UNIVERSITE PAUL SABATIER TOULOUSE III

Licence Physique Chimie et Applications
L2 Mention physique

2L41PC1

Année 2007/2008

Physique quantique

Juillet 08

I – Etat fondamental de l'atome d'hydrogène

(10 points)

Dans le cadre du modèle de Bohr appliqué à l'atome d'hydrogène, on va déterminer l'énergie de l'état fondamental à partir des relations d'incertitudes de Heisenberg. On suppose pour simplifier que la masse du proton est infinie.

Dans un premier temps on traite classiquement le problème (mécanique de Newton).

1- Donner l'expression de l'énergie potentielle d'interaction électrostatique proton-électron en définissant les différentes grandeurs introduites.

2- A partir de la relation entre la force centrifuge et la force d'attraction électrostatique, déterminer l'énergie cinétique en fonction de la position radiale r_0 de l'électron.

3- En déduire l'énergie totale. Pour quelle position de l'électron, l'énergie de liaison est la plus grande possible ? Conclusion

On traite maintenant le même problème en tenant compte des relations d'incertitudes de Heisenberg.

1- Enoncer mathématiquement le principe d'Heisenberg en définissant les différents termes introduits. Que signifie t-il physiquement ?

2- Appliquer le principe de Heisenberg pour un électron confiné dans un volume de dimension linéaire r_0.

3- En déduire l'énergie cinétique minimum que doit avoir l'électron (pour satisfaire au principe de Heisenberg).

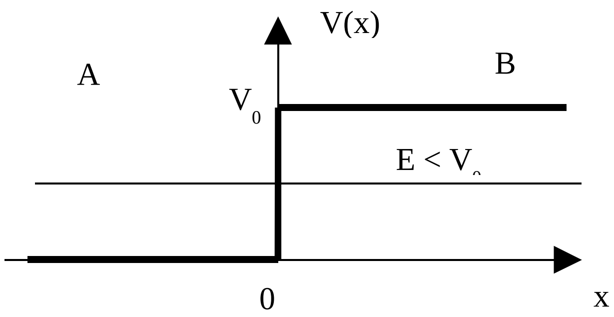
4- En déduire l'énergie totale. Pour quelle valeur de r_0 l'énergie de liaison est la plus grande possible ? Attention : l'énergie étant négative, la plus grande valeur correspond à un minimum mathématique (s'il existe).

5- Comparer avec le cas classique (question 3). Commenter sur le rôle des incertitudes de Heisenberg

II - Etat d'interface
(10 points)

On se propose d'étudier les états électroniques à l'interface entre deux milieux semi-conducteurs A et B caractérisée par une différence d'énergie potentielle $V_0 > 0$. Les porteurs de charges positives sont des trous c'est-à-dire des déficits d'électrons. Leur masse effective peut être positive ou négative suivant le matériau considéré. Ici elle sera prise négative pour le matériau A, $m_A < 0$, et positive pour le matériau B, $m_B > 0$.

On s'intéresse aux états d'énergie $E < V_0$



1. Ecrire l'équation de Schrödinger dépendante du temps. Rechercher les solutions sous la forme d'états stationnaires.
2. Exprimer l'équation de Schrödinger indépendante du temps dans les deux régions A et B. Donner les solutions mathématiques de cette équations dans chacune de ces deux régions.
3. Indiquer les solutions physiquement acceptables. Justifier.
4. A quelle condition doit satisfaire la fonction d'onde ? utiliser cette condition pour trouver la relation entre les amplitudes des ondes dans les deux régions A et B.
5. La continuité du courant de probabilité impose que le rapport entre la dérivée de la fonction d'onde et la masse soit continu en tout point de l'espace. Utiliser cette condition pour trouver l'énergie de l'état lié.
6. Quelle est cette énergie dans le cas où $m_A = - m_B$?
7. Tracer la fonction d'onde électronique associée à cet état lié. Commenter en justifiant l'appellation « d'état d'interface ».