

TRAVAUX DIRIGÉS DE PHYSIQUE

Dernier TD – Date à préciser

Exercice N°1

Bobines de Helmholtz

On rappelle que sur l'axe Oz d'une spire de rayon R parcourue par un courant I, l'amplitude du champ magnétique est $B = \mu_0 \frac{I}{2} \frac{R^2}{(z^2 + R^2)^{3/2}} = \mu_0 \frac{I}{2R} \sin^3 \phi$ si ϕ désigne le demi-angle sous lequel est vue la spire.

1. On repère l'espace par un système de coordonnées cartésiennes OXYZ. Deux spires de même rayon R, parcourues par le même courant I dans le même sens, sont situées sur l'axe OZ en $Z = \frac{+l}{2}$ et $z = \frac{-l}{2}$. Donner en fonction de Z l'expression de l'amplitude du champ magnétique total $B(Z)$ créé par le système sur l'axe OZ.
2. Montrer qualitativement que si l est « petite » alors B(Z) est maximal en Z=0, et que si l est « grande » B(Z) est minimale en Z=0.
3. Déterminer la valeur de l pour laquelle B(Z) varie le moins possible au voisinage de Z=0.
4. Quelle peut-être l'utilité d'un tel dispositif ?

Exercice N°2

Spire carrée, champ à longue distance

1. On repère l'espace par un système cartésien Oxyz. On recherche la contribution B_1 au champ magnétique au point M(x,0,0) d'un élément de fil rectiligne parcouru par un courant ascendant I, situé le long de l'axe Oz entre $z = \frac{-l}{2}$ et $z = \frac{+l}{2}$. Quels sont le sens et la direction de B_1 ?
2. Montrer que $\|B_1\| = \mu_0 \frac{I}{2\pi|x|} \sin \phi$ où ϕ est le demi-angle sous lequel on voit le fil.
3. On considère maintenant une spire carrée de côté a, parcourue par un courant I, et située dans le plan Oxy, ayant l'axe Oz pour axe de symétrie de rotation d'angle $\frac{\pi}{4}$. En un point M de l'axe Oz, déterminer le demi-angle ϕ sous lequel on voit chaque côté de la spire.
4. En déduire l'amplitude du champ créé par la spire.
5. Comment varie cette amplitude à longue distance ($|z| \gg a$) ? Montrer qu'une spire circulaire qui créerait le même champ, parcourue par le même courant, aurait la même surface S.

Exercice N° 3

Boule chargée en rotation

On repère l'espace par un système de coordonnées cartésiennes Oxyz. Une boule uniformément chargée de charge totale Q et de rayon R est en rotation à vitesse angulaire Ω constante selon Oz.

1. Déterminer la densité volumique de charge ρ de la boule en fonction de R, Q .
2. (r, θ, ϕ) désigne le système de coordonnées sphériques associées à Oxyz. On décompose la sphère en spires élémentaires de cotés $dr \times r d\theta$. Quel est le courant élémentaire dI associé à une telle spire ? (on pourra comptabiliser la charge transitant dans cette spire pendant la durée d'une rotation).
3. Quel est le champ magnétique élémentaire $d\mathbf{B}$ créé par une spire élémentaire au niveau du point O ? (on pourra utiliser la formule fournie en préambule du premier exercice).
4. En déduire le champ magnétique total créé en O.

Exercice N°4

Forces exercées par un fil rectiligne sur un cadre

On repère l'espace par un système de coordonnées cartésiennes Oxyz. Le long de l'axe Oz, il y a un fil rectiligne infini parcouru par un courant ascendant I .

1. On recherche à déterminer le champ $\mathbf{B}$ créé par ce fil. Quelles sont les symétries de $\mathbf{B}$?
2. Déterminer $\mathbf{B}$ en employant le théorème d'Ampère.
3. Une spire rectangulaire parcourue par un courant I' est centrée en $(L, 0, 0)$. Cette spire a une extension a selon Oz et b perpendiculairement. Elle est initialement parallèle au plan Oyz. On suppose que $a \ll L$ et $b \ll L$, elle subit donc un champ magnétique créé par le fil approximativement uniforme. Déterminer le moment des forces exercé par le fil sur la spire.
4. Quelle est la position de la spire à l'équilibre ?