

troisième épreuve de moyenne durée

- durée : 01h10 -

tous les étudiants doivent obligatoirement répondre sur la feuille de réponse présentée. Pour chaque question, une et une seule réponse. Si deux réponses ou plus sont proposées pour une même question, la réponse sera considérée fausse. [données : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$; $1/4\pi e_0 = 9,10^9 N \cdot m^2/C^2$; indice de réfraction de l'air $n_{air} = 1$; $1 eV = 1,6 \cdot 10^{-19} J$; $h = 6,6 \cdot 10^{-34} J \cdot s$; masse de l'électron $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} kg$; masse d'un proton $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} kg$; masse d'un neutron $m_n = 1,67 \cdot 10^{-27} kg$; vitesse de la lumière dans le vide $c = 3 \cdot 10^8 m/s$; masse atomique du deutérium : 2,0141 uma; masse atomique de l'hélium : 4,0026 uma; l'énergie au repos de l'électron est $E_0 = 511 KeV$; l'énergie au repos du proton est $E'_0 = 938 MeV$]

les questions 1 à 10 sont liées

[autres données : $K = 8 \cdot 10^5 W/(KeV)^2 \cdot mA$; $Z = 25$]

1- soit un tube de Coolidge qui produit des RX avec une énergie maximale E_{max} ($E_{max} = 250 KeV$). Ce tube est caractérisé par une intensité de courant I ($I = 10 mA$) et une différence de potentiel U entre ses bornes qui vaut :
a- $U = 2500 KV$ b- $U = 25 KV$ c- $U = 250 KV$ d- $U = 250 \cdot 10^6 KV$ e- toutes ces réponses sont fausses.

2- cette différence de potentiel U induit une très forte accélération des électrons entre la cathode et l'anode de ce tube à rayons X. L'énergie cinétique E_C de ces électrons, lorsqu'ils abordent l'anticathode, est :
a- $E_C = 4 \cdot 10^{-14} J$ b- $E_C = 25 \cdot 10^{-10} J$ c- $E_C = 4 \cdot 10^{-19} J$ d- $E_C = 3,2 \cdot 10^{-7} J$ e- toutes ces réponses sont fausses.

3- selon la théorie de la Mécanique Classique, la vitesse v' des électrons, lorsqu'ils abordent l'anode, serait :
a- $v' = 1,64 \cdot 10^6 m/s$ b- $v' = 9,84 \cdot 10^7 m/s$ c- $v' = 2,22 \cdot 10^8 m/s$
d- $v' = 2,96 \cdot 10^8 m/s$ e- toutes ces réponses sont fausses.

4- selon la théorie relativiste, la vitesse v des électrons, lorsqu'ils abordent l'anode, serait :
a- $v = 1,64 \cdot 10^6 m/s$ b- $v = 9,84 \cdot 10^7 m/s$ c- $v = 2,22 \cdot 10^8 m/s$
d- $v = 2,96 \cdot 10^8 m/s$ e- toutes ces réponses sont fausses.

5- l'énergie totale E_T d'un électron qui répond aux critères de la question précédente (en supposant $E_0 = 511 KeV$) est :
a- $E_T = 0,51 KeV$ b- $E_T = 2500 KeV$ c- $E_T = 41,9 KeV$ d- $E_T = 761 KeV$ e- toutes ces réponses sont fausses.

6- suite à la question précédente, la longueur d'onde minimale λ_0 des photons X émis par ce tube à RX dans le spectre continu est : (il est supposé ici qu'ils se déplacent dans un vide absolu)
a- $\lambda_0 = 1,63 \cdot 10^{-12} m$ b- $\lambda_0 = 4,95 \cdot 10^{-12} m$ c- $\lambda_0 = 0,47 \cdot 10^{-11} m$
d- $\lambda_0 = 3,52 \cdot 10^{-11} m$ e- toutes ces réponses sont fausses.

7- ce tube à RX offre un rendement de 8 %. La puissance ϕ du faisceau RX est :
a- $\phi = 250 W$ b- $\phi = 20 W$ c- $\phi = 200 W$ d- $\phi = 2500 W$ e- toutes ces réponses sont fausses.

8- l'intensité I du courant (évoquée à la question 1) dans le tube de Coolidge est maintenant multipliée par 4. Le rendement ρ du tube est :

a- ρ est divisé par 4 b- ρ est divisé par 2 c- ρ reste inchangé
d- ρ est multiplié par 4 e- toutes ces réponses sont fausses.

9- soient les niveaux électroniques K, L, et M de l'atome constituant l'anticathode. Dans le cas où nous considérons uniquement les énergies moyennes de liaison des niveaux électroniques K, L et M (qui seraient comme suit : $W_K = - 69,52 KeV$; $W_L = - 11,27 KeV$; $W_M = - 2,26 KeV$), la longueur d'onde λ_α des photons d'énergie E' correspondant à la raie L_α est (en supposant être dans le vide) :

a- $\lambda_\alpha = 0,73 \cdot 10^{-10} m$ b- $\lambda_\alpha = 1,29 \cdot 10^{-10} m$ c- $\lambda_\alpha = 1,37 \cdot 10^{-10} m$
d- $\lambda_\alpha = 9,58 \cdot 10^{-10} m$ e- toutes ces réponses sont fausses.

10- soit un photon X de la question précédente qui pénètre dans un milieu M_2 d'indice de réfraction $n = 2$. La longueur d'onde caractérisant ce photon dans ce milieu M_2 est :

a- $\lambda' = 6,87 \cdot 10^{-11} m$ b- $\lambda' = 9,6 \cdot 10^{-11} m$ c- $\lambda' = 2,7 \cdot 10^{-10} m$
d- $\lambda' = 14,3 \cdot 10^{-10} m$ e- toutes ces réponses sont fausses.

