

**PARTIEL DE PHYSIQUE ATOMIQUE ET SUBATOMIQUE**

Mardi 10 mars 2015 - Durée 1h30

TOUT DOCUMENT INTERDIT – CALCULATRICES AUTORISEES

QUESTION DE COURS

Effet Zeeman : pour un atome d'Hydrogène dans son niveau fondamental et plongé dans un champ magnétique uniforme suivant Oz , rappeler dans le cas général les divers moments magnétiques impliqués, le hamiltonien général en introduisant les pulsations de Larmor, le hamiltonien simplifié ainsi que les différents régimes de champ magnétique avec les bases 'naturelles' associées.

EXERCICES

Largeur naturelle d'une raie

La théorie électromagnétique classique montre que lorsque l'électron de charge élémentaire e et de masse m_e décrit une trajectoire circulaire autour du noyau de rayon r , il rayonne la puissance

$$P = \frac{2k^3 e^6}{3c^3 m_e^2 r^4}, \text{ avec } k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \text{ et } c \text{ la célérité de la lumière dans le vide.}$$

1. Rappeler, avec les notations définies ci-dessus, l'expression de l'énergie E_n de l'atome d'hydrogène d'après le modèle de Bohr. Déterminer l'énergie ΔE rayonnée lors de transition de l'électron de l'état fondamental au premier état excité.
2. Calculer un ordre de grandeur de la durée de vie τ de l'atome d'hydrogène dans cet état excité en admettant que ΔE est donné par $\Delta E = P \tau$.
3. En se servant du principe d'incertitude de Heisenberg, calculer l'imprécision sur la fréquence de la raie émise lorsque l'électron retourne à l'état fondamental.
4. La longueur d'onde d'émission étant de l'ordre de 6000 Å, calculer l'élargissement $\Delta\lambda$ de la raie provenant de cette imprécision.

Termes spectraux et couplage spin-orbite

1. Déterminer la configuration électronique ainsi que le terme spectral nl_j de l'atome d'hydrogène dans son état fondamental.
2. L'électron est maintenant promu dans le niveau quantique $2p$. Déterminer les termes spectraux possibles dans cette nouvelle configuration en ayant préalablement démontré la relation donnant la valeur propre E_{SO} de l'hamiltonien de couplage spin-orbite $W_{SO} = \zeta \mathbf{L} \cdot \mathbf{S}$.
3. On considère la raie $\lambda = 1215 \text{ \AA}$ de la série de Lyman (transition $2p \rightarrow 1s$). Montrer que, compte tenu du couplage spin-orbite, cette raie est dédoublée.

On donne :

$$m_e = 9,1095 \times 10^{-31} \text{ kg}, h = 6,6262 \times 10^{-34} \text{ J s}, e = 1,6022 \times 10^{-19} \text{ C} \text{ et } c = 2,9979 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$