

Serie 2 : Rayonnements X

QCM 1. Dans un tube de Coolidge :

- 1- On choisit une cible à un numéro atomique élevé pour augmenter le rendement en rayonnement de fluorescence.
- 2- L'échauffement de l'anode augmente l'intensité des rayons cathodiques.
- 3- Le processus important est le freinage des électrons.
- 4- Le mécanisme essentiel est l'obtention d'électrons sous l'action du rayonnement électromagnétique.

QCM 2. L'énergie maximale du rayonnement X produit dans un tube de Coolidge :

- 1- Est inversement proportionnelle à la longueur d'onde minimale.
- 2- Augmente avec l'intensité du courant de chauffage.
- 3- Augmente si la haute tension est redressée.
- 4- Dépend de la nature des électrodes.
- 5- Est rarement supérieur au kilo électronvolt.

QCM 3. Dans un tube de Coolidge :

- 1- Le rayonnement X est émis selon un spectre continu et de raies.
- 2- La longueur d'onde minimale du spectre est inversement proportionnelle à l'intensité du courant de chauffage.
- 3- Il règne un vide poussé.
- 4- La trajectoire des rayons cathodiques est déviée par la haute tension.
- 5- Le débit d'énergie rayonnée est proportionnel à la haute tension appliquée.

QCM 4. Dans un tube à rayons X :

- 1- La collision des électrons et des noyaux de la cible produit un rayonnement de raies et de fluorescence.
- 2- La cible émet des rayons cathodiques.
- 3- Les électrons émis par le filament sont freinés dans la cible.
- 4- La cathode émet un rayonnement γ .
- 5- Le faisceau X est émis alternativement par l'anode ou la cathode.

QCM 5 : L'énergie maximale rayonnée dans un générateur de rayons X :

- 1- Croit avec l'intensité du courant de chauffage.
- 2- Dépend de la nature de la cible.
- 3- Augmente avec la plus courte longueur d'onde du spectre.
- 4- Est proportionnelle à la haute tension appliquée.
- 5- Est proportionnelle à l'intensité du faisceau électronique.

Exercice 1.

Dans un tube émetteur de R-X, les électrons sont accélérés par une différence de potentiel de 60 kilovolts ? On donne la masse de l'électron : $m(e^-) = 9,1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$

- Quelle est l'énergie cinétique acquise par ces électrons (en J et en KeV)? Calculer leur vitesse ?
- Quelle est la valeur maximale que peut prendre la fréquence du photon ? à quelle longueur d'onde correspond-elle ?
- Le rendement de ce tube étant de 2%, calculer la valeur de la constante k pour une anode en tungstène ($Z=74$).
- En déduire la puissance en W du rayonnement émis si l'intensité du courant anodique est de 20 mA.

Exercice 2.

Un tube de Coolidge à anticathode de platine $_{78}\text{Pt}$ est traversé par un courant d'intensité $I=10$ mA entre l'anticathode A et la cathode K. Il émet un rayonnement X d'énergie $W_R = 20$ J pendant la durée $\Delta t= 1,8$ s de fonctionnement avec un rendement énergétique $\rho= 1,5$ %.

1. Exprimer littéralement puis calculer :

- La puissance rayonnée P_R .
- La puissance électrique P_E consommée par le tube et la tension U_{AK} entre anode et cathode.
- La puissance perdue par effet joule P_J et l'énergie W_J correspondante pendant la durée de fonctionnement du tube.
- l'élévation de température de l'anode sachant qu'elle est incorporée à une masse $m = 50$ g de cuivre qui absorbe presque totalement l'énergie W_J . (capacité thermique massique du cuivre : $c = 385 \text{ J.kg}^{-1} .\text{K}^{-1}$).

2. Exprimer littéralement et calculer :

- l'énergie cinétique E_C des électrons frappant l'anode et l'énergie maximale E_{\max} des photons émis (en keV et en joule).
- la longueur d'onde minimale λ_0 des photons émis et la longueur d'onde la plus fréquente λ_m (celle des photons les plus nombreux).
- Si la tension U_{AK} est doublée, que deviendront E_C , E_{\max} , λ_0, λ_m ?

