Exercice1 :

1- Quelle est l'énergie d'un électron au repos. Calculer sa masse si sa vitesse devient $(240000\ \mathrm{K}m/s)$. Quelle est son énergie cinétique ?
2- Calculer l'énergie cinétique d'un électron de vitesse $(10^6\ m/s)$
3- Un électron libre d'énergie cinétique $(\mathrm{Ec}\ =\ 0{,}511\ \mathrm{Mev})$ se déplace dans le vide. Cet électron est-il relativiste ? Justifier. Calculer son énergie totale, sa vitesse.
4- Calculer la longueur d'onde associée à un électron dont la vitesse est égale à (10%) de celle trouvée dans la deuxième question. on donne $\mathrm{m_0} = 9{,}1\ 10^{-31}\ \mathrm{kg}$

Réponse :

1- Énergie au repos d'un électron ainsi que sa masse :

a- L'énergie au repos est donnée par :

$$\mathrm{E_0} = \mathrm{m_0} \times \mathrm{C}^2 \rightarrow \mathrm{E_0} = 9{,}1\ 10^{-31} \times (3\ 10^8)^2 \rightarrow \mathrm{E_0} = 8{,}2\ 10^{-14}(\mathrm{J})$$

$$\mathrm{E_0} = \frac{8{,}2\ 10^{-14}}{1{,}6\ 10^{-19}} \rightarrow \mathrm{E_0} = 511\quad ke\mathrm{V}$$

b- Sa masse si sa vitesse est de $(v = 240000\ \mathrm{K}m/s = 2{,}4\ 10^8\ m/s)$.

On vérifie si l'électron est classique ou relativiste.

$$\beta = \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{C}} \rightarrow \beta = \frac{2{,}4\ \ 10^8}{3.10^8} = 0{,}8 \rightarrow \beta > 0{,}1 \rightarrow \mathrm{L'électron\ est\ relativiste.}$$

Sa masse est donnée par: $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$ $\quad m = \frac{9{,}1\ 10^{-31}}{\sqrt{1-(0{,}8)^2}} \rightarrow m = 1{,}5\ 10^{-30}\mathrm{Kg}$

c- Son énergie cinétique :

On a $\mathrm{E} = \mathrm{E_0} + \mathrm{E_C}$ *et* $\mathrm{E} = \frac{\mathrm{E_0}}{\sqrt{1-\beta^2}}$ donc $\frac{\mathrm{E_0}}{\sqrt{1-\beta^2}} = \mathrm{E_0} + \mathrm{E_C} \rightarrow \mathrm{E_C} = \frac{\mathrm{E_0}}{\sqrt{1-\beta^2}} - \mathrm{E_0} \rightarrow \mathrm{E_C} = \mathrm{E_0}\left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1\right)$

$$\rightarrow \mathrm{E_C} = 511\left(\frac{1}{\sqrt{1-(0{,}8)^2}} - 1\right) \qquad \mathrm{E_C} = 340.7\ keV$$

2- L'énergie cinétique d'un électron de $\left(v = 10^6\ \frac{m}{s}\right)$.

On vérifie si l'électron est classique ou relativiste.

$$\beta = \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{C}} \rightarrow \beta = \frac{10^6}{3\ 10^8} = 3{,}3\ 10^{-3} \rightarrow \beta < 0{,}1 \rightarrow \mathrm{L'électron\ est\ classique.}$$

Pour une particule classique on a : $\mathrm{E_C} = \frac{1}{2} \times m_0 \times v^2$ $\quad \mathrm{E_C} = \frac{1}{2} \times 9{,}1\ 10^{-31} \times (10^6)^2$

$$\rightarrow \mathrm{E_C} = 4{,}55\ 10^{-19}(\mathrm{J}) \qquad \mathrm{E_C} = \frac{4{,}55\ 10^{-19}}{1{,}6\ 10^{-19}} \rightarrow \mathrm{E_C} = 2{,}84\ (\mathrm{eV})$$

3- Un électron libre d'énergie cinétique $(\mathrm{E_C} = 0{,}511\ \mathrm{MeV})$.Cet électron est-il relativiste ?

a- Pour l'électron $\mathrm{E_0} = 511\ keV = 0{,}511\ \mathrm{MeV}$

$$\frac{\mathrm{E_C}}{\mathrm{E_0}} = \frac{0{,}511\ \mathrm{MeV}}{0{,}511\ \ \mathrm{MeV}} \frac{\mathrm{E_C}}{\mathrm{E_0}} = 1 > \frac{1}{200} \rightarrow \mathrm{L'électron\ est\ relativiste.}$$

b-Son énergie totale est donc :

$$\mathrm{E} = \mathrm{E_0} + \mathrm{E_C} \rightarrow \mathrm{E} = 0{,}511 + 0{,}511 \rightarrow \mathrm{E} = 1{,}022\ \mathrm{MeV}$$

c-Sa vitesse:

Le calcul de la vitesse revient au calcul de β $\left(\beta = \frac{v}{\mathrm{C}} \rightarrow v = \beta \times \mathrm{C}\right)$

$$E = \frac{E_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \rightarrow \sqrt{1-\beta^2} = \frac{E_0}{E} \rightarrow \beta = \sqrt{1-\left(\frac{E_0}{E}\right)^2} \rightarrow \beta = \sqrt{1-\left(\frac{0{,}511}{1{,}022}\right)^2} \rightarrow \beta = 0{,}866$$

La vitesse de cet électron est donc : $\beta = \frac{v}{C} \rightarrow v = \beta \times C \quad v = 0{,}866 \times 3\ 10^8 \rightarrow v = 2{,}6\ 10^8 m/s$

Exercice 2 :

Est appelée « radiation ionisante », une radiation électromagnétique :

a- de fréquence inférieure à celles caractérisant les radiations du visible ; b- d'énergie supérieure à E = 13,6 eV c- de fréquence égale à $3{,}75.10^{14}$ Hz ; d- les affirmations (a), (b), et (c) sont fausses.

Réponse :

Une radiation est ionisante si :

- en énergie : $E \geq 13{,}6$ eV
- en longueur d'onde $\lambda < 911$ Å
- en fréquence : $\vartheta \geq 3{,}3\ 10^{15} (Hz)$

Le visible est compris entre 4000 A $\leq \boldsymbol{\lambda} \leq$ 8000 A donc non ionisant.

Pour la c) $3{,}75.10^{14}$ Hz < $3{,}3.10^{15} (Hz)$ donc non ionisante

Proposition juste = b)

Exercice 3 :

Une radiation de longueur d'onde égale à 6 µm dans le vide, se propage dans un milieu n=1,5.

1- Calculer son énergie dans le vide en électronvolts.
2- calculer son énergie dans le milieu d'indice n.
3- quelle est sa fréquence dans le vide et dans le milieu d'indice n ?
4- calculer sa longueur dans le milieu n.

Réponse :

1-$\lambda = 6\ 10^{-6}\ (m) = 6000\ A \quad \rightarrow E = \frac{12400\ (\text{eV A})}{6000\,(\text{A})} E = 2\ eV$

2- en changeant de milieu l'énergie de la radiation ne varie pas, car $E = h \times \nu$ et la fréquence ν est constante dans tous les milieux.

3- calcul de la fréquence : $\lambda = \frac{C}{\nu} \quad \nu = \frac{C}{\lambda} \quad \nu = \frac{3\ 10^8}{0{,}4\ 10^{-6}} \quad \nu = 7{,}510^{14}$ Hz

4- $\lambda_m = \frac{\lambda}{n} \quad \lambda_m = \frac{6000}{1.5} \quad \lambda_m = 4000\ A$