

PARTIEL DE PHYSIQUE ATOMIQUE ET SUBATOMIQUE DU 01 MARS 2010
TOUT DOCUMENT INTERDIT –DUREE 1H30

INTERACTION SPIN-ORBITE

Soit un électron se déplaçant à vitesse v dans le champ électrique E du noyau. La théorie relativiste montre qu'un champ magnétique B apparaît dans le référentiel lié à l'électron :

$$B = -1/c^2 v \wedge E.$$

L'électron ayant un moment angulaire propre, on doit tenir compte de l'interaction entre le moment magnétique de spin et le champ magnétique. Le hamiltonien correspondant s'écrit :

$$H_I = -\mu_s \cdot B$$

1. On cherche à exprimer le hamiltonien H_I
 - a. Ecrire, en coordonnées sphériques, la relation entre le champ E créé par le noyau et l'énergie potentielle de l'électron.
 - b. Dédurre le hamiltonien d'interaction en fonction de L et de S .
2. On écrit le hamiltonien $H_I = f(r) L \cdot S$
 - a. Exprimer H_I en fonction de J^2 , L^2 et S^2 .
 - b. Ecrire les équations aux valeurs propres de J^2 , L^2 et S^2 , et préciser quels sont les règles de sélection des nombres quantiques l , s , j et m_j pour un nombre quantique principal n donné de l'atome d'hydrogène.
3. On montre que la correction d'énergie qui résulte de l'interaction s'écrit :

$$\Delta E_I = \iiint_V \Psi_{l',s',j',m_{j'}}^* H_I \Psi_{l,s,j,m_j} d\tau$$

Avec les conditions de normalisation :

$$\iiint_V \Psi_{l',s',j',m_{j'}}^* \Psi_{l,s,j,m_j} d\tau = \delta_{l',l} \delta_{s',s} \delta_{j',j} \delta_{m_{j'},m_j}$$

Où δ_j sont les symboles de Kronecker.

Donner l'expression générale de ΔE_I en fonction de l , s et j .

4. Calculer les corrections d'énergie dans les cas suivants :
 - a. Premier niveau d'énergie de l'atome d'hydrogène
 - b. Deuxième niveau d'énergie de l'atome d'hydrogène.
 - c. Donner une représentation graphique des niveaux d'énergie avec et sans couplage spin – orbite. Préciser les dégénérescences de chaque niveau.