

আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের সূচনা

TYPE – 01

আপেক্ষিকতা

FORMULA :

$$\textcircled{1} t = \frac{t_o}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad \textcircled{2} L = L_o \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

$$\textcircled{3} m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

t_o = ঘটনার প্রত্যক্ষদর্শী কর্তৃক নির্ণীত

t = যে কোন কাঠামোতে ঘটনা ঘটে তার সাপেক্ষে

অন্য কাঠামোতে অবস্থিত পর্যবেক্ষণ কর্তৃক নির্ণীত

L_o = স্থির অবস্থায় দন্ডের দৈর্ঘ্য

L = চলমান অবস্থায় দন্ডের দৈর্ঘ্য

m = চলমান অবস্থায় বস্তুর ভর

m_o = স্থির অবস্থায় বস্তুর ভর

EXAMPLE – 01: 50 মিনিটে শেষ করার জন্যে একজন অধ্যাপক তাঁর ঘড়ি দেখে একজন ছাত্রকে একটি পরীক্ষা করতে দিলেন। ছাত্র এবং অধ্যাপক পরস্পর 0.98 cms^{-1} আপেক্ষিক বেগে চলছে যখন অধ্যাপক বললেন ‘সময় শেষ’ তখন ছাত্রের পরিমাপে অধ্যাপকের ঘড়িতে কত সময় অতিবাহিত হয়েছে?

SOLVE : $t_o = 50$ মিনিট, $v = 0.98 \text{ cms}^{-1}$

আমরা জানি, $t = \frac{t_o}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{50}{\sqrt{1 - \left(\frac{0.98c}{c}\right)^2}} = 251.38$ মিনিট। [Ans.]

EXAMPLE – 02: একজন ডাক্তার 80 kmh^{-1} বেগে 120 km দূরে কোন hospital এ গিয়ে রোগী দেখল। ডাক্তার এর হিসাব অনুযায়ী $1 \text{ hr. } 15 \text{ min.}$ লাগল। আলোর বেগ 100 kmh^{-1} ধরলে ডাক্তারের বক্তব্য কি সত্য?

SOLVE : t_o = ডাক্তারের হিসাবকৃত সময় = $1 \text{ hr. } 15 \text{ mins.} = 1.25 \text{ h.}$

t = আমাদের হিসাবকৃত সময়

আমরা জানি, $t = \frac{t_o}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{1.25}{\sqrt{1 - \left(\frac{80}{100}\right)^2}} = 2.08 \text{ hour}$

∴ এই সময়ে ডাক্তার যে দূরত্ব অতিক্রম করতে পারবে তা হল- $x = vt = 80 \times 2.08 = 166.7 \text{ km}$

∴ 120 km যাওয়ার পর তার হাতে প্রচুর সময় থাকবে যা তিনি রোগী দেখায় ব্যয় করতে পারেন।

∴ ডাক্তারের বক্তব্য সঠিক। [Ans.]

EXAMPLE – 03: ভিন্ন গ্রহের একটি নভোযান 0.6 C গতিতে (মাঠের খেলোয়ারদের পরিমাপ অনুযায়ী) ফুটবল মাঠের দৈর্ঘ্য বরাবর অতিক্রম করে। ফুটবল মাঠটি 110 m লম্বা এবং 50 m প্রশস্ত। নভোযানের ভিন্ন গ্রহবাসীর পরিমাপ অনুযায়ী ফুটবল মাঠটির ক্ষেত্রফল কত?

SOLVE : পরিবর্তিত দৈর্ঘ্য হবে, $L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 110 \sqrt{1 - (0.6)^2} = 88 \text{ m}$

যেহেতু নভোযানটি মাঠটিকে দৈর্ঘ্য বরাবর অতিক্রম করেছে তাই ভিন্ন গ্রহবাসীদের কাছে প্রস্থের কোন পরিবর্তন হবে না।

\therefore ক্ষেত্রফল = $(88 \times 50) \text{ m}^2 = 4400 \text{ m}^2$ [Ans.]

