

Série 3 : Rayonnement 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 électron volt.

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.

QCM 6 : Dans un tube de Coolidge

- 1- La direction d'émission des rayons X et la direction des rayons cathodiques sont confondues.
- 2- Le débit d'énergie rayonnée est proportionnel au carré de la haute tension.
- 3- Le rendement en rayons X est proportionnel au carré de l'intensité.
- 4- La longueur d'onde maximale est proportionnelle à la tension.
- 5- Le rendement en rayons X est voisin de 1.

Donner la réponse fausse.

QCM 7 : dans un tube de Coolidge

- 1- Filament et cible sont formés de métaux légers.
- 2- Le faisceau de rayonnement X est émis perpendiculairement à la trajectoire des électrons.
- 3- Le filament constitue la cathode du tube.
- 4- Le redressement de tension évite le changement de polarité électrique des électrodes.
- 5- Le rayonnement X est composé en majeure partie de raies de fluorescence.

QCM 8 : dans un tube de Coolidge, la longueur d'onde minimale du rayonnement émis

- 1- Est caractéristique d'un rayonnement visible.
- 2- Est proportionnelle à l'intensité du courant qui traverse le tube.
- 3- Est proportionnelle à l'énergie maximale rayonnée.
- 4- Est inversement proportionnelle à la haute tension.
- 5- Est indépendante de la haute tension.

QCM 9 : Dans un tube de Coolidge

- 1- Le filament et la cible sont le plus souvent en tungstène.
- 2- La cathode émet le rayonnement électromagnétique.
- 3- Le débit d'énergie rayonnée est inversement proportionnel à la haute tension
- 4- Le filament constitue l'anode du tube.
- 5- La haute tension aux bornes du tube fournit le courant de chauffage.

QCM 10 : Dans un tube de Coolidge

- 1- Le milliampérage est sans influence sur l'intensité du faisceau de R.X émis.
- 2- Le kilovoltage permet d'augmenter l'énergie des rayons X émis.
- 3- Une diminution du milliamérage fait baisser la pénétration des rayons X produit.
- 4- Le rendement du tube augmente avec le milliampérage.
- 5- Aucune réponse juste.

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 : $m(e^-) = 9.1.10^{-31} \text{Kg}$

- a)- Quelle est l'énergie cinétique acquise par ces électrons (en J et KeV)? Calculer leur vitesse ?
- b)- Quelle est la valeur maximale que peut prendre la fréquence du photon ? à quelle longueur d'onde correspond-elle ?
- c) -Le rendement de ce tube étant de 2%, calculer la valeur de la constante k pour une anode en tungstène ($Z=74$)
- d)- 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 $I'=15$ 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 faisceau de rayons X mono-énergétique de puissance 7 mW est constitué de photons d'énergie 20 keV.

1. Calculer le flux particulaire (débit de photons).
2. Calculer la longueur d'onde, la période et la fréquence des photons.

Exercice 4.

La tension aux bornes d'un tube à R.X est de 120 000 volts. Quelle est en nanomètres la longueur d'onde minimale émise dans le spectre continu ?

Exercice 5.

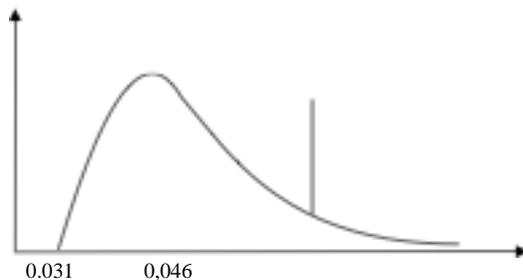
Un tube à rayons X à anticathode de cuivre fonctionnant sous une tension U de 50 kV est parcouru par un courant d'intensité 40 mA.

- 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 6.

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 ?

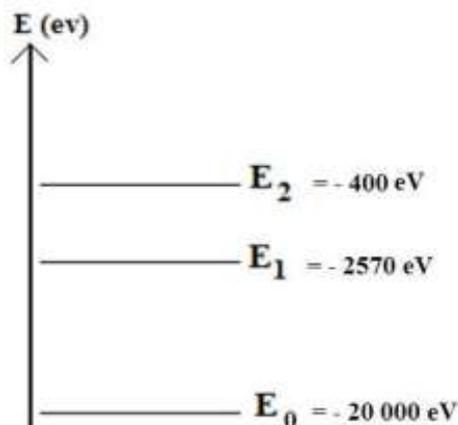
- 2) À partir des valeurs numériques indiquées sur le spectre, déterminer la perte d'énergie cinétique la plus probable, en keV, des électrons arrivant sur la cible.
- 3) Quelle condition doit vérifier l'énergie cinétique des électrons qui bombardent la cible pour observer une raie K ?
- 4) Calculer,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

Exercice 7.

Découverts en 1895 par le physicien allemand Röntgen au cours de recherches sur les rayons cathodiques, les rayons X trouvèrent une utilisation médicale assez rapidement. En effet, des radiographies aux rayons X furent notamment utilisées durant la première guerre mondiale.

1. Les rayons X.

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.



1.1 Transitions électroniques.

1.1.a. Reproduire le schéma ci-dessus et indiquer par des flèches toutes les transitions envisageables qui s'accompagnent de l'émission d'un photon.

1.1.b. Calculer en électronvolts (eV), les variations d'énergies correspondant à ces transitions.

1.2 L'énergie E transportée par un photon X associé à un rayonnement de fréquence ν est donnée par la relation de Planck : $E = h \cdot \nu$.

1.2.a. Connaissant l'énergie E transportée par un photon X, donner la relation permettant de déterminer la longueur d'onde λ du rayonnement associé.

1.2.b. Quelle est, parmi les transitions envisagées, celle qui produit le photon X associé au rayonnement ayant la plus petite longueur d'onde ? Justifier.

1.2.c. Calculer la valeur de cette longueur d'onde.