কনা তরঙ্গবাদ

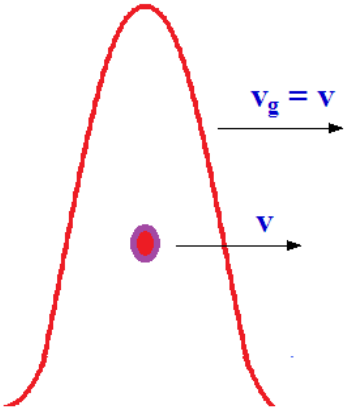
www.ctphysics.org

১) প্রাথমিক ধারণা :

১৯০১ সালে বিজ্ঞানী ম্যাক্স প্ল্যাঙ্ক কোয়ান্টাম তত্বের প্রবর্তন করেন যা প্রকৃতপক্ষে বিকিরণের কণা ধর্মকে নির্দেশ করে । এই তত্ব অনুযায়ী কোন একবর্ণী তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গকে একাধিক বিচ্ছিন্ন শক্তি পুলিন্দার স্রোত হিসাবে প্রতিস্থাপিত করা যায় যেখানে প্রতিটি শক্তি পুলিন্দার শক্তি হবে $h\nu$ । এক্ষেত্রে h হল প্ল্যাঙ্কের ধ্রুবক ও ν হল ঐ একবর্ণী তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গের কম্পাঙ্ক । এই শক্তি পুলিন্দাকেই বলা হয় ফোটন বা কোয়ান্টা ।

সুতরাং এই তত ্অনুযায়ী কোন একবর্ণী তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গকে n সংখ্যক ফোটনের স্রোত হিসাবে ধরা হলে ঐ একবর্ণী তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গের মোট শক্তি হবে $E = nh\nu$ । এর পর বিজ্ঞানী প্ল্যাঙ্ক তার এই তত্বের সাহায্যে কৃষ্ণ বস্তুর বিকিরণ ধর্ম ব্যাখ্যা করেন ও এই ভাবেই কোয়ান্টাম তত্বের সত্যতা যাচাই হয় ।

পরবর্তি ক্ষেত্রে ১৯০৫ সালে বিজ্ঞানী আইনস্টাইন এই কোয়ান্টাম তত্বের সাহায্যে আলোকতড়িৎ ক্রিয়ার ব্যাখ্যা করেন । আবার ১৯২১ সালে বিজ্ঞানী কম্পটন প্ল্যাঙ্কের এই কোয়ান্টাম তত্বের সাহায্যে কম্পটন ক্রিয়ার ব্যাখ্যা করেন । এর পর বিজ্ঞানী ডিরাক এই কোয়ান্টাম তত্বের সাহায্যেই যুগল উৎপাদন ব্যাখ্যা করেন ।



এই ভাবেই বিভিন্ন ক্ষেত্রে বিজ্ঞানী প্ল্যাঙ্কের এই কোয়ান্টাম তত্বের সত্যতা প্রতিষ্ঠিত হয়

এর কয়েক বছর পরে ১৯২৮ সালে বিশিষ্ট্য দার্শনিক দ্য ব্রয় পদার্থের তরঙ্গ ধর্ম প্রকাশ করেন যা কনা তরঙ্গ বাদ নামে পরিচিত । এই কনা তরঙ্গ বাদ অনুযায়ী কোন কনার গতিকে তরঙ্গ গতির দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায় যা কোন একক তরঙ্গ নহে, ইহা একটি তরঙ্গ পুলিন্দা ও এই তত্ব অনুযায়ী এই তরঙ্গ পুলিন্দার তরঙ্গদৈর্ঘ্য কনার ভরবেগ এর ব্যাস্তানুপাতিক । গাণিতিকভাবে এই কনা তরঙ্গ বাদ অনুযায়ী তরঙ্গ পুলিন্দার তরঙ্গদৈর্ঘ্য হবে $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$

এই বস্তু তরঙ্গের মূল বৈশিষ্ট্য হল

ক) ইহা কোন একক নির্দিষ্ট্য নিরবিচ্ছিন্ন তরঙ্গ নহে যাহা $-\infty$ থেকে $+\infty$ পর্য্যন্ত বিস্তৃত, ইহা প্রকৃত পক্ষে একটি তরঙ্গ পুলিন্দা যা কম্পাঙ্ক ও তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সামান্য পর্থক্য সহ একাধিক তরঙ্গের উপরিপাতনে উৎপন্ন হয় ।

