

Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi
Faculté des Sciences Exactes, des de la Nature et de la Vie
Département Sciences de la Matière

Examen Interaction Rayonnement Matière

Durée 1^h,30'

M1-Physique des Matériaux

le 15/01/2026

Exercice 1 (8 pt) *Question du cours : répondez par vrai ou faux (justifier votre réponse).*

1. La différence entre un rayonnement ionisant et non ionisant est l'énergie électromagnétique qui provoque l'ionisation des atomes constituant la matière.
2. Les interactions des rayonnements chargés avec la matière sont indirectement ionisantes.
3. Les interactions des rayonnements non chargés avec la matière sont directement ionisantes.
4. Le phénomène d'atténuation est présent lors de l'interaction des rayons X et γ avec un matériau, elle dépend seulement de l'épaisseur de ce matériau.
5. coefficient d'atténuation linéaire μ dépend de l'énergie du rayonnement incident et de la nature du matériau traversé.
6. Lors de l'interaction par effet photoélectrique on néglige l'énergie de liaison des électrons.
7. L'électron Compton est toujours émis entre 0 et 90°
8. Le photon diffusé n'a jamais la direction du photon incident (exemple effet Compton).
9. Il peut y avoir effet de création de pair quelle que soit l'énergie de rayonnement.
10. L'effet photoélectrique est prédominant à basse énergie, l'effet Compton est prépondérant pour les énergies intermédiaires et la matérialisation est le processus dominant pour les rayonnements d'énergie supérieure à quelques MeV.
11. Le coefficient d'atténuation globale est la somme des coefficients liés à chaque interaction $\mu = \tau + \sigma + \pi$.

Exercice 2 (4pt)

1. Le seuil photoélectrique d'une photocathode en césium est $\lambda_0 = 0.6\mu m$. Quelle est l'énergie d'extraction W_0 correspondante (en J et en eV) ?

On dirige sur la photocathode un faisceau lumineux monochromatique de longueur d'onde

$\lambda = 0.6\mu m$, de flux lumineux constant dont la puissance $P=1W$, Calculer :

- a- L'énergie cinétique maximale E_c des photoélectrons émis et comparer leur vitesse v à c .
- b- La longueur d'onde λ associée à ces électrons en fonction de leur énergie de repos et de E_c
2. A quel potentiel électrostatique faut-il soumettre ces électrons pour les amener à une énergie cinétique nulle ?
3. Quel est le rendement quantique η de la photocathode, si le courant photoélectrique a une intensité $I = 16.3 mA$? **On donne:** $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$, $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

Exercice3 (4pt) Dans une expérience, on utilise l'effet Compton comme sélecteur de longueur d'onde. On bombarde un échantillon cible avec un rayon X de longueur d'onde de 82,3 pm, et on souhaite recueillir un rayonnement modifié à $\lambda = 84,0 \text{ pm}$. À quel angle θ trouvera-t-on cette longueur d'onde ?

Exercice 4 (pts)

- 1/ Calculer la CDA de l'eau, de l'os et du plomb pour, $u_{os} = 0.37 \text{ cm}^{-1}$, $u_{eau} = 3.85 \text{ cm}^{-1}$ et $u_{Pb} = 18.76 \text{ cm}^{-1}$
- 2/ Calculer l'intensité d'un faisceau des photons de 80 KeV subit à une atténuation de 30% après traverser de 2 cm d'un tissu.

- a- Calculer la valeur CDA de ce tissu pour ces photons.
- b- Que peut-on dire CDA pour des photons 40 KeV

Exo1:

- 1 → Vrai. — \rightarrow 0,5 pt
- (0,5 pt) 2 → faux: le rayonnement chargés (α , β , électrons, protons), sont directement ionisant. Car ils interagissent directement avec les électrons de la matière.
- (0,5 pt) 3 → faux: les rayonnement non chargés (γ , χ) sont indirectement ionisants, ils produisent des particules chargées secondaires (électrons, protons) qui causent ensuite l'ionisation.
- (0,5 pt) 4 → faux: l'émission des rayons γ et χ dépend:
— l'épaisseur du matériau.
— la nature du matériau (z domine).
— l'énergie du rayonnement.
- (0,5 pt) 5 → Vrai.
- (0,5 pt) 6 → faux: l'électron n'est éjecté que si l'énergie du photon incident est supérieure à l'énergie de liaison
- (0,5 pt) 7 → Vrai
- (0,5 pt) 8 → faux: le photon diffusé peut conserver la même direction que le photon incident.
- (0,5 pt) 9 → faux: l'effet de création de paire ne peut se produire que l'énergie du photon est suffisante
 $E_{\text{seuil}} = 2 m_e c^2 = 1,022 \text{ MeV.}$
- 10 → Vrai. \rightarrow 0,25 pt
- 11 → Vrai. \rightarrow 0,25 pt

Exo 2:

1/ L'énergie d'extraction: W_0 est l'énergie de seuil photoélectrique.