EXAMPLE – 04: একটি গতিশীল ইলেক্ট্রনের ভর, স্থির ভরের $\frac{3}{2}$ গুণ হলে, ইলেক্ট্রনটির দ্রুতি বের কর।

SOLVE : দেওয়া আছে, $\frac{m}{m_0} = \frac{3}{2}$

আমরা জানি, $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \Rightarrow \left(\frac{m_0}{m}\right)^2 = 1 - v^2/c^2 \Rightarrow v^2/c^2 = 1 - \left(\frac{m_0}{m}\right)^2$

$\therefore v = c \sqrt{1 - \left(\frac{m_0}{m}\right)^2} = 3 \times 10^8 \sqrt{1 - (1/3)^2} = 2.24 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ [Ans.]

EXAMPLE – 05: $9 \times 10^3 \text{ kgm}^{-3}$ ঘনত্বে কোন আয়তাকার ঘনবস্তু 0.8C বেগে যাচ্ছে। গতিশীল অবস্থায় ঘনত্ব কত ?

SOLVE : স্থির অবস্থায়, $\rho_0 = \frac{m_0}{v_0} \dots\dots\dots$ (i)

এবং গতিশীল অবস্থায় $\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots$ (ii)

(ii) \div (i) $\Rightarrow \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{m \times v_0}{m_0 \times v} = \frac{m_0}{m_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}} \times \frac{x_0 y_0 z_0}{x_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} y_0 z_0}$

$\rho = \frac{\rho_0}{1 - v^2/c^2} = \frac{9 \times 10^3}{1 - (0.8)^2} = 2.5 \times 10^4 \text{ kgm}^{-3}$ [Ans.]

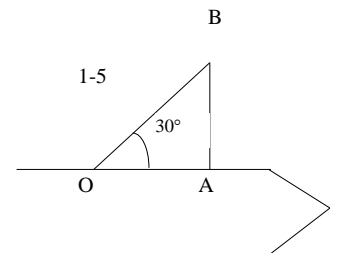
EXAMPLE – 06: একটি মহাকাশ যান 0.8c বেগে গতিশীল। এর উপর 1.5 m দীর্ঘ একটি এন্টেনা 30° কোণে আছে। গতিশীল অবস্থায় কত কোণে থাকবে?

SOLVE : $OA = OA_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} = l \cos 30^\circ \sqrt{1 - 0.8^2}$

$= 1.5 \cos 30^\circ \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.779 \text{ m}$

$AB = l \sin 30^\circ = 1.5 \sin 30^\circ = 0.75 \text{ m} \therefore \tan \theta = \frac{AB}{OA} = \frac{0.75}{0.779}$

$\therefore \theta = 43.89^\circ$ [Ans.]



TRY YOURSELF

EXERCISE – 01: কোন জীবাণু 20 দিনে দ্বিগুণ হয়। দুইটি জীবাণুকে মহাকাশ যানে রেখে 0.995 c বেগে পাঠানো হল। পৃথিবীর হিসেবে 1080 দিন পরে আসে তবে জীবাণু সংখ্যা কত? [Ans. 64]

EXERCISE – 02: 1.5 MeV গতিশক্তি সম্পন্ন কোন ইলেক্ট্রনের ভর কত ?

EXERCISE – 03: কত বেগে গতিশীল হলে গতিশক্তি স্থির শক্তির দ্বিগুণ হবে? [Ans. $\frac{\sqrt{3}}{2}c$]

EXERCISE – 04: একজন মহাশূন্যচারী 25 বছর বয়সে $1.8 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ বেগে গতিশীল একটি মহাশূন্যযানে চড়ে মহাকাশ ভ্রমণে গেলেন। পৃথিবীর হিসেবে তিনি 30 বছর মহাকাশে কাটিয়ে এলে তার বয়স কত হবে? [Ans. 49 y.]

