

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 :  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ;  $1/4\pi\epsilon_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ SI}$ ; indice de réfraction de l'air  $n_{\text{air}} = 1$ ;  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ;  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ SI}$ ; masse de l'électron  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$ ; masse d'un proton  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$ ; masse d'un neutron  $m_n = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$ ; célérité de la lumière dans le vide  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ; masse atomique du deutérium : 2,0141 uma; masse atomique de l'hélium : 4,0026 uma; l'énergie au repos de l'électron est  $E_0 = 511 \text{ KeV}$ ; l'énergie au repos du proton est  $E'_0 = 938 \text{ MeV}$ ]

les questions 1 à 10 sont liées

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

1- soit un tube de Coolidge qui produit des RX avec une énergie maximale  $E_{\text{max}}$  ( $E_{\text{max}} = 250 \text{ KeV}$ ). Ce tube est caractérisé par une intensité de courant  $I$  ( $I = 10 \text{ mA}$ ) et une différence de potentiel  $U$  entre ses bornes qui vaut :  
a-  $U = 2500 \text{ KV}$  b-  $U = 25 \text{ KV}$  c-  $U = 250 \text{ KV}$  d-  $U = 250 \cdot 10^6 \text{ KV}$  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-  $E_c = 4 \cdot 10^{-14} \text{ J}$  b-  $E_c = 25 \cdot 10^{-10} \text{ J}$  c-  $E_c = 4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  d-  $E_c = 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ J}$  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-  $v' = 1,64 \cdot 10^6 \text{ m/s}$  b-  $v' = 9,84 \cdot 10^7 \text{ m/s}$  c-  $v' = 2,22 \cdot 10^8 \text{ m/s}$   
d-  $v' = 2,96 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  e- toutes ces réponses sont fausses.

4- selon la théorie relativiste, la vitesse  $v$  des électrons, lorsqu'ils abordent l'anode, serait :

a-  $v = 1,64 \cdot 10^6 \text{ m/s}$  b-  $v = 9,84 \cdot 10^7 \text{ m/s}$  c-  $v = 2,22 \cdot 10^8 \text{ m/s}$   
d-  $v = 2,96 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  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  $E_0 = 511 \text{ KeV}$ ) est :

a-  $E_T = 0,51 \text{ KeV}$  b-  $E_T = 2500 \text{ KeV}$  c-  $E_T = 41,9 \text{ KeV}$  d-  $E_T = 761 \text{ KeV}$  e- toutes ces réponses sont fausses.

6- suite à la question précédente, la longueur d'onde minimale  $\lambda_0$  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-  $\lambda_0 = 1,63 \cdot 10^{-12} \text{ m}$  b-  $\lambda_0 = 4,95 \cdot 10^{-12} \text{ m}$  c-  $\lambda_0 = 0,47 \cdot 10^{-11} \text{ m}$   
d-  $\lambda_0 = 3,52 \cdot 10^{-11} \text{ m}$  e- toutes ces réponses sont fausses.

7- ce tube à RX offre un rendement de 8 %. La puissance  $\phi$  du faisceau RX est :

a-  $\phi = 250 \text{ W}$  b-  $\phi = 20 \text{ W}$  c-  $\phi = 200 \text{ W}$  d-  $\phi = 2500 \text{ W}$  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  $\rho$  du tube est :

a-  $\rho$  est divisé par 4 b-  $\rho$  est divisé par 2 c-  $\rho$  reste inchangé  
d-  $\rho$  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 :  $W_K = -69,52 \text{ KeV}$ ;  $W_L = -11,27 \text{ KeV}$ ;  $W_M = -2,26 \text{ KeV}$ ), la longueur d'onde  $\lambda_\alpha$  des photons d'énergie  $E'$  correspondant à la raie  $L_\alpha$  est (en supposant être dans le vide) :

a-  $\lambda_\alpha = 0,73 \cdot 10^{-10} \text{ m}$  b-  $\lambda_\alpha = 1,29 \cdot 10^{-10} \text{ m}$  c-  $\lambda_\alpha = 1,37 \cdot 10^{-10} \text{ m}$   
d-  $\lambda_\alpha = 9,58 \cdot 10^{-10} \text{ m}$  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-  $\lambda' = 6,87 \cdot 10^{-11} \text{ m}$  b-  $\lambda' = 9,6 \cdot 10^{-11} \text{ m}$  c-  $\lambda' = 2,7 \cdot 10^{-10} \text{ m}$   
d-  $\lambda' = 14,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$  e- toutes ces réponses sont fausses.

