

Partiel de physique quantique du 17 mars 2011

Quelques constantes physiques :

Masse de l'électron $m = 9,1094 \times 10^{-31}$ kg = 0,51100 MeV/c²,
charge élémentaire $q = 1,6022 \times 10^{-19}$ C,
constante de Planck $h = 6,6261 \times 10^{-34}$ J.s,
vitesse de la lumière dans le vide $c = 2,9979 \times 10^8$ m.s⁻¹.

1 Puits infini

Un électron est piégé dans un puits de potentiel infini. La fonction d'onde de l'électron peut être déterminée par l'équation de Schrödinger stationnaire.

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi(x)}{dx^2} + V(x)\psi(x) = E\psi(x),$$

où le potentiel est donné par :

$$V(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } 0 \leq x \leq a \\ \infty & \text{sinon} \end{cases},$$

où $a = 5 \times 10^{-10}$ m.

L'électron se trouve dans son état fondamental, c'est à dire, l'état de plus basse énergie.

1. Expliciter la fonction d'onde stationnaire $\psi(x)$ de l'électron (on omettra de la normaliser).
2. Exprimer l'énergie de l'électron en fonction de \hbar , a et m . Calculer numériquement cette énergie en eV.

2 Modèle de Bohr

Dans des étoiles et dans les plasmas interstellaires, il y a beaucoup de gaz ionisé. Dans le spectre électromagnétique observé du lithium deux fois ionisé (Li^{2+}), la raie d'émission la plus intense a pour longueur d'onde 13,5 nm.

L'ion Li^{2+} est un système avec un noyau et un seul électron. Dès lors, on peut le décrire assez bien avec le modèle de Bohr et ses niveaux d'énergie sont donnés par :

$$E_n = -\frac{13,6 Z^2}{n^2} \text{eV},$$

où Z est le nombre de protons dans le noyau ($Z = 3$ pour Li) et n est le nombre quantique principal.

1. Préciser entre quels niveaux de l'ion Li^{2+} se situe la transition correspondant à la raie la plus intense.
2. Calculer les longueurs d'ondes associées à trois autres raies d'émission.
3. Expliquer pourquoi ces longueurs d'onde diffèrent de celles émises par l'atome d'hydrogène.

3 Effet photoélectrique

Dans une expérience où l'on mesure l'effet photoélectrique, deux métaux différents, cuivre (Cu) et potassium (K), sont exposés à la lumière. Cette lumière provient d'un laser excimer (KrF) de longueur d'onde $\lambda = 249,0$ nm. Les travaux d'extraction sont 4,84 eV (Cu) et 2,25 eV (K).

1. Expliquer l'effet photoélectrique.
2. Si on mesure un photocourant, et si l'on double l'intensité de la lumière (à longueur d'onde fixée), quel est l'effet sur le photocourant ?
3. Pour chacun des deux métaux, calculer les énergies cinétiques des électrons arrachés par la lumière du laser KrF.
4. Calculer, pour chacun des deux métaux, les longueurs d'ondes maximales de la lumière incidente, qui peuvent produire un photocourant.