**U.L.P.**
**UFR de Sciences physiques**

**Session d'examen de septembre 2006**
**Electromagnétisme 1**
Durée 2 heures
Tout document est interdit

## Exercice A

1. On considère deux charges ponctuelles, q et -q, placées dans le vide (permittivité $\varepsilon_o$) et distantes de a.

1. a. Exprimer en fonction des données, l'énergie potentielle électrostatique W de ce système de charges.

1. b. Donner une explication physique du signe de W.

1. c. La généralisation à un système de n charges ponctuelles est $W= \frac{1}{2} \Sigma\, q_i V_i$ où i=1, ... n. Que représente le terme $V_i$ ?

2. On considère une distribution volumique continue de charges, de densité volumique ρ constante, dans un volume sphérique Ω de centre O et de rayon R.

2. a. Déterminer, en fonction des données et en tout point M de l'espace, le champ électrostatique ***E*** dû à cette distribution de charges; on notera r la distance OM. Représenter graphiquement la norme E du champ ***E*** en fonction de r.

2. b. Déterminer le potentiel électrostatique V pour $r \leq R$.

2. c. Calculer en fonction des données, l'énergie potentielle électrostatique $W_1$ de cette distribution en appliquant l'expression générale $W_1 = \frac{1}{2} \iiint_{\text{tout espace}} \varepsilon_o E^2\, d\tau$, $d\tau$ étant égal à $4 \pi r^2\, dr$ dans le cas présent.
En quelles unités s'exprime $\varepsilon_o E^2$ ? Dans quelle région de l'espace est localisée $W_1$ ?
Cette énergie $W_1$ est positive; or l'énergie W obtenue à la question 1. a. est négative.
D'où provient cette contradiction (apparente)?

2. d. Calculer en fonction des données, l'énergie potentielle électrostatique $W_2$ de cette distribution en appliquant l'expression générale $W_2 = \frac{1}{2} \iiint_\Omega \rho V\, d\tau$.
Dans quelle région de l'espace cette énergie est-elle localisée?
En quoi le potentiel V diffère-t-il du potentiel $V_i$ de la question 1.c?

2. e. Laquelle des deux expressions, $W_1$ ou $W_2$, est la plus correcte? Justifier votre réponse.

**Exercice B**

Un solénoïde infini, comptant N spires circulaires par unité de longueur, est parcouru par un courant d'intensité I.

1. Calculer l'énergie magnétique W contenue dans une tranche d'épaisseur h suivant l'axe de la bobine; on notera a le rayon des spires.
2. Application numérique: h=10cm, a=5cm et B (norme du champ magnétique uniforme régnant dans la bobine)=5T.

Pour concentrer dans le même volume, la même énergie sous forme électrostatique, quelle devrait être la valeur de la norme E du champ électrostatique uniforme dans le solénoïde?

**Exercice C**

Une spire circulaire homogène conductrice de masse M, de résistance R, de self négligeable, de rayon a, est suspendue à un fil isolant vertical $OO_1$ qui n'oppose aucune résistance à la torsion. Un champ magnétique $\boldsymbol{B}$, horizontal, uniforme, règne dans toute la région où peut se mouvoir la spire. On désigne par $\alpha$ l'angle que fait la normale à la spire avec $\boldsymbol{B}$. A l'instant t=0, la spire est lancée à partir de la position $\alpha=0$, à la vitesse angulaire $\omega_0$ autour de $OO_1$. On notera i le courant induit dans la spire.

1. Montrer que $i = \pi a^2 (B/R) \omega \sin\alpha$, B étant la norme de $\boldsymbol{B}$.
2. En mécanique, on établit que l'équation différentielle du mouvement est $\frac{1}{2} Ma^2 \dot{\omega} = - \pi a^2 i B \sin\alpha$. Montrer que $\omega$ et $\alpha$ sont liés par :

$$\omega = \omega_0 - (\pi^2 a^2 B^2 / 2 M R) (2\alpha - \sin 2\alpha).$$

(Indication: $\sin^2 \alpha = (1 - \cos 2\alpha) /2$)

En déduire la valeur qu'il faut donner à B pour que la spire s'arrête pour une valeur finale de $\alpha = \pi /2$ lorsque M=2g, $\omega_0=2\pi$ rd /s, $R=4\times10^{-2}\Omega$ et a=5cm.

3. Montrer que l'énergie totale dissipée par effet Joule dans la spire est égale à son énergie cinétique initiale $(Ma^2 /4)\omega_0^2$.