

Série 3 : Rayonnement X

Données

$$m(e^-) = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}, h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s} \text{ et } 1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

QCM: répondez par vrai ou faux (justifier votre réponse)

1. Les Rayons X sont produit à l'aide d'un tube à rayons (Coolidge) composé de deux électrodes.
2. Le filament constitue l'anode du tube, il est chauffé sous une intensité de courant élevée pour qu'il puisse émet des électrons.
3. La cathode émet le rayonnement électromagnétique.
4. Le débit d'énergie rayonnée est proportionnel au carré de la haute tension.
5. Le rendement énergétique est proportionnel à l'intensité de courant.
6. La puissance rayonnée effectivement sous forme de rayons X est faible.
7. Dans un tube de Coolidge, la longueur d'onde minimale du rayonnement émis est indépendante de la haute tension.
8. La transition de l'électron sur les orbites accompagné par l'émission d'un rayonnement électromagnétique.

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 : $m(e^-) = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$

- 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}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 :
 - a) La puissance rayonnée P_R
 - b) La puissance électrique P_E consommée par le tube et la tension U_{AK} entre anode et cathode
 - c) La puissance perdue par effet joule P_J et l'énergie W_J correspondante pendant la durée de fonctionnement du tube.
 - d) 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 : $c = 385 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$).
2. Exprimer littéralement et calculer :

- a) L'énergie cinétique E_C des électrons frappant l'anode et l'énergie maximale E_{\max} des photons émis (en keV et en joule).
- b) 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).
- c) Si la tension U_{AK} est doublée, que deviendront E_C , E_{\max} , λ_0 et λ_m ?

Exercice 3.

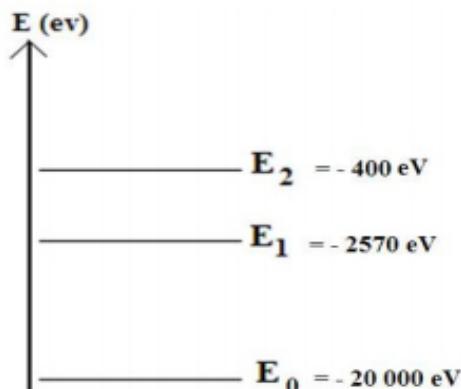
Un faisceau de rayons X mono-énergétique de puissance 7 mW est constitué de photons d'énergie 20 keV.

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

Exercice 4.

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.