$$W_0 = h\nu_0 = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0,6 \times 10^{-6}} \quad (\nu_0 = c/\lambda_0)$$

$\boxed{W_0 = 3,3 \times 10^{-19} \text{ J} = 3,1 \text{ eV.}} \quad (1\text{pt})$

a- On a: $h\nu = E_C + W_0 \rightarrow$ L'énergie du photon est conservée.

donc: $E_C = hc/\nu - hc/\lambda_0 = hc \left(\frac{1}{\nu} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$

$\boxed{E_C = 6,63 \times 10^{-20} \text{ J} = 0,41 \text{ eV.}} \quad (0,5\text{pt})$

aussi: $E_C = \frac{1}{2}mv_f^2 \Rightarrow v_f = \sqrt{\frac{2E_C}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \times 6,63 \times 10^{-20}}{9,1 \times 10^{-31}}} = 3,81 \times 10^5 \text{ m/s.}$

$\boxed{v_f \approx 10^3 v} \quad (0,5\text{pt})$

b- utilisant la longueur d'onde de de-Broglie:

$$\lambda = \frac{h}{P} \quad \text{avec } P = \sqrt{2m_e E_C} \quad (0,5\text{pt})$$

$$\lambda = \frac{6,63 \times 10^{-34}}{\sqrt{2 \times 9,1 \times 10^{-31} \times 6,63 \times 10^{-20}}} \Rightarrow \lambda = 19 \times 10^{-10} \text{ m.}$$

$\boxed{\lambda = 19 \text{ Å}} \quad (0,5\text{pt})$

2/ $E_f = 0$ Cad. $\frac{1}{2}mv_f^2 = 0 \rightarrow v_f = 0$.

On a: $\Delta E_P = \Delta E_C$ (conservation de l'énergie mécanique).

donc: $\frac{1}{2}mv_i^2 = -eV \Rightarrow V = -\frac{E_{Ci}}{e} = -\frac{6,63 \times 10^{-20}}{1,6 \times 10^{-19}} = -0,41 \text{ V}$

3/ Le rendement quantique: $\eta = \frac{n_e}{n_{ph.}}$ avec: $I = n_e \times e$.

et $P = n_{ph} \cdot h\nu$

Cad. $\eta = \frac{I/e}{P/h\nu} = \boxed{0,04 \approx 4\%} \quad (0,5\text{pt})$

Exo3:

La formule de l'effet Compton.

$$\Delta \lambda = \lambda' - \lambda_0 = \frac{\hbar}{m_e c} (1 - \cos \theta). \quad (2 \text{ pt})$$

$$\text{avec: } \Delta \lambda = 84 - 82,3 = 1,7 \text{ pm.} \quad (1 \text{ pt})$$

$$\text{c.a.d } \cos \theta = 0,3.$$

$$\arccos(0,3) \rightarrow \theta = 72^\circ. \quad (1 \text{ pt})$$

$$1^{\circ}/ \text{CDA}_{\text{mean}} = \frac{\ln 2}{\mu_{\text{mean}}} = \frac{\ln 2}{3.75} = 0.19 \text{ cm.} \quad \text{---} \quad 0,25$$

$$\text{CDA}_{\text{OS}} = \frac{\ln 2}{\mu_{\text{OS}}} = 1.87 \text{ cm.} \quad \text{---} \quad 0,25$$

$$\text{CDA}_{\text{Pb}} = \frac{\ln 2}{\mu_{\text{Pb}}} = 0.037 \text{ cm.} \quad \text{---} \quad 0,25$$

$$2^{\circ}/ \text{Ana: } I(x) = I_0 e^{-\mu x}. \quad \text{---} \quad 0,25$$

$$I(x=2) = 70\% I_0 \text{ C.ad. } I(x=2) = 0.7 I_0. \quad \text{---} \quad 0,5.$$

$$\text{On sait que } \text{CDA} = \frac{\ln 2}{\mu}$$

$$\text{C.ad. } I_x = I_0 e^{-\mu x} \Rightarrow \ln \frac{I_x}{I_0} = -\mu x.$$

$$\mu = -\ln \frac{I_x}{I_0} \cdot 1/x.$$

$$\mu = -\ln \frac{0.7 I_0}{I_0} \cdot 1/2 \Rightarrow \mu = 0.178 \text{ cm}^{-1} \quad \text{---} \quad 1pt$$

$$a- \text{CDA} = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0.7}{0.178} = 3.9 \text{ cm.} \quad \text{---} \quad 0,75$$

b- quand l'énergie diminue ($70 \text{ keV} \rightarrow 40 \text{ keV}$).

le coefficient d'atténuation augmente.

Donc $\text{CDA}_{70 \text{ keV}} >$

C.ad. $\text{CDA}_{40 \text{ keV}} < \text{CDA}_{70 \text{ keV}}. \quad \text{---} \quad 0,75$