

TD 5.3. Dipôles

Dipole

On place deux charges $q_1 = e$ en A_1 et $q_2 = -e$ en A_2 . Montrer de deux manières différentes que le plan médiateur du segment $[A_1A_2]$ est une surface équipotentielle.

Deux boules de charges opposées

Deux boules de centre O_1 et O_2 de même rayon R , sont chargées uniformément en volume avec des densités volumiques de charge opposées $+\rho$ et $-\rho$. Leurs centres sont décalés de a : $\overrightarrow{O_1O_2} = a\vec{e}_z$, avec $a \ll R$.

1. A l'aide du théorème de Gauss et du principe de superposition déterminer le champ électrostatique à l'intérieur des deux boules et à l'extérieur des deux boules.
2. Montrer que le champ à l'extérieur des deux boules est le champ créé par un moment dipolaire \vec{p} .

Interaction d'une charge ponctuelle et d'un dipole

On place un dipole rigide \vec{p} en un point M, à proximité d'une charge ponctuelle q située en O.

1. Montrer que le dipôle s'oriente radialement par rapport à la charge q .
2. Déterminer l'expression de la force subie par le dipôle, en supposant qu'il s'est préalablement orienté selon la direction de la question précédente.
3. Même question pour la charge q
4. Que peut-on en conclure ?

Magnéton de Bohr

Dans un modèle de Bohr de l'atome d'hydrogène, l'électron décrit une orbite circulaire de rayon r autour du proton en une période T .

- Donner une expression du moment magnétique de l'électron dans l'atome d'hydrogène en fonction de r et T .

En mécanique quantique on peut montrer à l'aide de l'inégalité d'Heisenberg que $E_c \times T \simeq \frac{h}{2}$ avec E_c l'énergie cinétique de l'électron et h la constante de Planck.

- En déduire une expression du moment magnétique de l'électron ne faisant plus intervenir r et T , mais plutôt $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ et la masse de l'électron m .

On donne $\hbar \sim 10^{-34}$ J.s et $m \sim 10^{-30}$ kg.

- En déduire un ordre de grandeur du moment magnétique de l'électron, aussi appelé dans ce modèle magnéton de Bohr μ_B .

Moment magnétique d'un aimant

Le moment magnétique total d'un aimant est du à la somme de tous les moments microscopiques de ses atomes.

- Combien y-a-t-il d'atomes dans un aimant de 1 cm de côté? On donnera une réponse en estimant un ordre de grandeur.

Le moment magnétique d'un atome est de l'ordre du magnéton de Bohr μ_B .

- Quel est l'ordre de grandeur du moment magnétique d'un aimant?

Champs magnétique terrestre

Connaissant le moment magnétique de la Terre $M_{\text{Terre}} = 7,5.10^{22}$ A.m², calculer l'ordre de grandeur du champ magnétique terrestre à Mantes-la-Jolie.

Résultante des forces extérieures sur un dipôle magnétique

Soit une spire parcourue par un courant i plongée dans un champ magnétique extérieur uniforme \vec{B}_{ext} .

- A l'aide de la force de Laplace, donner l'expression de la force élémentaire $d\vec{F}$ exercée par le champ magnétique extérieur \vec{B}_{ext} sur un élément de spire $d\vec{l}$.
- Écrire la résultante des forces comme l'intégrale de $d\vec{F}$ sur toute la spire. Sachant que le courant i est constant sur toute la spire et le champ \vec{B}_{ext} est uniforme, montrer que la résultante des forces est nulle.

Induction et Dipole

Soit une spire parcourue par un courant i plongée dans un champ magnétique extérieur \vec{B}_{ext} .

- Donner l'expression de la force électromotrice induite dans la spire en fonction du flux qui la traverse.
- Donner la définition du flux magnétique à travers la surface plane qui s'appuie sur la spire.
- Calculer la puissance P reçue par le circuit électrique en fonction du courant i et de \vec{B}_{ext} .
- En supposant que i ne dépende pas du temps et que \vec{B}_{ext} est uniforme sur la section de la spire, relier P au produit scalaire du moment magnétique de la spire et de \vec{B}_{ext} .
- En déduire que la puissance électrique reçue par une spire en mouvement dérive de l'énergie potentielle du moment magnétique de la spire.