11- un expérimentateur tente de caractériser le coefficient d'atténuation linéique μ d'un matériau inconnu. Celui-ci réduit de 60% l'intensité d'un faisceau de photons γ d'énergie 0,3 MeV lorsque son épaisseur e est $e = 1,5 cm$. Son coefficient d'atténuation linéique μ , en cm^{-1} , vaut alors :

a- $\mu = 0,35 cm^{-1}$ b- $\mu = 1,27 cm^{-1}$ c- $\mu = 0,18 cm^{-1}$ d- $\mu = 0,61 cm^{-1}$ e- toutes ces réponses sont fausses.

12- pour s'assurer d'une atténuation d'au moins 90%, il faut une épaisseur e' de ce matériau telle que :
a- $e' = 1,5 cm$ b- $e' = 2,49 cm$ c- $e' = 3,77 cm$ d- $e' = 4,03 cm$ e- toutes ces réponses sont fausses.

$$\checkmark E_{\max} = E_{\text{CA}} = 250 \text{ keV}$$

$$U = 250 \text{ kV}$$

$$2/ E_{\text{CA}} = 250 \text{ keV}$$

$$E_{\text{CA}} = 250 \times 10^3 \times 1,6 \times 10^{-19}$$

$$E_{\text{CA}} = 4 \times 10^{-14} \text{ J}$$

$$3/ E_{\text{CA}} = \frac{1}{2} m_0 v^2 \quad E_0 = m_0 c^2 \quad v = \beta c$$

$$m_0 = \frac{E_0}{c^2}$$

$$E_{\text{CA}} = \frac{1}{2} \frac{E_0}{c^2} (\beta c)^2 \rightarrow E_{\text{CA}} = \frac{\beta^2 E_0}{2}$$

$$\beta = \sqrt{2 \frac{E_{\text{CA}}}{E_0}} \quad \beta = \sqrt{2 \times 250 \times 10^3} \quad \approx 0,98$$

$$v = 2,96 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$4/ E = \frac{E_0}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad \beta = \sqrt{1 - \left(\frac{E_0}{E}\right)^2}$$

$$E = E_0 + E_{\text{CA}} \quad E = 0,511 + 0,25 \quad E = 0,761 \text{ MeV}$$

$$\beta = \sqrt{1 - \left(\frac{0,511}{0,761}\right)^2} \quad \beta = 0,74$$

$$v = \beta c \quad v = 2,22 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$5/ E_T = 0,261 \text{ MeV} = 261 \text{ keV}$$

$$6/ E = \frac{12400}{d_0} \rightarrow d_0 = \frac{12400}{250 \times 10^3}$$

$$d = 0,0496 \text{ A}^\circ \quad d = 4,96 \times 10^{-12} \text{ A}$$

$$21) \oint \vec{J} = \frac{\phi}{U^2} \rightarrow \phi = \vec{J} \cdot U^2$$

$$\phi = 0,08 \times 250 \cdot 10^3 \times 10 \times 10^{-3}$$

$$\phi = 200 \text{ W} \quad (\text{mt 1 question})$$

$$8) \oint \vec{J} = \frac{1}{2} K Z U$$

Le rendement est indépendant
de l'irréversibilité du courant I
→ $\oint J$ ne charge pas

$$9) E_{\text{ca}} = 250 \text{ kew} \Rightarrow W_K = 69,52 \text{ kw}$$

donc tous les niveaux participent
aux transformations

$$E_{\text{ca}} = \Delta W_K - W_L$$

$$E_{\text{ca}} = 49,12 \text{ kew} - 2,25$$

$$E_{\text{ca}} = 46,87 \text{ kew}$$

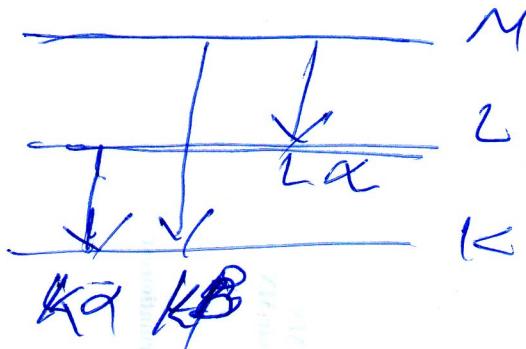
$$E = \frac{12400}{d_{\alpha}} \rightarrow d_{\alpha} = \frac{12400}{59,08 \cdot 10^3}$$

$$d_{\alpha} = 0,2074 \text{ m}$$

$$d_{\alpha} = 1,37 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$10) \frac{d}{d_m} = n \quad d_m = \frac{d}{n} = \frac{1,37 \cdot 10^{-10}}{2}$$

$$d_n = 0,682 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 6,82 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$



$$11) A = \frac{N_0 - N}{N_0} = 1 - \frac{N}{N_0} \approx 1 - e^{-ux}$$

$$e^{-ux} = 1 - A \quad ux = -\ln(1 - A)$$

$$u = -\frac{\ln(1 - A)}{x} = -\frac{\ln(1 - 0,6)}{x}$$

$$u = 0,61 \text{ cm}^{-1} \quad 1,5$$

$$12) A = 0,9 \quad A = 1 - e^{-ux}$$

$$ux = -\ln(1 - A)$$

$$x = -\frac{\ln(1 - A)}{u} \quad u = -\frac{\ln(1 - 0,9)}{0,61}$$

$$x = 3,77 \text{ cm}$$