

TD n° 3 de Physique Nucléaire
Filières : SMP-S5**Exercice 1 :**

On considère la formule de perte d'énergie par unité de parcours $(-\frac{dE}{dx})$ d'une particule de charge (ze) et de vitesse v , par collisions avec les électrons d'un absorbant de numéro atomique Z contenant N atomes par unité de volume est donnée par l'expression suivante :

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi z^2 e^4}{m_0 v^2} NZ \left[\ln \left(\frac{2m_0 v^2}{I} \right) - \ln \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right) - \frac{v^2}{c^2} \right]$$

Où m_0 est la masse de l'électron au repos, e sa charge et I le potentiel moyen d'ionisation des atomes un milieu ralentisseurs.

- 1.) Montrer que la formule de Bethe-Bloch $(-\frac{dE}{dx})$ passe par un minimum lorsque la vitesse varie et donner l'énergie cinétique approximative (sans faire le calcul) de la particules en ce point.
- 2.) Donner l'allure général de $(-\frac{dE}{dx})$ en fonction de l'énergie de la particule chargée lourde incidente. Expliquer les différentes zones de la courbe et la comparer à celle des électrons.
- 3.) Déterminer la perte d'énergie $(-\frac{dE}{dx})$ en (MeV/cm). dans l'air (dans les conditions normales de température et de pression), d'une particule α de vitesse $v = \frac{2.10^9 \text{ cm}}{\text{s}}$, ainsi que la variation de vitesse par centimètre de parcours dans l'air $(-\frac{dv}{dx})$.

On donne : La constante de structure fine : $\alpha = \frac{e^2}{\hbar c} \approx \frac{1}{137}$; $\hbar c \approx 197 \text{ MeV} \cdot \text{fm}$; $Z_{\text{air}} = 7,2$, $A_{\text{air}} = 14,4$. La masse de la particule et son énergie de la masse sont respectivement: $M_\alpha = 4,002603 u$ et $M_\alpha = 3729,42 \text{ MeV}/c^2$. $\rho_{\text{air}} = 1,22610^{-3} \text{ g}/\text{cm}^3$. $I(\text{air}) = 80 \text{ eV}$

Exercice 2 :

Le coefficient d'absorption linéique du Plomb est de $0,79 \text{ cm}^{-1}$ pour des photons de 1 MeV . On définit la couche de demi-atténuation (CDA) comme étant l'épaisseur de matière qui réduit de moitié l'intensité du faisceau de rayonnement.

- 1.) Quelle est la longueur des photons de 1 MeV ? De quel type de photons s'agit-il ?

- 2.) Calculer la couche de demi-atténuation du plomb pour ces photons.
- 3.) Quelle est l'épaisseur nécessaire pour atténuer le faisceau d'un facteur 1000 ?
- 4.) Est-il possible d'arrêter totalement le faisceau incident ?

On donne : $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ (constante de Planck)

Exercice 3 :

On considère une diffusion élastique de type Compton entre un photon incident d'énergie $E = h\nu$ et électron quasi-libre initialement au repos, $E_0 = m_0c^2$ étant l'énergie au repos de l'électron. On désigne \vec{P}_e l'impulsion de l'électron de recul émis dans la direction θ , le photon incident étant diffusé dans la direction ϕ avec une énergie $E' = h\nu'$. Les angles θ et ϕ sont évalués par rapport à la direction du photon incident.

- 1.) Rappelez comment s'écrit l'énergie et la quantité de mouvement d'un photon
- 2.) En utilisant les lois de la conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement écrivez trois équations reliant ν , ν' , θ et ϕ . (On supposera que la vitesse de l'électron est négligeable devant celle de la lumière)
- 3.) Montrez qu'à la limite où la différence de fréquence $\delta\nu \ll \nu$, ces équations permettent d'exprimer la fréquence optique du photon diffusé ν' en fonction de la fréquence optique du photon incident ν , et de l'angle de diffusion ϕ sous la forme :

$$\nu' - \nu \approx \nu^2 \frac{h}{m_0c^2} (1 - \cos \phi) \quad \text{i.e.} \quad \lambda - \lambda' \approx \frac{h}{m_0c^2} (1 - \cos \phi)$$

- 4.) Quelle est la vitesse maximale que peut acquérir un électron par effet Compton ?

Exercice 4 :

La mammographie est un examen radiologique des seins qui utilise les rayons X. d'énergie $E = 20\text{KeV}$. Lors de l'interaction rayonnement – matière, ces rayons X interagissent principalement par effet photoélectrique (ϕ).

- 1.) Que signifie effet photoélectrique ?
- 2.) Si le sein à une épaisseur de 3 cm, déduire la valeur du coefficient d'atténuation ϕ sachant que la fraction de ces photons absorbés par le tissu mammaire due au ϕ est de 78%.
- 2.) Le coefficient d'atténuation global (μ_g) de ce tissu pour ces photons est $\mu_g = 0,71 \text{ cm}^{-1}$. Calculer le coefficient d'atténuation par effet-Compton (θ) de ce tissu pour ces photons.

Exercice 5 :

Soit un filtre constitué d'une plaque d'aluminium et d'une plaque de cuivre, d'1mm d'épaisseur chacune. Ce filtre permet le passage 35% d'un faisceau de faisceau de rayons gamma de 10 MeV. On donne $\mu_{\text{Cu}}=0,69\text{mm}$.

Calculer le coefficient d'atténuation d'aluminium μ_{Al} ?