

F Diffusion Rayleigh

Soit un milieu constitué d'atomes d'hydrogène. Le nombre d'atomes par unité de volume est N . Une onde électromagnétique plane polarisée rectilignement se propage dans la direction Ox . Le champ électrique est : $\vec{E} = E_0 \cos(\omega t - kx) \vec{e}_z$. L'électron de l'atome oscille alors selon la direction $\vec{e}_z$.

- F. 1. Montrer que le déplacement z de l'électron appartenant à un atome situé dans le plan d'abscisse x est décrit par l'équation différentielle suivante :

$$\ddot{z} + \omega_0^2 z = (-e/m)E_0 \cos(\omega t - kx).$$

Justifier vos approximations .

- F. 2. On néglige le régime transitoire.

F. 2. a. Donner l'expression $z(t, x)$ du régime forcé à la pulsation ω .

F. 2. b. Donner l'expression du dipôle induit $\vec{p}(t) = -e.z \vec{e}_z$. On précisera son amplitude p_0 .

- F. 3. En se référant à la partie D donner l'expression de l'énergie moyenne rayonnée P_R par unité de temps par le dipôle $\vec{p}$.

- F. 4. La puissance moyenne de l'onde traversant sous incidence normale une surface d'aire S est $P_i = \frac{1}{2}\epsilon_0 c E_0^2 S$. Exprimer P_R en fonction de P_i .

- F. 5. En fait la puissance rayonnée qui correspond à une diffusion provient de la diminution de P_i et donc de E_0 lorsque l'onde se propage dans le milieu. On peut admettre que P_i (et donc E_0) dépend de x mais varie lentement selon x .

- F. 5. a. En réalisant un bilan énergétique dans un cylindre de section S entre x et $x + dx$ montrer que l'on peut écrire :

$$\frac{dP_i(x)}{dx} = -\frac{P_i(x)}{\ell}.$$

Exprimer ℓ en fonction de N , ω , ω_0 , m , c , e . Préciser son unité.

- F. 5. b. Que devient l'expression de ℓ pour $\omega \ll \omega_0$ (cas de la diffusion Rayleigh) ?

Calculer alors les valeurs de ℓ pour des ondes électromagnétiques correspondantes aux radiations rouge (800 nm) et bleue (400 nm). On prendra ω_0 correspondant à $\lambda_0 = 121,8$ nm et $N = 10^{25}$ électrons par m^3 .

- F. 5. c. A l'aide de ces résultats donner une interprétation du bleu du ciel et de la couleur rouge du Soleil au couchant.

G Effet Zeeman

Dans le modèle de Thomson de l'atome d'hydrogène, le mouvement de l'électron en l'absence de champ extérieur est celui d'un oscillateur harmonique de pulsation ω_0 . On considère maintenant une situation où l'atome est placé dans un champ magnétique uniforme constant $\vec{B}_0$ à l'instant $t = 0$. On utilise un système de coordonnées ayant pour origine O le centre du noyau. L'axe Oz est tel que $\vec{B}_0 = B_0 \vec{e}_z$. L'électron est repéré par le vecteur $\vec{OM} = r \vec{e}_r$. On suppose