3. Calculer le nouveau rendement énergétique dans les cas suivants :

- L'intensité du courant anodique devient $I'=15\text{mA}$ (autres réglages inchangés)
- La haute tension est augmentée de 20%, donc est multipliée par 1,20 (autres réglages inchangés).
- l'anticathode est remplacée par une anticathode de tungstène $_{74}\text{W}$ (autres réglages inchangés).
- La haute tension est augmentée de 20% et l'anticathode de platine est remplacée par une anticathode de tungstène.

Exercice 3.

Un tube à rayons X à anticathode de cuivre fonctionnant sous une tension U de 50 kV est

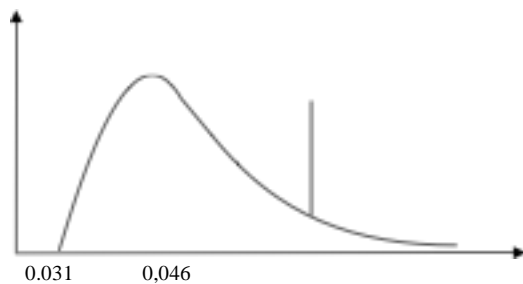
parcouru par un courant d'intensité 40 mA.

- 1) Quelle est la longueur d'onde minimale λ_0 (en nm) des photons X du rayonnement de freinage ?
- 2) Sachant que la longueur d'onde du maximum d'intensité du rayonnement de freinage est égale à $3\lambda_0/2$, quelle est, pour les électrons ayant pénétré dans l'anticathode, la perte d'énergie cinétique la plus probable lors du processus de freinage ? Exprimer le résultat en keV.
- 3) Quelle est la valeur de λ_0 (en nm) lorsque l'intensité du courant électrique qui parcourt le tube augmente de 20 mA ?

Exercice 4.

Des électrons accélérés sous une différence de potentiel $U = 40$ kV bombardent une cible en cuivre en créant une émission de rayons X. Le spectre correspondant à cette émission (voir figure ci-dessous) représente l'intensité I du faisceau de rayons X émis en fonction de la longueur d'onde λ , exprimée en nm.

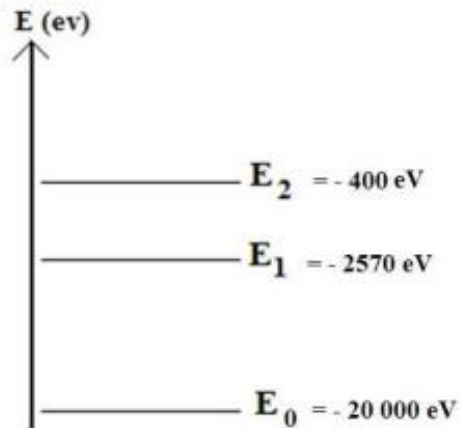
On donne les énergies d'ionisation des niveaux K et L (niveau moyen entre les niveaux L_{II} et L_{III}) du cuivre : $E_{iK} = 8995$ eV et $E_{iL} = 955$ eV.



- 1) Quelle est la longueur d'onde minimale λ_0 , en nm, du spectre continu émis par la cible ?
- 2) À partir des valeurs numériques indiquées sur le spectre, déterminer la perte d'énergie cinétique la plus probable, en keV, des électrons arrivant sur la cible.
- 3) Quelle condition doit vérifier l'énergie cinétique des électrons qui bombardent la cible pour observer une raie K ?
- 4) Calculer, en nm, la longueur d'onde de la raie K_{α} .

Exercice 5.

L'émission d'un photon X par un métal est due à certaines transitions électroniques entre deux niveaux d'énergie. Le diagramme des niveaux d'énergie du molybdène est donné ci-dessous.



- 1- Transitions électroniques.
 - a) Reproduire le schéma ci-dessous et indiquer par des flèches toutes les transitions envisageables qui s'accompagnent de l'émission d'un photon.
 - b) Calculer en électronvolts (eV), les variations d'énergies correspondant à ces transitions.
- 2- L'énergie E transportée par un photon X associé à un rayonnement de fréquence ν est donnée par la relation de Planck : $E = h \times \nu$.
 - a) Connaissant l'énergie E transportée par un photon X , donner la relation permettant de déterminer la longueur d'onde λ du rayonnement associé.
 - b) Quelle est, parmi les transitions envisagées, celle qui produit le photon X associé au rayonnement ayant la plus petite longueur d'onde ? Justifier.
 - c) Calculer la valeur de cette longueur d'onde.