UNIVERSITE PAUL SABATIER TOULOUSE III

Licence Physique Chimie et Applications
L2 Mention physique

Année 2005/2006

Examen de Physique quantique

Seconde Session 1h30 - tout document interdit

A. Questions de cours :

1. Rappeler, figure à l'appui, l'expérience de Davisson et Germer. Quel phénomène physique met-elle en évidence ? Sous quelle tension faut-il accélérer un électron pour que sa longueur d'onde soit comparable à une distance interatomique (0.2 nm) ?
2. Qu 'appelle t-on catastrophe ultraviolette ? Qu'a permis de mettre en évidence l'étude du rayonnement du corps noir ?
3. Rappeler le postulat de quantification dans le modèle de l'atome d'hydrogène de Bohr.

B. Problème

On considère un puits quantique de profondeur finie et ultramince formé de deux matériaux semiconducteurs, le germanium et le silicium (figure ci-dessous). Dans le cas où l'épaisseur a du puits quantique est très petite ($a \to 0$) on peut montrer que la fonction d'onde électronique décrivant le seul état stationnaire lié de ce système est donnée par :

$$\varphi(z) = A\exp(-\alpha|z|)$$

où α est un paramètre réel positif et A l'amplitude de la fonction d'onde.

1. Expliquer pourquoi cette fonction d'onde décrit bien un état lié.
2. L'énergie potentielle $\mathrm{U}(\mathrm{z})$ est nulle dans le puits ultramince et prend la valeur $\mathrm{U}_0 > 0$ hors du puits. En utilisant, dans la région $z > a$, l'équation de Schrödinger pour un état stationnaire d'énergie $\mathrm{E} < \mathrm{U}_0$, donner l'expression de α en fonction de U_0 et E.
3. Ecrire l'équation de normalisation de la fonction d'onde, en considérant que l'épaisseur du puits est négligeable devant $1/\alpha$. En déduire la valeur de A en fonction de α. Tracer la densité de probabilité de présence en faisant apparaître sa valeur en z = 0 ainsi que le paramètre α sur l'axe des z.
4. Montrer que la fonction $\varphi(\mathrm{z})$ n'est pas une fonction propre des opérateurs impulsion p *et* position z.
5. Calculer la valeur moyenne de p.
6. Calculer la valeur moyenne de la position z, *de* z^2. Montrer que l'écart quadratique moyen Δz vaut $\frac{1}{\alpha\sqrt{2}}$.