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

a-  $\mu = 0,35 \text{ cm}^{-1}$  b-  $\mu = 1,27 \text{ cm}^{-1}$  c-  $\mu = 0,18 \text{ cm}^{-1}$  d-  $\mu = 0,61 \text{ cm}^{-1}$  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-  $e' = 1,5 \text{ cm}$  b-  $e' = 2,49 \text{ cm}$  c-  $e' = 3,77 \text{ cm}$  d-  $e' = 4,03 \text{ cm}$  e- toutes ces réponses sont fausses.

$$1/ E_{\max} = E_A = 250 \text{ keV}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\beta = \sqrt{\frac{2 E_{CA}}{E_0}} \quad \beta = \sqrt{\frac{2 \times 250 \times 10^3}{0,511 \times 10^6}} = 0,98$$

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

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

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

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

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

$$5/ E_T = 0,761 \text{ MeV} = 761 \text{ keV}$$

$$6/ E = \frac{12400}{\lambda_0} \rightarrow \lambda_0 = \frac{12400}{250 \times 10^3}$$

$$\lambda = 0,0496 \text{ \AA} \quad d = 4,95 \times 10^{-12} \text{ m}$$

$$2/ \varphi = \frac{\phi}{UI} \rightarrow \phi = \varphi \cdot UI$$

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

$$\phi = 200 \text{ W} \quad (\text{inf } 10 \text{ question})$$

$$8/ \varphi = \frac{1}{2} \text{ KZU}$$

Le rendement est indépendant de l'intensité du courant  $I$   
 $\rightarrow \varphi$  ne change pas

$$9/ E_{Ca} = 250 \text{ keV} \quad W_K = 69,52 \text{ keV}$$

donc tous les niveaux participent aux transitions

$$E_{L\alpha} = E_{VK} - W_L$$

$$E_{L\alpha} = 49,22 - 2,25$$

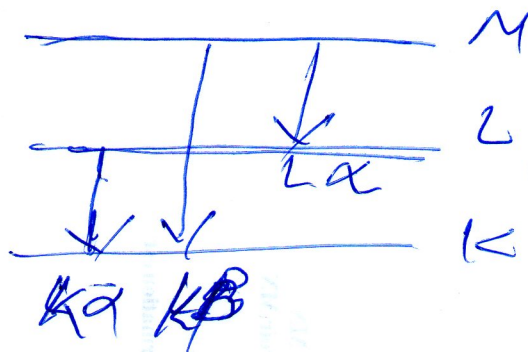
$$E_{L\alpha} = 46,97 \text{ keV}$$

$$E = \frac{12400}{\lambda_{\alpha}} \rightarrow \lambda_{\alpha} = \frac{12400}{46,97} \times 10^3$$

$$\lambda_{\alpha} = 2,637 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$10/ \frac{d}{\lambda_m} = n \quad \lambda_m = \frac{d}{n} = \frac{1,37 \times 10^{-10}}{2}$$

$$\lambda_m = 0,687 \times 10^{-10} \text{ m} = 6,87 \times 10^{-11} \text{ m}$$



$$11/ \quad A = \frac{N_0 - N}{N_0} = 1 - \frac{N}{N_0} = 1 - e^{-\mu x}$$

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

$$\mu = -\frac{\ln(1 - A)}{x} = -\frac{\ln(1 - 0,6)}{1,5}$$

$$\mu = 0,61 \text{ cm}^{-1}$$

$$12/ \quad A = 0,9 \quad A = 1 - e^{-\mu x}$$

$$\mu x = -\ln(1 - A)$$

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

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