খ) এই তরঙ্গ পুলিন্দার বেধ (Δx)কনাটির অবস্থান অনিশ্চয়তার পরিমাপ । সুতরাং এই কনা তরঙ্গ বাদ হাইসেনবার্গ এর অনিশ্চয়তাবাদ নীতির দ্বারা সমর্থিত হয় ।

গ) এই তরঙ্গ পুলিন্দা বা বস্তু তরঙ্গ কে তাত্বিক ভাবে ফুরিয়ার বিশ্লেষণ এর দ্বারা গঠন করা যায় ও ইহা প্রকৃতপক্ষে শ্রেণী বেগে গতিশীল থাকে যা অনুষঙ্গিক কণাটির বেগের সমান হয় ।

ঘ) কনা গতিকে এই তরঙ্গ পুলিন্দার গতি দ্বারা প্রতিস্থাপিত করার ধারণা বোরের পরমানু গঠনের তত্ব দ্বারা সমর্থিত হয় কারণ এই কনা তরঙ্গ বাদ থেকেই বোরের পরমানুতত্বের কৌনিক ভরবেগ কোয়ান্টাইজেশন এর ধারণা প্রতিষ্ঠিত হয় ।

www.ctphysics.org

২) বোরের পরমানু তত্ব থেকে সমর্থন :

বোরের পরমানু তত্ব অনুযায়ী ধরা যাক নিউক্লিয়াসের চতুদিকে ইলেকট্রন বৃত্তপথে আবর্তন করছে । এখন দ্য ব্রয়ের কনা তরঙ্গ বাদ অনুযায়ী এই ইলেকট্রন এর গতিকে তরঙ্গ পুলিন্দার গতি দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা হলে যদি ইলেকট্রনের $\mathbf{n}$ তম কক্ষপথের পরিধি $\mathbf{n}$ সংখ্যক তরঙ্গ পুলিন্দা দ্বারা পূর্ণ করা সম্ভব মনে করা হয় তবে ঐ তরঙ্গ পুলিন্দার তরঙ্গ দৈর্ঘ্য $\boldsymbol{\lambda}$ হলে ঐ $\mathbf{n}$ তম কক্ষপথের পরিধি হবে

$$\mathbf{2\pi r = n\lambda = n\frac{h}{p} = \frac{nh}{mv} \Rightarrow mvr = n\left(\frac{h}{2\pi}\right)}$$

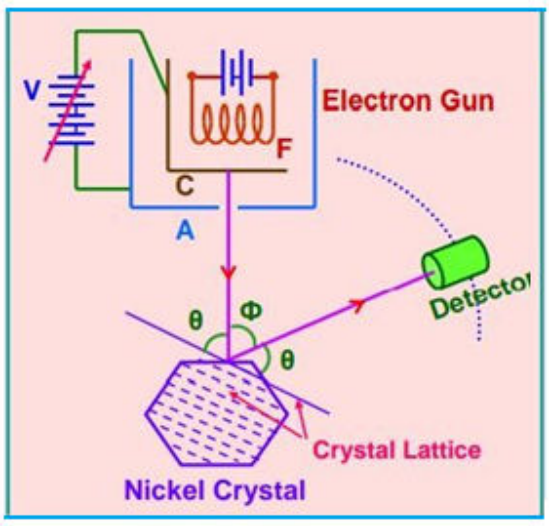
ইহাই বোরের কৌনিক ভরবেগ কোয়ান্টাইজেশন শর্ত । ফলে বলা যেতে পারে যে কনা গতিকে এই তরঙ্গ পুলিন্দার গতি দ্বারা প্রতিস্থাপিত করার ধারণা বোরের পরমানু গঠনের তত্ব দ্বারা সমর্থিত হয়

৩) ডেভিসন ও জার্মারের পরীক্ষা :

বিজ্ঞানী ডেভিসন ও জার্মার সর্ব্বপ্রথম পরীক্ষামুলক ভাবে কনা তরঙ্গবাদ প্রতিষ্ঠা করেন । তারা 54 ভোল্ট বিভব প্রভেদে ত্বরিত একটি ইলেকট্রন এর স্রোত কে একটি নিকেল কেলাসে আপতিত করে সম্মুখে অবস্থিত পর্দায় অপবর্তন পটি দেখতে পেলেন । যেহেতু এই অপবর্তন তরঙ্গের একটি ধর্ম ফলে ঐ ইলেকট্রন এর স্রোত তরঙ্গ গতির সমতূল্য ধরা যেতে পারে । এখন আমরা জানি যে কোন ইলেকট্রন কে $\mathbf{V}$ বিভবে ত্বরিত করা হলে শক্তি সংরক্ষন অনুযায়ী লেখা যায়

