text{kg}$ (খ) $1.25 \times 10^{-24}\text{kg}$
(গ) $1.25 \times 10^{-24}\text{kg}$ (ঘ) $1.25 \times 10^{-13}\text{kg}$

২৫৮. কোনো বস্তুকণার মোট শক্তি স্থিতিশক্তি থেকে $2.24 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$ হবে? (প্রয়োগ)

- (ক) 0.67 গুণ (খ) 1.5 গুণ
(গ) 2.67 গুণ (ঘ) 3.67 গুণ

২৫৯. $\frac{c}{\sqrt{2}}$ গতিবেগের একটি প্রোটনের গতিশক্তি = $0.414m_0c^2$ এর ভরবেগ কত? (প্রয়োগ)

- (ক) m_0c (খ) $\sqrt{2}m_0c$
(গ) $\sqrt{3}m_0c$ (ঘ) $2m_0c$

২৬০. দুর্বল নিউক্লীয় বলের পাল্লা কত? (জ্ঞান)

- (ক) 10^{-14}m (খ) 10^{-15}m
(গ) 10^{-16}m (ঘ) 10^{-17}m

২৬১. কোন বিজ্ঞানী বিকীর্ণ বর্ণালীর শক্তি বস্তু সম্পর্কে একটি সূত্র প্রদান করেন? (জ্ঞান)

- (ক) বাদার ফোর্ড (খ) ম্যাক্সওয়েল
(গ) হাইজেনবার্গ (ঘ) জীন

২৬২. h কী নামে পরিচিত? [আইডিয়াল স্কুল এন্ড কলেজ, মতিঝিল, ঢাকা] (জ্ঞান)

- (ক) ডিরাক ধ্রুবক (খ) প্লাঙ্ক ধ্রুবক
(গ) কম্পটন ধ্রুবক (ঘ) ডি ব্রগলি ধ্রুবক

২৬৩. প্লাঙ্কের ধ্রুবকের মান কত? (প্রয়োগ)

- (ক) $6.36 \times 10^{-37}\text{J-sec}$ (খ) $6.36 \times 10^{-34}\text{J-sec}$
(গ) $6.66 \times 10^{-37}\text{J-sec}$ (ঘ) $6.63 \times 10^{-34}\text{J-sec}$

২৬৪. একটি ফোটনের শক্তি 1.77eV । ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। [যেখানে, প্লাঙ্কের ধ্রুবক = $6.63 \times 10^{-34}\text{J-Sec}$] (প্রয়োগ)

- (ক) 7.02Å (খ) $7.02 \times 10^{-7}\text{cm}$
(গ) $7.02 \times 10^{-7}\text{m}$ (ঘ) $3.5 \times 10^{-10}\text{cm}$

২৬৫. এক আলোক বর্ষ কত কিলোমিটার? [বগুড়া ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, বগুড়া; আব্দুল কাদের মোল্লা সিটি কলেজ, নরসিংদী] (জ্ঞান)

- (ক) $9.4 \times 10^{13}\text{km}$ (খ) $9.4 \times 10^{12}\text{km}$
(গ) $9.4 \times 10^9\text{km}$ (ঘ) $9.4 \times 10^8\text{km}$

২৬৬. সোডিয়ামের সূচন তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 6800Å এর কার্য অপেক্ষক কত? (প্রয়োগ)

- (ক) $1.6 \times 10^{-19}\text{J}$ (খ) $2.93 \times 10^{-19}\text{J}$
(গ) $3.92 \times 10^{-19}\text{J}$ (ঘ) $3.6 \times 10^{-19}\text{J}$

২৬৭. $E = h\nu$ সূত্রটি প্রদান করেন— (জ্ঞান)

- (ক) ফ্যারাডে (খ) আইনস্টাইন
(গ) প্লাঙ্ক (ঘ) নিউটন

২৬৮. জড় প্রসঙ্গ কাঠামোতে— (অনুধাবন)

- স্থির বস্তু স্থির থাকে
- গতিশীল বস্তু সমবেগে গতিশীল থাকে
- বাহ্যিক বল অনুপস্থিত থাকে

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) i ও iii
গ) ii ও iii ঙ) i, ii ও iii

২৬৯. কোনো বস্তু আলোর সমান বেগে গতিশীল হলে কোনো স্থির কাঠামোর সাপেক্ষে তার— (অনুধাবন)

- ভর অসীম হবে
- দৈর্ঘ্য অসীম হবে
- সময় অসীম হবে

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) ii ও iii
গ) i ও iii ঙ) i, ii ও iii

