

Magistère de Sciences de la Matière
Introduction au monde quantique
Contrôle continu du 18 Novembre 2003 (2h)

NB : Un poids important sera accordé aux applications numériques.

1) Recul d'un atome lors de l'émission d'un photon

Un électron d'un ion ou atome hydrogénoïde (1 électron, un noyau de charge Ze et de masse M) se trouve dans un état qui correspond à l'orbite de Bohr avec $n=3$. L'atome est initialement immobile dans le référentiel du laboratoire. Il émet un photon qui fait passer l'électron dans le niveau correspondant à l'orbite de Bohr $n=1$.

- (a) En faisant un bilan de quantité de mouvement, calculer approximativement la vitesse de l'atome après l'émission du photon. Faire l'application numérique.
- (b) Quelle est la longueur d'onde du rayonnement émis ? Application numérique, donner le domaine du spectre électromagnétique concerné.
- (c) Calculer l'énergie cinétique de l'atome après émission du photon. A quelle fraction de l'énergie de la transition 3 vers 1 correspond t'elle ? Cela justifie t'il une des approximation (laquelle ?) faite pour répondre au (a) ?

On fera les applications numériques pour le cas où le noyau est un noyau d'hélium (on étudie donc un ion He^+) $Z=2$, $M=4 \times$ (masse du proton).

2) Modèle de l'effet Ramsauer-Townsend

On considère le potentiel à une dimension schématisé sur la figure 1. Le puits de potentiel a une largeur L , une profondeur U ($U>0$). Un flux de particules (électrons) de masse m , d'énergie $E>0$, arrive de la gauche. On notera $\exp(ikx)$ l'amplitude de probabilité associée à ce faisceau incident. On écrit l'amplitude de probabilité sous la forme

$$\begin{aligned} \psi(x) &= \exp(ikx) + B \exp(-ikx) && \text{(région I)} \\ \psi(x) &= C \exp(iKx) + D \exp(-iKx) && \text{(region II)} \\ \psi(x) &= B' \exp(ik(x-L)) && \text{(région III)} \end{aligned}$$

- (a) Préciser les valeurs de k et K en fonction de E et U .
- (b) Exprimer les conditions limites appropriées en $x=0$ et $x=L$.
- (c) Calculer les coefficients B, C, D et B' .
- (d) Montrer que le coefficient de réflexion passe par des minima pour certaines valeurs de l'énergie que l'on précisera.
- (e) Interpréter ce phénomène en termes d'interférences entre ondes réfléchies par les différentes marches de potentiel.
- (f) Effet Ramsauer-Townsend : lorsqu'on envoie un faisceau d'électrons dans une vapeur de Xénon, on observe que la transmission passe par un premier maximum pour une énergie des électrons égale à $0,7\text{eV}$. Sachant que la taille de l'atome de Xénon est d'environ $0,3\text{nm}$, en déduire un modèle schématisé pour le potentiel d'interaction entre électron et atome Xe. (faire l'application numérique, donner le résultat en eV).

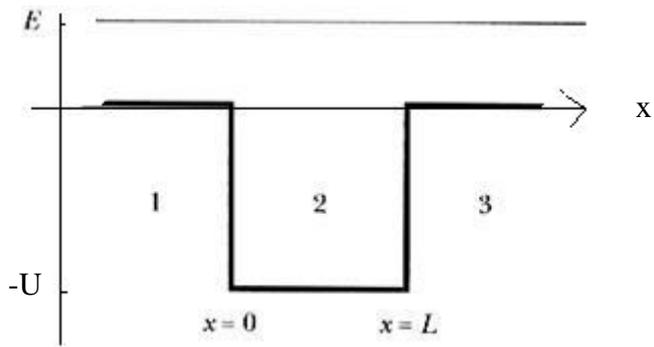


FIGURE 1

Rappel de valeurs numériques utiles

Masse du proton : $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg

Masse de l'électron : $9,1 \cdot 10^{-31}$ kg

Constante de Planck : $6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s

Charge de l'électron : $-1,6 \cdot 10^{-19}$ C

Energie d'ionisation de l'atome d'hydrogène : 13,6 eV

Vitesse de la lumière : $3,0 \cdot 10^8$ m/s