Année universitaire 2019/2020

Université de Batna 2

Faculté de Médecine

Première année de médecine

SOLUTION TD N° 5 de Physique

(REM, RP)

Exercice 1:

On a : $\lambda_{eau} = 0,6\ \mu m = 6 \times 10^{-7} m = 6000 A°$; $n_{eau} = \frac{4}{3}$

1) Vitesse, fréquence, énergie et quantité de mouvement dans l'eau

$$v_{eau} = \frac{c}{n_{eau}} = \frac{c}{4/3} = 0,75\,c = 0,75 \times 3 \times 10^{8} = 2,25 \times 10^{8}\ m/s.$$

$$\nu_{eau} = \frac{v_{eau}}{\lambda_{eau}} = \frac{2,25 \times 10^{8}}{6 \times 10^{-7}} = 3,75 \times 10^{14}\ Hz.$$

$$E_{eau} = \frac{12400}{n_{eau} \cdot \lambda_{eau}(A°)} = \frac{12400}{\frac{4}{3} \times 6000} = 1,55\ eV = 1,55 \times 10^{-3}\ KeV$$

$$P_{eau} = n_{eau} \cdot \frac{E_{eau}}{c} = \frac{4}{3} \times \frac{1,55 \times 10^{-3}}{1} = 2,06 \times 10^{-3}\ KeV/c$$

Remarque 1:

Dans le calcul précédent on a mis (1) à la place de (c) pour obtenir le résultat en KeV/c.

Si l'on veut (p) en (Kg.m/s) on doit mettre l'énergie en (Joules) et (c) en (m/s).

2) Vitesse, fréquence, énergie et quantité de mouvement dans le vide :

On a : $\lambda_{vide} = n_{eau} \cdot \lambda_{eau} = \frac{4}{3} \cdot 6000 = 8000\,A° = 8 \times 10^{-7}\,m$

$v_{vide} = c = 3 \cdot 10^8\,m/s$.

$$\nu_{vide} = \frac{v_{vide}}{\lambda_{vide}} = \frac{3 \times 10^8}{8 \times 10^{-7}} = 3{,}75 \cdot 10^{14}\,Hz$$

$$E_{vide} = \frac{12400}{n_{vide} \cdot \lambda(A°)_{vide}} = \frac{12400}{1 \times 8000} = 1{,}55\,eV = 1{,}55 \times 10^{-3}\,KeV \; ; n_{vide} =$$

$$P_{vide} = n_{vide} \cdot \frac{E_{vide}}{c} = 1 \times \frac{1{,}55 \times 10^{-3}}{1} = 1{,}55 \times 10^{-3}\,KeV/c$$

Remarque 2 :

La fréquence et l'énergie ont les mêmes valeurs dans l'eau et dans le vide. Elles ne dépendent ~~pas~~ du milieu.

$E = E_{eau} = E_{vide} = 1{,}55\,eV$

$\nu = \nu_{eau} = \nu_{vide} = 3{,}75 \times 10^{14}\,Hz$.

Exercice 2 :

On a : $\lambda_1 = 24\,nm = 240\,A° = 2{,}4 \times 10^{-8}\,m$; $n_1 = 1{,}2$; $n_{vide} = 1$

$\lambda_2 = 10\,\mu m = 10^{-5}\,m = 10^5\,A°$, $n_{eau} = n = \frac{4}{3}$;

1) Vitesses de déplacement des deux ondes dans l'eau :

$$v_{eau} = \frac{c}{n_{eau}} = \frac{c}{4/3} = 0{,}75 \cdot c$$

) Les quantités de mouvement dans le vide :

On a : $P = n . \frac{E}{c}$ et $E = \frac{h.c}{n.\lambda}$; $n_{vide} = 1$

$$P_1 = \frac{E_1}{c} = \frac{h.c}{n_1 . \lambda_1 . C} = \frac{12400}{1,2 \times 240 \times 1} = 43,055 \ eV/c$$