$\frac{1}{2}\mathbf{mv^2 = eV \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eV}{m}} \Rightarrow mv = p = \sqrt{2meV}}$ ফলে ইলেকট্রনটির তূল্য দ্য ব্রয় তরঙ্গদৈর্ঘ্য হবে

$$\boldsymbol{\lambda]_{electron} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2meV}} = \frac{h}{\sqrt{2me}} \cdot \frac{1}{\sqrt{V}} = \frac{12.26}{\sqrt{54}}\ A}$$



সুতরাং ডেভিসন ও জার্মার তাদের পরীক্ষায় 54 ভোল্ট বিভব প্রভেদে ত্বরিত যে ইলেকট্রন স্রোত ব্যবহার করেন তার তূল্য দ্য ব্রয় তরঙ্গদৈর্ঘ্য তাত্বিক ভাবে হওয়া উচিত

$$\boldsymbol{\lambda]_{electron} = \frac{12.26}{\sqrt{54}}\ A = 1.66\ A}$$

কিন্তু ডেভিসন ও জার্মার তাদের পরীক্ষায় যে অপবর্তন পটি পান তাতে তারা দেখান যে ডিটেক্টরের $\boldsymbol{\varphi = 50^o}$ ডিগ্রী কোনিক অবস্থানে প্রথম ক্রমের সর্ব্বোচ্চ তীব্রতার অপবর্তন পটিটি পাওয়া গেল যেখানে $\boldsymbol{\varphi}$ হল আপতিত ও প্রতিফলিত বা বিক্ষিপ্ত ইলেকট্রন

তরংগের মধ্যে কোন । ব্রাগের তত্ব অনুযায়ী নিকেল কেলাস থেকে ইলেকট্রন তরংগের বিক্ষেপন প্রকৃতপক্ষে নিকেলের কেলাসতল থেকে ইলেকট্রন তরংগের প্রতিফলনের মাধ্যমে ঘটে বলে ধরা হয় । এখন ব্র্যাগের বিক্ষেপন বা অপবর্তনের তত্ব অনুযায়ী $2dSin\theta = n\lambda$ যেখানে θ হল ব্র্যাগ কোন । এখন চিত্র অনুযায়ী $2\theta = \pi - \varphi$ অর্থাৎ $\theta = 90 - 25 = 65$

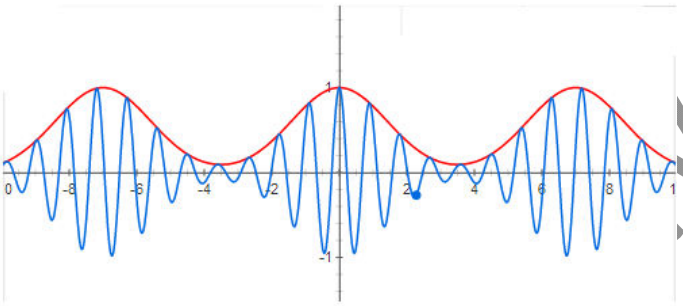
কিন্তু নিকেল কেলাসের জন্য $d = 0.91A$ ফলে গাণিতিক ভাবে

$$2 \times 0.91 \times Sin65 = 1 \times \lambda \implies \lambda = 1.656\ A$$

সুতরাং দেখা যাচ্ছে দ্য ব্রয়ের তত্ব থেকে প্রাপ্ত ইলেকট্রন স্রোতের তূল্য দ্য ব্রয় তরঙ্গদৈর্ঘ্য পরীক্ষামূলক ভাবে প্রাপ্ত তরঙ্গদৈর্ঘের সহিত প্রায় অভিন্ন । এই ভাবেই কনা তরঙ্গবাদ পরীক্ষামূলক ভাবে প্রতিষ্ঠিত হয় ।

৪) তরঙ্গ পুলিন্দার শ্রেণী বেগ :

