

IMRT1 : DEVOIR 3 : 0405

Données

1 uma (unité de masse atomique) = $1,66 \times 10^{-27}$ kg

constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s

masse du proton : $m_p = 1,007\,27$ uma.

masse de l'électron : $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ kg.

charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C

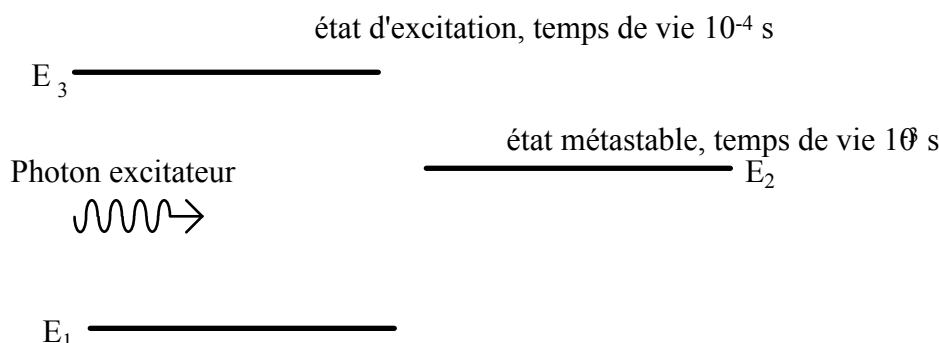
célérité de la lumière : $c = 3,0 \times 10^8$ m.s⁻¹

masse du neutron : $m_N = 1,000\,66$ uma.

Chaleur massique du platine : $C = 160$ J.K⁻¹.kg⁻¹

LE LASER

1. Le schéma suivant donne le principe du fonctionnement du laser à rubis : c'est un cristal d'alumine dans lequel sont inclus des ions chrome.



1.1. Préciser le rôle des ions chrome.

1.2. Refaire le schéma et représenter les transitions correspondant

a. au pompage optique

b. à l'émission laser.

2. Un laser Hélium-Néon de puissance 2 mW émet une lumière rouge de $\lambda = 632,8$ nm

2.1. Quelle différence d'énergie (en eV) y a-t-il entre les deux niveaux ?

2.2. En déduire le nombre de photons émis par seconde.

3.1. Le faisceau laser a une divergence $\theta = 1$ mrad. Quel est le diamètre de la tache observée sur un écran situé à 10 m de la source supposée ponctuelle ?

3.2. En déduire l'intensité lumineuse (puissance surfacique) du faisceau au niveau de cet écran.

ATOME D'HYDROGÈNE

Les séries de Lyman et de Balmer du spectre de l'atome d'hydrogène sont émises au cours de transitions quantiques de l'atome d'hydrogène, respectivement vers le premier niveau (niveau fondamental) et vers le second niveau (premier niveau excité). L'énergie de l'atome dans l'état fondamental est $E_0 = -13,6$ eV. Par convention, l'énergie de l'atome est nulle lorsque le proton et l'électron sont infiniment éloignés l'un de l'autre (ionisation).

On donne les longueurs d'onde de la série de Lyman

1ère raie : 121,6 nm

2ème raie : 102,6 nm

3ème raie : 97,3 nm

4ème raie : 95,0 nm

5ème raie : 93,8 nm

- 1.1. Calculer, en Joule, à partir de ces valeurs, en expliquant, les énergies des niveaux 2, 3, 4, 5 et 6 de l'atome d'hydrogène.
- 1.2. Donner la relation existant entre ces différentes énergies et E_0 ?
- 1.3. Faire une figure annotée, à une échelle à préciser, représentant schématiquement ces niveaux. Chaque niveau sera représenté par une barre horizontale.

- 2.1. Dédurre des résultats précédents les longueurs d'onde des raies H_α , H_β , H_γ et H_δ de la série de Balmer.
- 2.2. En quoi cette série est-elle intéressante ?
- 2.3. Figurer ces transitions sur le schéma précédent.

TUBE A RAYONS X

On produit des rayons X dans un tube de Coolidge à anode de platine (anti-cathode).

Les électrons sont accélérés par une différence de potentiel $U_{AC} = V_A - V_C = 90 \text{ kV}$. Ce tube est alimenté par un courant d'intensité $i = 1 \text{ mA}$, et son rendement est $r = 1\%$.

A. Étude énergétique

1. Calculer la puissance électrique P_E consommée par le tube, la puissance rayonnée P_R (rayons X), la puissance transformée en chaleur P_J .
2. Calculer l'élévation de température que subirait un électrode de 100 g au bout de 10 s de fonctionnement statique.

B. Étude des rayons X de freinage

1. Calculer l'énergie cinétique E_C (en eV et en J) des électrons incidents quand ils atteignent l'anti-cathode.
2. Calculer la longueur d'onde minimum λ_0 du spectre continu obtenu par freinage des électrons et l'énergie E_m (en eV et en J) des photons X les plus nombreux. On rappelle que les photons X les plus probables ont pour longueur d'onde $\lambda_m = 1,5 \lambda_0$.

C. Interaction de fluorescence.

Les énergies des électrons des couches K, L, et M du platine ont pour valeurs :

$E_K = -80 \text{ keV}$, $E_L = -20 \text{ keV}$ et $E_M = -9 \text{ keV}$.

1. Représenter le diagramme énergétique de ces électrons ; on précisera l'échelle utilisée.
2. Un électron incident ionise un atome de platine de l'anti-cathode en lui arrachant un de ses électrons K. Calculer l'énergie cinétique E_{CS} (en eV et en J) et la vitesse v de cet électron secondaire émis. On suppose le choc parfaitement élastique et l'électron émis non relativiste.
3. L'ionisation précédente est suivie d'un phénomène de fluorescence ; calculer la longueur d'onde λ de la raie spectrale émise lorsque l'atome ionisé revient dans son état fondamental.
4. Au lieu de revenir dans son état fondamental, l'atome ionisé subit un réarrangement électronique ; quel nom donne-t-on à ce phénomène ?
Calculer la longueur d'onde du photon émis au cours de la transition d'un électron de la couche M à la couche L.