EXERCISE – 05: একটি মুক্ত মৌলিক কণার গড় আয়ুষ্কাল 15 min, আয়ুষ্কাল $\frac{5}{3}$ গুণ হওয়ার জন্যে তার দ্রুতি কত হবে? [Ans. $2.4 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$]

EXERCISE – 06: 0.6c দ্রুতিতে চলমান একটি কাল্পনিক ট্রেন কোন ছোট স্টেশনের প্লাটফর্ম অতিক্রম করে গেল। প্লাটফর্মে দাঁড়ানো একজন যাত্রী চলমান ট্রেনের দৈর্ঘ্য মাপল 200 m যা প্লাটফর্মের দৈর্ঘ্যের সমান।

(ক) ট্রেনের নিশ্চল দৈর্ঘ্য কত ? (খ) ট্রেনের কোন যাত্রী প্লাটফর্মের দৈর্ঘ্য কত মাপবে? [Ans. (ক) 250 m (খ) 160 m]

EXERCISE – 07: অন্য উপগ্রহ হতে আগত একটি মহাকাশ যান ভূমি থেকে 10,000 m উঁচু থেকে 0.8c বেগে ভূপৃষ্ঠের দিকে ছুটে আসছে। মহাকাশযানে অবস্থিত নভোচারীর নিকট এ বায়ুস্তরের উচ্চতা ভূপৃষ্ঠে এসে পৌঁছবে? [Ans. 6000 m, $2.5 \times 10^{-5} \text{ s}$]

EXERCISE – 08: দ্রুতি কত হলে ইলেক্ট্রনের ভর প্রোটনের স্থির ভরের সমান হবে? [Ans. $2.99 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$]

EXERCISE – 09: দৈর্ঘ্য বরাবর গতিশীল একটি মিটার স্কেলের ভর, এর স্থির ভরের $\frac{3}{2}$ গুণ। গতিশীল অবস্থায় দৈর্ঘ্য বের কর। [Ans. 0.67 m]

EXERCISE – 10: একটি প্রোটনের গতিশক্তি m_0c^2 এর সমান। তার ভরবেগ নির্ণয় কর। [Ans. $\sqrt{3} m_0c$]

EXERCISE – 11: দ্রুত গতিসম্পন্ন একটি বস্তুর দ্রুতি কত হলে গতিশক্তি তার মোট শক্তি $\frac{1}{5}$ অংশ হবে ?

[Ans. $1 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$]

EXERCISE – 12: একটি বস্তুর বেগ 0.6c হলে বস্তুটির আপেক্ষিক ও সনাতন বলবিদ্যার ভরবেগের অনুপাত নির্ণয় কর। [Ans. 1.25]

TYPE – 02

❖ ভর – শক্তি সম্পর্ক

FORMULA :	$E_0 =$ স্থিরাবস্থায় বস্তুর শক্তি
❶ $E_0 = m_0 c^2$	$K =$ গতিশক্তি
❷ $E = mc^2$	$m_0 =$ স্থিরাবস্থায় বস্তুর ভর
❸ $K = (m - m_0) c^2$	$m =$ চলমান অবস্থায় বস্তুর ভর

EXAMPLE – 01: $\frac{c}{\sqrt{2}}$ বেগে চলমান একটি কণার ভরবেগ, গতিশক্তি ও মোট শক্তি নির্ণয় কর।

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

ভরবেগ, $P = mv = \sqrt{2} m_0 \left(\frac{c}{\sqrt{2}}\right) = m_0 c^2$

গতিশক্তি, $K = (m - m_0) c^2 = (\sqrt{2} m - m_0) c^2 = (\sqrt{2} - 1) m_0 c^2$

মোটশক্তি, $E = mc^2 = \sqrt{2} m - m_0 c^2$ [Ans.]