$h.c = 12400 \ eV.A°$

dans le système MKSA $h.c = 6,62 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8} = 1,98 \times 10^{-26} \ J.m$

$$P_2 = \frac{E_2}{c} = \frac{h.c}{n_{vide} \times \lambda_2 \times C} = \frac{12400}{1 \times 10^{5} \times 1} = 0,124 \ eV/c$$

Exercice 3 :

On a : $\lambda_a = \frac{17536,24}{m_0 c^2} \ A°$

) Quantité de mouvement de l'électron :

$$P = \frac{h}{\lambda_a} = \frac{h}{\frac{17536,24}{m_0 c^2}} = \frac{h . m_0 c^2}{17536,24} = \frac{h.c}{17536,24} m_0 c$$

$$P = \frac{12400}{17536,24} m_0 c = \frac{m_0 c}{\sqrt{2}}$$

) Vitesse de l'électron :

On suppose que l'électron est relativiste. Donc :

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

$$\Rightarrow v = \frac{c}{\sqrt{3}} > 0,1 c \Rightarrow \text{l'électron est relativiste}$$

Remarque :

On aurait pu supposer que l'électron était classique

donc : $P = mv = \frac{m_0 c}{\sqrt{2}}$; $m = m_0 \Rightarrow v = \frac{c}{\sqrt{2}} > 0{,}1c$

ce qui est contradictoire avec notre supposition.

3) Energie cinétique de l'électron :

Puisque l'électron est relativiste, on doit utiliser la mécanique relativiste :

$$E_c = (\gamma - 1) m_0 c^2 = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) m_0 c^2 = 0{,}224\, m_0 c^2$$

4) Vitesse de l'électron :

On a : $E_{photon} = 511$ KeV

On sait que pour un électron : $m_0 c^2 = 511$ KeV

Donc on peut écrire (Dans ce cas uniquement) :

$$E_{photon} = m_0 c^2 \Rightarrow \frac{h.c}{n.\lambda_{photon}} = m_0 c^2$$

$$\Rightarrow \lambda_{photon} = \frac{h}{n.m_0.c} = \lambda_{électron}$$

On a $P_{électron} = \frac{h}{\lambda_{électron}} = \frac{h}{\frac{h}{n.m_0.c}} = n.m_0.c$

On suppose que l'électron est relativiste :

$$P = \gamma m_0 v = n.m_0 c \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} m_0 v = n.m_0.c$$

$$\Rightarrow v = \frac{n.c}{\sqrt{1+n^2}} = \frac{\sqrt{3}}{2} c \quad : n = \sqrt{3}.$$

5) A) Faux , B) Faux, C) Faux, D) Vrai , E) Vrai.

Exercice 4 :

On a : $P_{ph} = P_{\acute{e}} = 0,153\ MeV/c = 0,153 \times 10^{6}\ eV/c$

1) Longueur d'onde et énergie du photon :

$$\lambda_{ph} = \frac{h}{n.P_{ph}} = \frac{h.c}{n.P_{ph}.c} = \frac{12400}{1,5 \times 0,153 \times 10^{6} \times 1} = 0,054\ \mathring{A}$$

$$E = P.C = 0,153 \times 1 = 0,153\ MeV = 153\ KeV$$

2) Nature et énergie cinétique de l'électron :

On a : $E^2 = P^2c^2 + (m_0c^2)^2$: $E = \gamma m_0 c^2$

$$\Rightarrow P_{\acute{e}} = \frac{m_0 c^2}{c}\sqrt{\gamma^2 - 1} \Rightarrow \gamma = \sqrt{\left(\frac{P_{\acute{e}}c}{m_0c^2}\right)^2 + 1} \quad : m_0c^2 = 0,511\,MeV$$

$$\Rightarrow \gamma = \sqrt{\left(\frac{0,153}{0,511}\right)^2 + 1} = 1,04386 > 1,005 \Rightarrow$$ l'électron est relativiste.

$$E_c = (\gamma - 1)m_0c^2 = 22,41\ MeV$$

3) Expression de la vitesse et nature de la particule :

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

$$\Rightarrow v = \frac{P.c}{\sqrt{P^2 + m_0^2c^2}}$$

$$v = \frac{153}{\sqrt{153^2 + (511^2 \times 207^2)}} \cdot c = 0{,}00144\,c \quad : \quad m_0 = 207\, m_{0\,\text{électron}}$$

$v < 0{,}1\,c \Rightarrow$ la particule est classique.