২৭০. In m দৈর্ঘ্যের একটি নভোযান 55 kg ভরের যাত্রী নিয়ে 0.9c বেগে মহাকাশে গতিশীল হলে — (উচ্চতর দক্ষতা)

- নভোযানে ঘড়ি আস্তে চলবে
- পৃথিবী হতে নভোযানের দৈর্ঘ্য মনে 43.59 m হবে
- যাত্রীর গতিশীল ভর 126 kg হবে

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) i ও iii
গ) ii ও iii ঙ) i, ii ও iii

২৭১. 5g ভরের সমতুল্য শক্তি — (অনুধাবন)

- 4.5×10^{14} J
- 2.8125×10^{20} eV
- 2.8125×10^{27} MeV

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) ii ও iii
গ) i ও iii ঙ) i, ii ও iii

২৭২. তড়িত চৌম্বক বল— (অনুধাবন)

- নিউট্রন ও প্রোটনের মধ্যে বিদ্যমান
- মাঝারি ধরনের বল
- অসীম পর্যন্ত বিস্তৃত

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) i ও iii
গ) ii ও iii ঙ) i, ii ও iii

২৭৩. কৃষ্ণবস্তুর তাপমাত্রা ধীরে ধীরে বৃদ্ধি করতে থাকলে— (অনুধাবন)

- 850K তাপমাত্রায় লাল বর্ণ ধারণ করে
- 3000 K তাপমাত্রায় সাদা বর্ণ ধারণ করে
- 850 K এর কম তাপমাত্রায় হলুদ বর্ণ ধারণ করে

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) i ও iii

- ল) ii ও iii ঘ) i, ii ও iii

২৭৪. X-ray হলো— (অনুধাবন)

- তড়িৎ চৌম্বকীয় তরঙ্গ
- 10^{-12} m থেকে 10^{-8} সীমার তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট তরঙ্গ
- তেজস্ক্রিয় ঘটনায় নিঃসরিত হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) ii ও iii
গ) i ও iii ঙ) i, ii ও iii

২৭৫. এক্সরে প্রতিপ্রভা সৃষ্টি করে— (উচ্চতর দক্ষতা)

- জিন্ডক সালফাইডের
- থোরিয়াম সালফাইডের
- বেরিয়াম প্লাটিনোসায়ানাইডের

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) i ও iii
গ) ii ও iii ঙ) i, ii ও iii

উদীপকটি পড়ে ২৭৬ ও ২৭৭ নং প্রশ্নের উত্তর দাও।
তোমার বন্ধুর ভর 'x' কেজি। তুমি ভূপৃষ্ঠে অবস্থানকালে তার ভর তোমার কাছে 101 কেজি মনে হয়, যখন সে $4.2 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$ বেগে মহাকাশযানে উঠে চলেছে।

২৭৬. x = ? (প্রয়োগ)

- ক) 100 ঘ) 101
গ) 102 ঙ) 103

২৭৭. তোমার বন্ধুর ভর— (অনুধাবন)

- তোমার দৃষ্টিতে বেড়ে গেছে
- তার দৃষ্টিতে স্বাভাবিক রয়ে গেছে
- উভয়ের দৃষ্টিতে বেড়ে গেছে

নিচের কোনটি সঠিক?

- ক) i ও ii ঘ) i ও iii
গ) ii ও iii ঙ) i, ii ও iii

অনুচ্ছেদটি পড়ে ২৭৮ ও ২৭৯ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

4000Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো কোন ধাতব পৃষ্ঠে আপতিত হলে যে ইলেকট্রন নির্গত হয় তার সর্বোচ্চ গতিশক্তির মান 0.1 eV.

২৭৮. ধাতব পৃষ্ঠের উপর আপতিত ফোটনের শক্তি কত? [নওয়াব ফজলজুমেদা সরকারি কলেজ, কুমিল্লা] (প্রয়োগ)

- ক) 3.1×10^{-6} eV ঘ) 3.1×10^{-4} eV
গ) 3.1×10^{-2} eV ঙ) 3.1 eV

২৭৯. ঐ ধাতুর কার্য অপেক্ষক কত? [নওয়াব ফজলজুমেদা সরকারি কলেজ, কুমিল্লা] (প্রয়োগ)

- ক) 2.708 eV ঘ) 3.7078 eV
গ) 3.9078 eV ঙ) 4.3078 eV