EXAMPLE – 02: একটি 2MeV ইলেকট্রনের বেগ কত? ইলেকট্রনের স্থিতিশক্তি 0.5 MeV.

SOLVE : দেওয়া আছে, গতিশক্তি, $K = 2 \text{ MeV} = 2 \times 10^6 \text{ eV}$

$= 2 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 3.2 \times 10^{-13} \text{ J}$

স্থিতিশক্তি, $E_0 = 0.5 \text{ MeV} = 0.5 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 0.80 \times 10^{-13} \text{ J}$

আমরা জানি, $E = K + E_0 \Rightarrow mc^2 = k + E_0 \Rightarrow \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = k + E_0$

$\Rightarrow \sqrt{1 - v^2/c^2} = \frac{E_0}{k + E_0} \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} = 1 - \left(\frac{E_0}{k + E_0}\right)^2 \Rightarrow v = c \sqrt{1 - \left(\frac{E_0}{k + E_0}\right)^2}$

$= 3 \times 10^8 \sqrt{1 - \left\{\frac{0.8 \times 10^{-13}}{3.2 \times 10^{-13} + 0.8 \times 10^{-13}}\right\}^2} = 0.939 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$ [Ans.]

TRY YOURSELF

EXERCISE – 01: দেখাও যে, একটি ইলেক্ট্রনের স্থির ভর (9.1×10^{-31} kg) 0.511 MeV শক্তির সমতুল্য।

EXERCISE – 02: একটি বস্তু কণার গতিশক্তি 10 MeV পরিমাণ বৃদ্ধি করতে এর ভরের কতটুকু পরিবর্তন করতে

হবে? [Ans. 1.8×10^{-32} kg]

EXERCISE – 03: একটি বস্তু কণার ভর 9×10^{-31} kg কণাটি 0.98C বেগে গতিশীল হলে এর মোট শক্তি কত?

কণাটির নিউটনীয় গতিশক্তি ও আইনস্টাইনের আপেক্ষিকতা গতিশক্তির তুলনা কর। [Ans. 0.119]

EXERCISE – 04: নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্রের আপেক্ষিক তত্ত্বের রূপ নির্ণয় কর।

EXERCISE – 05: 8.3×10^7 ms⁻¹ গতিতে গতিশীল একটি প্রোটনের (i) গতিশক্তি ও (ii) ভরবেগ (iii) সনাতন

পদার্থবিদ্যার সূত্র ব্যবহার করলে হিসাবে কত শতাংশ ভুল হত? [Ans. (i) 6.12×10^{12} J, (ii) 1.44×10^{-19} kgms⁻¹,

(iii) 3.5 y.]

EXERCISE – 06: একটি ইলেক্ট্রনের বেগ 1.2×10^8 ms⁻¹ থেকে 2.4×10^8 ms⁻¹ এ উন্নীত করতে কি পরিমাণ

কাজ করতে হবে? [Ans. 0.2947 eV]

TYPE – 03

❖ প্রাক্কর কোয়ান্টাম তত্ত্ব

FORMULA :

$$\textcircled{1} E = hu$$

$$\textcircled{2} E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\textcircled{3} P = \frac{h}{\lambda}$$

$$\textcircled{4} P = \frac{E}{C}$$

EXAMPLE – 01: একটি ফোটনের শক্তি 3eV এর কম্পাঙ্ক ও তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

$$\text{SOLVE : আমরা জানি, } E = hu \Rightarrow u = \frac{E}{h} = \frac{3 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} \text{ m}$$

$$= 7.239 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\text{আবার, } u = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{c}{u} = \frac{3 \times 10^8}{7.239 \times 10^{14}} \text{ m} = 4.143 \times 10^{-7} \text{ m [Ans.]}$$

$$E = 3\text{eV}$$

EXAMPLE – 02: 400 nm আলো 1.5 mW এর কোন ফটো তড়িৎ কোষের উপর আপতিত হল। যদি আপতিত ফোটনের 0.10% ফটো ইলেক্ট্রন উৎপন্ন করে তবে কোষে তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয় কর।

