

Partiel de Physique quantique du mercredi 28 mars

Durée : 1h30 - tout document interdit – les questions sont indépendantes.

Exercice 1. Dans un cristal de cuivre, les électrons de conduction –supposés non relativistes– ont une énergie cinétique E_e de 7 eV.

1. Rappeler la relation de Broglie qui donne la longueur d'onde λ_{DB} associée à une particule matérielle d'impulsion p . La calculer numériquement pour les électrons de conduction du cuivre.

On rappelle que la masse de l'électron et la constante de Planck valent respectivement $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ kg et $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J s.

2. Evaluer d , la distance entre atomes dans le cristal de cuivre de masse volumique $\rho = 8,9 \times 10^3$ kg m⁻³. On fera l'hypothèse que les atomes de cuivre sont organisés en un réseau cristallin cubique simple dont la maille élémentaire est un cube de côté d aux sommets duquel sont localisés les atomes de cuivre. Comparer d à λ_{DB} . Conclusion ?

On donne la masse d'un atome de cuivre : $m_{Cu} = 1,06 \times 10^{-25}$ kg

Exercice 2. La durée de vie d'un atome dans un état excité est de l'ordre de $\Delta t = 10^{-8}$ s.

1. A l'aide d'une des relations d'Heisenberg, calculer l'incertitude Δv sur la fréquence du photon.
2. Evaluer $\Delta v / v$ pour un photon de longueur d'onde $\lambda = 5000$ Å. On rappelle la célérité $c = 3 \times 10^8$ ms⁻¹ de la lumière dans le vide.

Exercice 3. On considère un tube de télévision à rayons cathodiques dans lequel le faisceau d'électrons a pour intensité $I_e = 3\mu\text{A}$. Les électrons, de masse $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ kg et de charge $q_e = 1,6 \times 10^{-19}$ C, sont accélérés sous une différence de potentiel $U_e = 2,6$ kV. Le faisceau d'électrons est supposé filiforme, i.e. *unidimensionnel*. Au cours de leur collision sur le phosphore du tube, les électrons donnent naissance à des photons. Le rendement de conversion d'un électron *en une gerbe de photons* est de $1/60$ en énergie. Les photons produits sont monochromatiques, et $\lambda = 0,375$ μm.

1. Calculer le nombre d'électrons n que délivre le faisceau *par seconde*.
2. Quelle est l'énergie cinétique E_e de chacun des électrons du faisceau ? Calculer $n_{photons}$, le nombre de photons produits par un unique électron. En déduire le nombre de photons $N_{photons}$ produits *par seconde* par le faisceau.
3. Calculer la vitesse v_e des électrons.
4. A partir du résultat des questions précédentes, calculer la distance moyenne d_{moy} entre deux électrons consécutifs dans le faisceau.
5. On suppose que le faisceau d'électrons n'est pas parfaitement monocinétique et que la variation relative $\Delta p / p$ de l'impulsion est de l'ordre de 10^{-4} . Calculer Δp .
6. En déduire une limite supérieure pour l'étalement Δx du paquet d'onde associé à chaque électron. Si l'on compare cet étalement avec la distance moyenne d_{moy} , que peut-on conclure sur une éventuelle interférence des électrons entre eux ?