4) <u>La tension U:</u> Si le muon est relativiste donc

on a : $E_c = (\gamma - 1) m_0 c^2 \quad : \quad \gamma \geqslant 1{,}005$

$$\Rightarrow E_c = eU \geqslant 0{,}005\, m_0 c^2$$

$$\Rightarrow U \geqslant \frac{0{,}005\, m_0 c^2}{e} = 0{,}005 \times 207 \times 0{,}511 \frac{MeV}{e}$$

$$U \geqslant 0{,}528\ MV \quad : \quad 1\,MeV = e \times MV.$$

Exercice 5:

1) <u>Expression de la longueur d'onde</u>

$$\lambda = \frac{h}{P} \quad ; \quad P = \frac{1}{c}\sqrt{E_c(E_c + 2E_0)}$$

$$\lambda = \frac{h.c}{\sqrt{E_c(E_c + 2E_0)}} = \frac{12400\ eV.\mathring{A}}{\sqrt{E_c(eV)\,(E_c(eV) + 2E_0(eV))}}$$

$$\lambda = \frac{1240\ eV.nm}{\sqrt{E_c(eV)\,(E_c(eV) + 2E_0(eV))}} \Rightarrow \text{aucune réponse.}$$

2) v, γ et E :

On a : $P = \frac{m_0 c}{2} = \gamma m_0 v = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} m_0 v$

$$\Rightarrow \frac{c^2}{4} = \frac{1}{(1-\frac{v^2}{c^2})} \cdot v^2 \Rightarrow v = \frac{\sqrt{5}}{5} \cdot c$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-(\frac{\sqrt{5}}{5})^2}}$$

$$\gamma = \frac{\sqrt{5}}{2} = 1{,}118$$

$$E = \gamma m_0 c^2 = \frac{\sqrt{5}}{2} m_0 c^2$$

3) Masse au repos de la particule :

On a : $v_p = 3 v_1$, $\lambda_p = 1{,}813 \times 10^{-4} \lambda_{\acute{e}} = a . \lambda_{\acute{e}}$; $a = 1{,}813 \times 10^{-4}$

et on a : $P_{\acute{e}} = \gamma_1 m_{o\acute{e}} v_1$, $P_p = \gamma_p m_{op} v_p$; $m_{o\acute{e}} = 0{,}511 \frac{MeV}{c^2}$

$$P_{\acute{e}} = \frac{h}{\lambda_{\acute{e}}} \quad , \quad P_p = \frac{h}{\lambda_p} = \frac{h}{a . \lambda_{\acute{e}}} = \frac{1}{a} \cdot P_{\acute{e}}$$

$$\Rightarrow P_p = \frac{P_{\acute{e}}}{a} \Rightarrow \gamma_p m_{op} v_p = \frac{\gamma_1 m_{o\acute{e}} v_1}{a}$$

$$\Rightarrow a \gamma_p m_{op} v_p = \gamma_1 m_{o\acute{e}} v_1 \Rightarrow a \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v_p^2}{c^2}}} m_{op} v_p = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}} m_{o\acute{e}} v_1$$

$$\Rightarrow \frac{a \times 3 v_1}{\sqrt{1-\frac{(3v_1)^2}{c^2}}} m_{op} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v_1^2}{c^2}}} m_{o\acute{e}} \cdot v_1$$

$$\Rightarrow m_{op} = \frac{1}{3a} m_{o\acute{e}} \sqrt{\frac{c^2 - 9v_1^2}{c^2 - v_1^2}} = 939{,}51 \sqrt{\frac{c^2 - 9v_1^2}{c^2 - v_1^2}} \frac{MeV}{c^2}$$