SOLVE : t সময়ে q আধান সঞ্চারিত হলে, $I = \frac{q}{t}$

এখন t সময়ে N সংখ্যক ফটো ইলেক্ট্রন নির্গত হলে, $q = Ne$

$$\therefore I = \frac{Ne}{t} \dots\dots\dots (i)$$

t সময়ে আপতিত ফোটনের মোট সংখ্যক n এবং ফোটনের কম্পাঙ্ক f হলে মোট শক্তি E

$$E = \frac{nhf}{\lambda} \text{ কিন্তু, } p = \frac{E}{t} = \frac{nhf}{\lambda t} \Rightarrow n = \frac{p\lambda t}{hc}$$

$$\text{আবার, } N = n \text{ এর } 0.1 \% = n \times \frac{0.1}{100} = n \times 10^{-3} = \frac{p\lambda t}{hc} \times 10^{-3}$$

$$(i) \text{ হতে পাই, } I = \frac{p\lambda t \times 10^{-3} e}{hct} = \frac{p\lambda e}{hc} \times 10^{-3} = \frac{1.5 \times 10^{-3} \times 400 \times 10^{-9} \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}$$

$$= 4.8 \times 10^{-7} \text{ A [Ans.]}$$

TRY YOURSELF

EXERCISE – 01: 6000 Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলোক রশ্মির প্রতিটি ফোটন কত শক্তি বহন করে? [Ans. 2.07 eV]

EXERCISE – 02: সবুজ আলোর একটি ফোটনের শক্তি 3eV. এর ভর বেগ কত? [Ans. $1.6 \times 10^{-27} \text{ kgms}^{-1}$]

EXERCISE – 03: সোডিয়াম থেকে ইলেক্ট্রন নির্গত হতে 2.3eV শক্তির প্রয়োজন। 680 nm তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট

কমলা রঙের আলোর জন্য সোডিয়াম কি আলোক তড়িৎ ক্রিয়া প্রদর্শন করবে? [Ans. করেনা]

EXERCISE – 04: একটি 40w এর বাতি থেকে সবুজ আলো ($\lambda = 555 \text{ nm}$) বিকিরিত হচ্ছে। বাতিটির তড়িৎ শক্তির 3%

যদি আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়, তবে প্রতি সেকেন্ডে বাতি হতে কত সংখ্যক ফোটন নির্গত হয় ?[Ans. 3.35×10^{18}]

TYPE – 04

❖ আলোক তড়িৎ ক্রিয়া

FORMULA :

❶ $eV_o = \frac{1}{2} mv^2$

❷ $h\nu = W_o + K_{\max}$

❸ $W_o = h\nu_o$

EXAMPLE – 01: কোনো ধাতুর কার্য অপেক্ষা 1.83 eV. যদি ঐ ধাতু পৃষ্ঠের ওপর 5500×10^{-10} m তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত হয় তবে নিবৃত্তি বিভব নির্ণয় কর।

SOLVE : দেওয়া আছে, $W_o = 1.83 \text{ eV} = 1.83 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

$$\lambda = 5500 \times 10^{-10} \text{ m} \quad V_o = ?$$

$$\text{আমরা জানি, } E = W_o + K_{\max} \Rightarrow K_{\max} = E - W_o \Rightarrow \frac{1}{2} mv^2 = h \frac{c}{\lambda} - W_o$$

$$= \left(\frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{5500 \times 10^{-10}} - 1.83 \times 1.6 \times 10^{-19} \right) \text{ J} = 0.688 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{আবার, } eV_o = \frac{1}{2} mv^2 \Rightarrow V_o = \frac{0.688 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} \text{ m} = 0.43 \text{ Volt [Ans.]}$$

EXAMPLE – 02: কোন একটি ধাতু হতে ইলেক্ট্রন মুক্ত করতে 2.3 eV শক্তির প্রয়োজন। ঐ ধাতুর ওপর 6800 \AA তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো ফেললে কোন ইলেক্ট্রন মুক্ত হবে কি ?