যখন কম্পাঙ্ক ও তরঙ্গদৈর্ঘের সামান্য পার্থক্য সহ একাধিক তরঙ্গ পরস্পরের সহিত উপরিপতিত হয় তখন যে লব্ধি তরঙ্গের সৃষ্টি হয় তার বিস্তার তরঙ্গাকারে গতিশীল থাকে । এই বিস্তার তরঙ্গের দশা বেগই হল ঐ লব্ধি তরঙ্গটির শ্রেণি বেগ ।



এখন ধরা যাক উপরিপাতনের পূর্বে ঐ দুই তরঙ্গের কম্পাঙ্ক যথাক্রমে ω_1 ও ω_2 এবং ইহাদের প্রসারণ ধ্রুবক যথাক্রমে k_1 ও k_2 । ফলে এক্ষেত্রে উপরিপাতন নীতি অনুযায়ী লব্ধি তরঙ্গ হবে

$$y = y_1 + y_2 = ASin(\omega_1 t - k_1 x) + ASin(\omega_2 t - k_2 x)$$

$$= 2A\ Sin\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}t - \frac{k_1 + k_2}{2}x\right) Cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}t - \frac{k_1 - k_2}{2}x\right)$$

$$= A_o\ Sin\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}t - \frac{k_1 + k_2}{2}x\right)$$

$$\implies y = A_o Sin(\omega t - kx) \quad for\ \omega_1 \approx \omega_2 \approx \omega\ and\ k_1 \approx k_2 \approx k$$

এই লব্ধি তরঙ্গের বিস্তার তরঙ্গ হল $A_o = 2A\ Cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}t - \frac{k_1 - k_2}{2}x\right) = 2A\ Cos\left(\frac{\Delta\omega}{2}t - \frac{\Delta k}{2}x\right)$

এই বিস্তার তরঙ্গের দশা বেগ হবে $v_g = \frac{\frac{\Delta\omega}{2}}{\frac{\Delta k}{2}} = \frac{\Delta\omega}{\Delta k} = \frac{d\omega}{dk}$ ইহাই লব্ধি তরঙ্গের শ্রেণী বেগ । এখন কনা তরঙ্গবাদ অনুযায়ী কনা গতিকে যে তরঙ্গ পুলিন্দার গতি দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা হয় তার বেগ এই শ্রেণী বেগের সমান ধরা হয় ।

www.cuphysics.org

৫) কনা গতির বেগ ও তরঙ্গ পুলিন্দার শ্রেণী বেগের অভিন্নতা:

যদিও কনা তরঙ্গবাদ বস্তুর তরঙ্গ ধর্ম এর সাধারণ প্রকাশ কিন্তু ইহা অবপারমানবিক কনার ক্ষেত্রেই কার্য্যকর করা হয় । এই অবপারমানবিক কনা যাদের বেগ তূলনামূলক ভাবে বেশী , আপেক্ষিকতাবাদ অনুযায়ী তাদের গতীয় ভর হবে $\mathbf{m = \frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}}$

যেখানে $\mathbf{v}$ হল কনাটির বেগ ও ইহার স্থির ভর হল $\mathbf{m_o}$. এখন কনাটির তূল্য তরঙ্গ পুলিন্দার শ্রেণী বেগ হবে

$$\mathbf{v_g = \frac{d\omega}{dk} = \frac{d(2\pi\nu)}{d\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)} = \frac{d(\nu)}{d\left(\frac{1}{\lambda}\right)} = \frac{\frac{d(\nu)}{dv}}{\frac{d\left(\frac{1}{\lambda}\right)}{dv}}}$$

এখন $\mathbf{\nu = \frac{h\nu}{h} = \frac{mc^2}{h} = \frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}.\frac{c^2}{h} \Rightarrow \frac{d(\nu)}{dv} = \frac{m_o c^2}{h}.\frac{d}{dv}\left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\right) = \frac{m_o c^2}{h}.\left(-\frac{1}{2}\right)\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}}\left(\frac{-2v}{c^2}\right)}$

$$\mathbf{\Rightarrow \frac{d(\nu)}{dv} = \frac{m_o v}{h}\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}}}$$

এবং $\mathbf{\frac{1}{\lambda} = \frac{mv}{h} = \frac{m_o v}{h\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \frac{d\left(\frac{1}{\lambda}\right)}{dv} = \frac{m_o v}{h}\left(-\frac{1}{2}\right)\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}}\left(\frac{-2v}{c^2}\right) + \frac{m_o}{h}\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}}$

$$\mathbf{\Rightarrow \frac{d\left(\frac{1}{\lambda}\right)}{dv} = \frac{m_o}{h}.\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}}\left\{\frac{v^2}{c^2} + \left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)\right\} \Rightarrow \frac{d\left(\frac{1}{\lambda}\right)}{dv} = \frac{m_o}{h}.\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}}}$$

