

INTERACTION DES PHOTONS AVEC LA MATIÈRE : EXERCICES

Effet Compton.

On considère un flux de photons d'énergie $h\nu = 100 \text{ keV}$.

La variation de longueur d'onde au cours de l'effet Compton est donnée par la formule :

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

Calculer la longueur d'onde du rayonnement diffusé dans une direction faisant un angle $\varphi = 90^\circ$ avec la direction du rayonnement incident.

Calculer l'énergie cinétique de l'électron Compton correspondant.

Reprendre la question avec $h\nu = 800 \text{ keV}$

CDA et CDT

1. Pour des photons de 1 MeV, le coefficient d'atténuation du plomb vaut $\mu = 0,79 \text{ cm}^{-1}$.

Calculer la CDA du plomb pour ce genre de photons.

Calculer, en pourcentage, le rapport du flux émergent de photons au flux incident après un parcours de 3 cm.

Définir et calculer l'épaisseur de la couche de déci-transmission CDT correspondante.

2. Pour des photons de 0,835 MeV, la CDA du plomb vaut 0,740 cm et celle de l'aluminium 3,808 cm ; calculer les épaisseurs d'aluminium et de plomb nécessaires à l'atténuation du faisceau d'un facteur 100. Comparer les résultats et conclure.

3. Il faut 1,6 mm de plomb pour atténuer d'un facteur 10 le flux gamma de 140 keV émis par une source de technétium 99m ; calculer en mm la couche de demi-atténuation du plomb pour ce rayonnement. Calculer le facteur de transmission correspondant à une épaisseur de plomb de 3 mm.

4. La CDA du cuivre vaut 0,194 cm pour des photons de 100 keV et 0,030 cm pour des photons de 50 keV.

Calculer, en pourcentage, le rapport du flux émergent de photons au flux incident après un parcours de 1 mm pour les deux types de photons.

On suppose que le faisceau incident de photons est composé de 50% de photons de 50 keV et de 50% de photons de 100 keV ; calculer la composition du faisceau émergent de photons. Conclure.

5. Un écran de protection est constitué d'une feuille de plomb de 1,0 mm d'épaisseur coincé entre deux plaques d'aluminium de 2,0 mm.

Pour les photons étudiés, les CDA du plomb et de l'aluminium sont respectivement 0,25 mm et 14,8 mm.

Calculer le rapport du flux émergent au flux incident au cours de la traversée de cet écran.

Iode.

L'iode ^{131}I est radioactif β^- et γ ; sa période radioactive est de 8,02 jours.

Le principal rayonnement émis (à 81,3%) a une énergie de 364,5 keV.

Données des masses volumiques : eau : $\rho' = 1,00 \text{ g.cm}^{-3}$ plomb : $\rho = 11,3 \text{ g.cm}^{-3}$

1. Calculer la longueur d'onde du rayonnement émis.

2. Les photons sont susceptibles de provoquer de l'effet Compton à la traversée des tissus.

2.1. Calculer la longueur d'onde du rayonnement diffusé dans une direction faisant un angle $\varphi = 20^\circ$ avec la direction du rayonnement incident.

On rappelle que la variation de longueur d'onde au cours de l'effet Compton est donnée par la formule :

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

2.2. Calculer l'énergie cinétique de l'électron Compton correspondant.

3. Ce photon est-il susceptible d'induire une réaction de matérialisation ? Justifier la réponse.

4. Le coefficient d'atténuation massique de ces photons vaut $\mu/\rho = 0,32 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$ pour le plomb, et $\mu'/\rho' = 0,12 \text{ cm}^2.\text{g}^{-1}$ pour l'eau. Calculer la CDA (couche de demi atténuation) du plomb et de l'eau pour ce type de photon.

Calculer l'épaisseur de plomb nécessaire pour réduire de 99,9% le flux de photons émis.

Contraste radiologique

On donne les coefficients massiques d'atténuation de l'os, du muscle et de la graisse pour des faisceaux de photons X d'énergie 30 et 50 keV.

Énergie en keV	30	50
Coefficient massique d'atténuation de l'os en $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$	0,953	0,347
Coefficient massique d'atténuation du muscle en $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$	0,368	0,224
Coefficient massique d'atténuation de la graisse en $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$	0,296	0,210

Ainsi que les masses volumiques de l'os, du muscle et de la graisse.

$$\rho_{\text{os}} = 1,65 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$\rho_{\text{muscle}} = 1,04 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$\rho_{\text{graisse}} = 0,916 \text{ g.cm}^{-3}$$

Calculer les coefficients linéiques d'atténuation de l'os, du muscle et de la graisse pour les deux types de photons.

Après la traversée d'une épaisseur x d'un milieu homogène de coefficient d'atténuation μ , la fluence initiale X_0 d'un faisceau de rayons X est réduite à $X_0 e^{-\mu x}$; si le faisceau traverse une même épaisseur de deux milieux de coefficients d'atténuations linéiques μ_1 et μ_2 le contraste radiologique est défini par :

$$C = \frac{e^{-\mu_1 x} - e^{-\mu_2 x}}{e^{-\mu_1 x} + e^{-\mu_2 x}}$$

Calculer le coefficient de transmission $e^{-\mu x}$ à la traversée de 4,0 cm d'os, de muscle et de graisse, puis la valeur des contrastes radiologiques muscle / os, graisse / muscle, graisse / os, dans le cas de photons de 30 keV et de 50 keV.

Conclure.

Radiographie à 80 kV

On cherche à réaliser une radiographie par des rayons de 40 keV.

On constate que 2 cm d'os arrêtent 90% du faisceau initial.

Le numéro atomique moyen de l'os vaut 13,8 et celui du muscle 7,42.

La masse volumique de l'os vaut $\rho_{\text{os}} = 1,8 \text{ g.cm}^{-3}$, celle du muscle $\rho_{\text{muscle}} = 1,3 \text{ g.cm}^{-3}$

1. Montrer que, dans cette situation, on peut considérer que l'atténuation est essentiellement due à l'effet photo électrique.

2. Calculer le coefficient d'atténuation linéique de l'os.

3. En utilisant la loi de Bragg et Pierce, calculer le coefficient d'atténuation linéique du muscle.

4. Pour une épaisseur de matière traversée de 2 cm, calculer le contraste radiologique défini par :

$$C = \frac{e^{-\mu_1 x} - e^{-\mu_2 x}}{e^{-\mu_1 x} + e^{-\mu_2 x}}$$