SOLVE : $\lambda = 6800 \text{ \AA} = 6800 \times 10^{-10} \text{ m}$

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

$$\therefore \text{প্রারম্ভ কম্পাঙ্ক, } \nu_o = \frac{W_o}{h} = \frac{2.3 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 5.55 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\text{আপতিত ফোটনের কম্পাঙ্ক, } \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{6800 \times 10^{-10}} = 4.41 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

এখানে দেখা যায় যে, আপতিত ফোটনের কম্পাঙ্ক ν ঐ ধাতুর প্রারম্ভ কম্পাঙ্ক ν_o অপেক্ষা বেশি। সুতরাং ইলেক্ট্রন মুক্ত হবে।

TRY YOURSELF

EXERCISE – 01: 5 Kv বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করলে স্থির অবস্থা থেকে একটি ইলেক্ট্রন যে চূড়ান্ত বেগ প্রাপ্ত হবে তার মান নির্ণয় কর। [Ans. $4.19 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$]

EXERCISE – 02: একটি ধাতব পৃষ্ঠের ক্ষেত্রে নিঃসৃত ইলেক্ট্রনের সর্বাধিক বেগ $3.8 \times 10^5 \text{ ms}^{-1}$. নিবৃত্তি বিভব পার্থক্য 0.4106V হলে $\frac{e}{m}$ নির্ণয় কর।

EXERCISE – 03: একটি কুলিজ নলে 30 kv বিভব পার্থক্যে একটি ইলেক্ট্রনকে অ্যানোডে নিক্ষেপ করা হলো। যদি অ্যানোডের সাথে একটি সংঘর্ষেই ইলেক্ট্রনটি তার সমুদয় গতিশক্তি হারায় তবে নিঃসৃত এক্সরশিয়ার তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত?

EXERCISE – 04: $4 \times 10^{15} \text{ Hz}$ কম্পাঙ্কের বিকিরণ কোনো ধাতবপৃষ্ঠে আপতিত হলে সর্বোচ্চ $3.14 \times 10^{-19} \text{ J}$ শক্তি সম্পন্ন ইলেক্ট্রন নির্গত হয়। ঐ ধাতুর সূচন কম্পাঙ্ক কত?

EXERCISE – 05: কোনো ধাতুর ওপর 2500 \AA তরঙ্গদৈর্ঘ্যের অতিবেগুনী রশ্মির ফেলা হলো। ধাতুটির কার্য অপেক্ষা 2.3eV. নিঃসৃত ফটো ইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ বেগ কত হবে? ? [Ans. $9.69 \times 10^5 \text{ kgms}^{-1}$]

EXERCISE – 06: কোন ধাতুর আলোক তড়িৎ সূচন তরঙ্গদৈর্ঘ্য 2300 \AA ধাতু পৃষ্ঠে 1800 \AA তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বিকিরণ ফেললে নিঃসৃত ফটো ইলেক্ট্রনের সর্বোচ্চ গতিশক্তি 1.495 eV হয়। প্লাকের প্রবকের মান নির্ণয় কর। [Ans. $6.6 \times 10^{-34} \text{ Js}$]

EXERCISE – 07: সোডিয়ামের প্রারম্ভ কম্পাঙ্ক $4.8 \times 10^{14} \text{ Hz}$ ন্যূনতম কত শক্তির আলো এর ওপর আপতিত হলে ইলেক্ট্রন নির্গত হবে? [Ans. $3.1824 \times 10^{-19} \text{ J}$]

TYPE – 05

❖ কম্পটন প্রভাব

FORMULA :