ফলে $\mathbf{v_g = \frac{d\omega}{dk} = \frac{\frac{d(\nu)}{dv}}{\frac{d\left(\frac{1}{\lambda}\right)}{dv}} = \frac{\frac{m_o v}{h}\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}}}{\frac{m_o}{h}.\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}}} = v}$ অর্থাৎ তরঙ্গ পুলিন্দার শ্রেণী বেগ সর্ব্বদাই কনা গতির বেগের সমান ।

কিন্তু যদি আপেক্ষিকতাবাদ মেনে চলে না এরুপ কোন গতিশীল কনার কথা বিবেচনা করা হয় তবে সেক্ষেত্রে

$$\mathbf{v_g = \frac{d\omega}{dk} = \frac{d\left(\frac{h}{2\pi}\omega\right)}{d\left(\frac{h}{2\pi}k\right)} = \frac{dE}{dp}}$$

এখন যেহেতু, $\mathbf{E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}}$ ফলে $\mathbf{v_g = \frac{d\omega}{dk} = \frac{dE}{dp} = \frac{p}{m} = \frac{mv}{m} = v}$ = কনা বেগ ।

Solved Problems

www.ctphysics.org

1. হাইড্রোজেন পরমানুতে n = 2 দুই কক্ষপথে আবর্তনরত ইলেকট্রনের দ্য ব্রয় তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্নয় কর ।

Ans: এক্ষেত্রে n.তম শক্তিস্তরে ইলেকট্রনের শক্তি হবে $E_n = \frac{-13.6}{n^2} eV$ এখন ওই n.তম শক্তিস্তরে ইলেকট্রনের গতিশক্তি হবে $K_n = \frac{13.6}{n^2} eV$ সুতরাং 2nd শক্তিস্তরে আবর্তনরত ইলেকট্রনের গতিশক্তি $K_2 = \frac{13.6}{2^2} eV = 3.4\ eV$ সুতরাং চূড়ান্তভাবে পাওয়া যায় $E_2 = 3.4 \times 1.6 \times 10^{-19}\ J$ ওই আবর্তিত ইলেকট্রনের দ্য ব্রয় তরঙ্গদৈর্ঘ্য হবে

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mE_K}} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{\sqrt{2 \times 9.1 \times 10^{-31} \times 3.4 \times 1.6 \times 10^{-19}}} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.95 \times 10^{-25}}$$
$$= 0.666 \times 10^{-9}\ m = 0.666\ nm$$

2. 1 Å দ্য ব্রয় তরঙ্গদৈর্ঘ্য সম্পন্ন কোনো ইলেকট্রনের শক্তির সঙ্গে একই তরঙ্গদৈর্ঘ্যে X - রশ্মি ফোটনের শক্তির তুলনা কর প্রদত্ত যে $h = 6.6 \times 10^{-34}\ Js$

Ans:.. এখন ইলেকট্রনের ক্ষেত্রে তরঙ্গদৈর্ঘ্য $\lambda = \frac{h}{p}$ Or $p = \frac{h}{\lambda}$ সুতরাং ইলেকট্রনটির গতিশক্তি হবে $E_K = \frac{p^2}{2m} = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$ আবার X - রশ্মি ফোটনের গতিশক্তি $E_X = hv = \frac{hc}{\lambda}$ সুতরাং তুলনা করে পাই

$$\frac{E_K}{E_X} = \frac{h^2}{2m\lambda^2} \times \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.6 \times 10^{-34}}{2 \times 9.1 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8 \times 10^{-10}} = \frac{11}{910}$$

3. 27°C ঘরের তাপমাত্রায় তাপীয় নিউট্রনের দ্য ব্রয় তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্নয় কর । এক্ষেত্রে ব্যাখ্যা কর কেন ফাস্ট নিউট্রনকে পরিবেশ উষ্ণীকরনে ব্যবহার করা হয় যদিও তাপীয় নিউট্রন দ্বারা অপবর্তন পরীক্ষায় ব্যবহার করা হয় । এক্ষেত্রে প্রদত্ত যে বোলজম্যান ধ্রুবক হল $k = 1.38 \times 10^{-23}\ JK^{-1}$

