Licence A **Université Pierre et Marie Curie** **2000-2001**

Electromagnétisme et optique

Contrôle Continu

Vendredi 15 décembre 2000 à 16H30

Amphi 22

Durée de l'épreuve : 2h00

Cours, documents et calculatrices autorisés.

1. Energie rayonnée par une particule accélérée : diffusion par un atome cible

On considère un atome cible, fixe dans l'espace, portant la charge négative Zq. Un électron de masse m au repos et de charge q est envoyé depuis l'infini, avec une vitesse initiale v_0, en direction de la cible, avec laquelle il est en interaction de Coulomb. Soit $V(x)$ le potentiel subi par l'électron, situé au point M d'abscisse x, en présence de la cible située à l'origine O (x=0). On souhaite dans cet exercice évaluer l'énergie W rayonnée dans tout l'espace par l'électron au cours de sa trajectoire : de l'infini jusqu'à une distance d'approche minimum x_{min}, puis retour à l'infini en sens inverse. Pour cela on négligera l'énergie rayonnée devant l'énergie totale E de l'électron, composée de l'énergie cinétique E_c et de l'énergie potentielle E_p.

1. Rappeler l'expression du potentiel d'interaction $V(x)$ puis celle de l'énergie potentielle $E_p(x)$ de l'électron en tout point de sa trajectoire, en fonction de Z, q, x et ε_0.
2. Montrer que la vitesse $v(x)$ de l'électron en tout point de sa trajectoire s'écrit : $v(x) = (2/m)^{1/2} \,.\, (C - B/x)^{1/2}$. Donner l'expression de C et de B en fonction de E, Z et q.
3. Rappeler la formule non-relativiste de Larmor qui relie l'énergie rayonnée dans tout l'espace par unité de temps dW/dt en fonction de l'accélération dv/dt. En déduire l'expression de l'énergie rayonnée par unité de longueur dW/dx en fonction de v et de dv/dx.
4. Donner alors l'expression de W, énergie totale rayonnée par l'électron sur un aller-retour, sous forme intégrale et en précisant les bornes d'intégration.
5. Calculer ensuite W. On pourra effectuer le changement de variable : $y = Cx/B$.

6. On pose $\alpha = v_o/c$ (avec c vitesse de la lumière) et $k = W/E$. Donner l'expression de k en fonction de α et de Z. Discuter la formule obtenue.
7. Application Numérique : $\alpha = v_0/c = 0{,}1$; $Z = 2$; Calculer alors W en eV (électron-volt).

Rappels : $m = 10^{-30}$ kg ; $c = 3.10^8$ m/s ; $q = -10^{-19}$ C.

On donne : $\displaystyle\int_{\infty}^{1} \frac{dy}{y^{7/2}(y-1)^{1/2}} = -\frac{16}{15}$.

2. Lunette astronomique et lunette terrestre

Une lunette astronomique est constituée d'un objectif L_1 de focale f_1=20 cm et d'un oculaire L_2 de focale f_2=1 cm, tous deux assimilés à des lentilles minces convergentes.

1. Comment doit-on placer L_1 et L_2 pour observer des objets célestes à l'infini sans accommoder (système afocal)? Calculer alors la distance d=L_1L_2 entre les deux lentilles.
2. Calculer le grossissement G de cette lunette
   a. par une construction géométrique,
   b. par un calcul matriciel.

   L'image est-elle à l'envers ou à l'endroit par rapport à l'objet?
3. Calculer la position et le diamètre Δ du cercle oculaire, image donnée par l'oculaire de la monture de l'objectif, de diamètre 5 cm.
4. On désire utiliser cette lunette pour observer des objets terrestres rapprochés. Quelle doit être la nouvelle distance d pour observer l'image d'un objet situé à une distance D de L_1 sans accommoder (mise au point de la lunette)? Faire un schéma.

   Doit-on rapprocher ou éloigner l'objectif de l'oculaire? Application numérique : D=50 m.
5. On retrouve une vieille lunette rouillée dans une position telle que d=23 cm, sans possibilité de modifier cette configuration. On ne peut donc plus observer les astres directement. Pour pallier ce problème, on fixe devant l'oculaire une petite lentille divergente L_3 (L_2L_3=a), de focale f_3, de manière à former l'image d'une étoile à travers la lunette puis L_3. Calculer a et f_3 si on veut retrouver les conditions d'observation de la lunette initiale (observation sans accommoder, même grossissement). On utilisera le calcul matriciel.