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

$$\textcircled{2} \text{ সর্বোচ্চ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ক্ষেত্রে, } \theta = 180^\circ$$

$$\textcircled{3} \text{ বৃহত্তম তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ক্ষেত্রে, } \theta = 90^\circ$$

EXAMPLE – 01: $3 \times 10^{19} \text{ Hz}$ আদি কম্পাঙ্কের একটি X- রশ্মি ফোটন একটি ইলেক্ট্রনের সাথে সংঘর্ষের ফলে 90° কোণে বিক্ষিপ্ত হয়। এর নতুন কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর। ইলেক্ট্রনের কম্পটন তরঙ্গদৈর্ঘ্য $8 \times 10^{-12} \text{ m}$

$$\text{SOLVE : আমরা জানি, } \lambda' = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta) + \lambda_0$$

$$= 2.43 \times 10^{-12} (1 - \cos 90^\circ) + \frac{c}{\nu_0} = 2.43 \times 10^{-12} + \frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^{19}}$$

$$\lambda' = 2.44 \times 10^{-12}$$

$$\text{এবং } \nu' = \frac{c}{\lambda'} = \frac{3 \times 10^8}{2.44 \times 10^{-12}} = 1.23 \times 10^{20} \text{ Hz [Ans.]}$$

$$\nu_0 = 3 \times 10^{19} \text{ m}$$

$$\theta = 90^\circ$$

$$\frac{h}{m_0 c} = 2.43 \times 10^{-12} \text{ m}$$

TRY YOURSELF

EXERCISE – 01: 0.40 \AA তরঙ্গদৈর্ঘ্যের একটি এক্সরের ফোটন একটি নিশ্চল ইলেক্ট্রনকে আঘাত করলে ফোটন 90° কোণে বিক্ষিপ্ত হয়। বিক্ষিপ্ত ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। [Ans. 0.424 \AA]

TYPE – 06

❖ হাইজেনবার্গ - এর অনিশ্চয়তা নীতি

FORMULA :

❶ $\Delta x \cdot \Delta p \cong \frac{h}{2}$

EXAMPLE – 01: 1 keV একটি ইলেক্ট্রনের অবস্থান ও ভরবেগ একই সাথে নির্ণয় করা হল। যদি অবস্থান 1 \AA এর মধ্যে নির্ধারিত হয় তবে ভরবেগের অনিশ্চয়তার শতকরা হার নির্ণয় কর।

SOLVE : আমরা জানি, $E = \frac{p^2}{2m} \Rightarrow P = \sqrt{2mE}$
 $= \sqrt{2 \times 9.1 \times 10^{-31} \times 1.6 \times 10^{-16}} = 1.71 \times 10^{-21} \text{ kgms}^{-1}$

আবার, $\Delta x \cdot \Delta p \approx \frac{h}{2} \Rightarrow \Delta p = \frac{h}{4\pi\Delta x} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{4\pi \times 10^{-10}}$
 $= 0.527 \times 10^{-24} \text{ kgms}^{-1}$
 \therefore ভরবেগের অনিশ্চয়তার হার, $\frac{\Delta P}{P} = \frac{0.527 \times 10^{-24}}{1.71 \times 10^{-23}} = 0.0308$
 $= 3.08 \text{ [Ans.]}$

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

$$E = 1 \text{ keV} = 1 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$
$$= 1.6 \times 10^{-16} \text{ J}$$

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

TRY YOURSELF

EXERCISE – 01: একটি ইলেক্ট্রনের অবস্থানের অনিশ্চয়তা হচ্ছে $5 \times 10^{-11} \text{ m}$ ইলেক্ট্রনটির ভরবেগের অনিশ্চয়তা নির্ণয় কর। [Ans. $6.5 \times 10^{-22} \text{ kgms}^{-1}$]

EXERCISE – 02: অনিশ্চয়তা নীতি থেকে দেখাও যে, নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে ইলেক্ট্রন থাকতে পারে না।