Ans: এখন প্রদত্ত যে $T = 27°C = 300\ K$ সুতরাং T তাপমাত্রায় নিউটনের গড় গতিশক্তি হবে

$$E_K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}KT = \frac{3}{2} \times 1.38 \times 10^{-23} \times 300 = 6.21 \times 10^{-21}\ J$$

সুতরাং লেখা যায় $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m.E_K}} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{\sqrt{2 \times 1.675 \times 10^{-27} \times 6.21 \times 10^{-21}}} = 1.45 \times 10^{-10} = 1.45\ Å$

এখন যেহেতু এই তরঙ্গদৈর্ঘ্য λ দুটি পরপর পরমানুর মধ্যে ব্যবধান এর $(\sim 1\ Å)$ প্রায় সমতুল্য ফলে এক্ষেত্রে তাপীয় নিউটন অবশ্যই অপবর্তন পরীক্ষায় সবথেকে বেশী গ্রহন যোগ্য হবে ।

4. 0.82 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের X -রশ্মি ফোটন কোনো ধাতব পৃষ্ঠে এসে আপতিত হল এক্ষেত্রে নির্গত ফটো ইলেকট্রনের দ্য ব্রয় তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্নয় কর এবং এক্ষেত্রে ধাতব পৃষ্ঠের কার্য অপেক্ষক নগন্য ধর । (প্রদত্ত যে $h = 6.6 \times 10^{-34}\ Js$, $c = 3 \times 10^8 ms^{-1}$)

www.ctphysics.org

Ans: এক্ষেত্রে প্রদত্ত যে $\lambda = 0.82 \times 10^{-10}\text{m}, \phi = 0$ এখন আমরা জানি $E_K = hv - \phi = \frac{hc}{\lambda} - 0 = \frac{hc}{\lambda}$ সুতরাং দ্য ব্রয় তরঙ্গদৈর্ঘ্য হবে

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m.E_K}} = \frac{h}{\sqrt{2m.\frac{hc}{\lambda}}} = \sqrt{\frac{h\lambda}{2mc}}, \lambda = \sqrt{\frac{6.6 \times 10^{-34} \times 0.82 \times 10^{-10}}{2 \times 9.1 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^{8}}} = 0.099 \times 10^{-10}\text{m}$$
$$= 0.099\ \text{Å}$$

5. একটি আলফা কণা ও একটি প্রোটনের ভরের অনুপাত **4:1** এবং ইহাদের আধানের অনুপাত **2:1** এখন ইহাদের দ্য ব্রয় তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অনুপাত নির্নয় কর যখন ১) উভয় সমান বেগে গতিশীল ২) উভয় সমান ভরবেগ নিয়ে গতিশীল ৩) উভয়ের গতিশক্তি সমান ৪) উভয়ই সমান বিভবে ত্বড়িত ।

Ans: এক্ষেত্রে প্রদত্ত যে $\frac{m_\alpha}{m_p} = \frac{4}{1}$ এবং $\frac{Q_\alpha}{Q_p} = \frac{2}{1}$

১) এখন আমরা জানি $\lambda = \frac{h}{mv}, \frac{\lambda_\alpha}{\lambda_p} = \frac{m_p v}{m_\alpha v} = \frac{m_p}{m_\alpha} = \frac{1}{4}$

২) $\lambda = \frac{h}{p}$ হতে পাই যেহেতু 'p' ভরবেগ উবয়ের ক্ষেত্রে সমান ফলে লেখা যায় $\frac{\lambda_\alpha}{\lambda_p} = 1$

৩) এক্ষেত্রে $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m.E_K}}$ এবং $\frac{\lambda_\alpha}{\lambda_p} = \sqrt{\frac{2m_p E_K}{2m_\alpha E_K}} = \sqrt{\frac{m_p}{m_\alpha}} = \frac{1}{2}$

৪) যেহেতু আমরা জানি $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mqV}}$ সুতরাং লেখা যায় $\frac{\lambda_\alpha}{\lambda_p} = \sqrt{\frac{m_p}{m_\alpha}.\frac{q_p}{q_a}} = \sqrt{\frac{1}{4} \times \frac{1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{8}}$

