UNIVERSITE PAUL SABATIER
TOULOUSE III

Licence Physique Chimie et Applications
L2 Mention physique

Année 2004/2005

Partiel de Physique quantique du vendredi 25 mars

Durée : 1h30

Tout document interdit – les questions sont largement indépendantes

Exercice 1

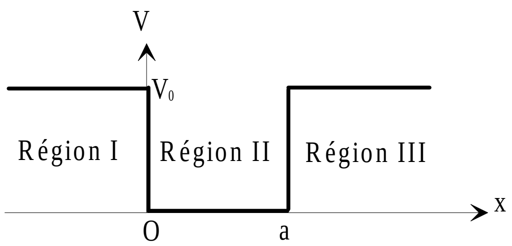
1. Calculer la longueur d'onde de *de Broglie* associée à une molécule d'oxygène O_2 dont l'énergie cinétique est assimilable à $\frac{3}{2}k_BT$ -énergie moyenne-, dans un gaz à la température ambiante $T = 300\ K$.

   On rappelle les constantes de Boltzmann $k_B = 1{,}38\ 10^{-23}\ J\ K^{-1}$, de Planck $h = 6{,}62\ 10^{-34}\ J\ s$, ainsi que la masse molaire du dioxygène $32\ g\ mol^{-1}$.

2. Même question pour un neutron thermique de masse $1{,}67\ 10^{-27}\ kg$. Doit-on s'attendre à observer des effets quantiques importants si on envoie un faisceau de neutrons sur un cristal de nickel dont la distance réticulaire vaut $2{,}15\ Å$?

Exercice 2

On considère une particule de masse m, d'énergie E dans un puits de potentiel à une dimension x que l'on suppose -dans un premier temps- de profondeur finie V_0 (voir figure ci-dessous), puis infiniment profond dans la question 3. Dans le cadre de cet exercice, on ne s'intéresse qu'aux états *liés* de ce système, soit à des énergies $E < V_0$.



1. Le potentiel étant stationnaire, nous cherchons les états $\Psi(x,t)$ sous la forme $\Psi(x,t)=\varphi(x)exp(-iEt/\hbar)$. Ecrire l'équation de Schrödinger pour la fonction propre $\varphi(x)$, et ceci pour les trois régions de l'espace. On posera $K^2=\frac{2m}{\hbar^2}(V_0 - E)$ et $k^2=\frac{2m}{\hbar^2}E$.

2. Donner la forme générale des solutions de cette équation pour les trois régions de l'espace x, en se souvenant que la probabilité de présence de la particule doit rester bornée en tout point.

3. Le puits étant dorénavant supposé de *profondeur infinie*, réécrire la forme générale de $\varphi(x)$ pour les trois régions de l'espace. En tenant compte de la continuité de la fonction $\varphi(x)$ aux interfaces $x = 0$ et $x = a$, montrer que cette dernière se met sous la forme $\varphi_l = A\sin(k_l\, x)$ à l'intérieur du puits.

   On précisera le module du vecteur d'onde k_l, les valeurs prises par le nombre quantique l, ainsi que l'énergie E_l de la particule dans le puits infini.

4. Après avoir exprimé la densité de probabilité de présence de la particule en fonction de x, montrer que le module de l'amplitude $|A|$ vaut $\sqrt{2/a}$.

On rappelle la relation trigonométrique $\cos(a+b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b$.