6. একটি কণা ইলেকট্রন এর গতির 3 গুন গতিতে গতিশীল । এখন ওই কণা এবং ইলেকট্রন এর দ্য ব্রয় তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অনুপাত 1.813×10^{-4} এক্ষেত্রে কণাটির ভর নির্নয় কর এবং কণাটিকে চিহ্নিত কর ।

Ans: এখন ইলেকট্রনের ক্ষেত্রে $\lambda_e = \frac{h}{m_e v_e}$ আবার কণাটির ক্ষেত্রে $\lambda_p = \frac{h}{m_p v_p}$ সুতরাং $\frac{\lambda_p}{\lambda_e} = \frac{m_e}{m_p} \times \frac{v_e}{v_p} = \frac{1}{3}\frac{m_e}{m_p}$

এখন যেহেতু $m_p = \frac{1}{3}m_e \times \frac{\lambda_e}{\lambda_p} = \frac{1}{3} \times 9.1 \times 10^{-31} \times \frac{1}{1.813 \times 10^{-4}} = 1.675 \times 10^{-27}\text{kg}.$

ফলে বলা যেতে পারে যে কণাটি একটি প্রোটন অথবা একটি নিউট্রন ।

7. একটি বিচ্ছিন্ন হাইড্রোজেন পরমানু থেকে 9 eV শক্তিসম্পন্ন ফোটন নির্গত হয় । নির্নয় কর ১) ফোটনের ভরবেগ ২) প্রতিক্ষিপ্ত পরমানুর ভরবেগ ৩) ওই পরমানুর গতিশক্তি । দেওয়া আছে যে হাইড্রোজেন পরমানুর ভর $1.6 \times 10^{-27}\text{kg}$

Ans: এক্ষেত্রে প্রদত্ত যে $E = 9\ \text{eV} = 9 \times 1.6 \times 10^{-19}\ \text{J}$

১) সুতরাং ফোটনের ভরবেগ হবে $p = \frac{hv}{c} = \frac{E}{c} = \frac{9 \times 1.6 \times 10^{-19}}{3 \times 10^{8}} = 4.8 \times 10^{-27}\text{kg ms}^{-1}$

২) প্রতিক্ষিপ্ত পরমানুর ভরবেগ হবে ওই ফোটনের ভরবেগের সমান এবং বিপরীত এবং তা হল $= -4.8 \times 10^{-27}\text{kg ms}^{-1}$

www.ctphysics.org

৩) এক্ষেত্রে পরমানুটির গতিশক্তি হবে $E_K = \frac{p^2}{2m} = \frac{(-4.8\times10^{-27})^2}{2\times1.6\times10^{-27}} = 7.2\times10^{-27}\ J$

৪. একটি I তীব্রতা সম্পন্ন ফোটনের স্রোত লম্বভাবে একটি পর্দায় পড়ল এবং পর্দা দ্বারা ওই ফোটনের স্রোত সম্পূর্ন শোষিত হল এবং সম্পূর্ন প্রক্রিয়াটি শূন্য মাধ্যমে সংগঠিত হল । যদি পর্দায় কার্যকর চাপ P হয় তবে দেখাও যে $P = \frac{I}{c}$ যেখানে c হল শূন্য মাধ্যমে আলোর বেগ ।

Ans: এক্ষেত্রে আমরা জানি কার্যকর বল $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ এবং চাপ $P = \frac{F}{A} = \frac{1}{A}\cdot\frac{\Delta p}{\Delta t}$ ... (1)

এখন ফোটনের জন্য $E = hv = h\frac{c}{\lambda} = \frac{h}{\lambda}c = pc$ এবং যেহেতু $\Delta E = c\cdot\Delta p$ or $\frac{\Delta E}{\Delta t} = c\cdot\frac{\Delta p}{\Delta t}$ সুতরাং লেখা যায় $\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{1}{6}\cdot\frac{\Delta E}{\Delta t}$. এখন সমীকরণ (1) থেকে পাই $P = \frac{1}{cA}\cdot\frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{1}{c}\left(\frac{\Delta E}{\Delta t}\right)$ কিন্তু $\frac{\Delta E}{A\Delta t}$ হল তীব্রতা

সুতরাং এক্ষেত্রে আপতিত শক্তি প্রতি ক্ষেত্রফলে প্রতি একক সময়ে হবে I অর্থাৎ এক্ষেত্রে বলা যায় কার্যকর চাপ $P = \frac{1}{C}$ (প্রমানিত)

www.ctphysics.org