

Le champ magnétique d'un aimant permanent

Un barreau aimanté a deux pôles: nord et sud. Nous appelons donc un tel aimant un *dipôle*. Si on casse un aimant en deux, on n'obtient pas deux pôles isolés; chaque fragment a encore deux pôles. De la même façon, deux aimants joints n'ont que deux pôles. Comme à notre connaissance, il n'y a pas de monopôle magnétique, le dipôle est la source la plus simple possible de champ magnétique.

Le champ dipolaire n'est pas limité aux barreaux aimantés, car une boucle de courant électrique crée un champ magnétique semblable dans sa forme.

Le champ magnétique B_{axial} (mesuré en Teslas) le long de l'axe d'un dipôle idéal est:

$$B_{axial} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\mu}{d^3}$$

où μ_0 est la constante de perméabilité (4×10^{-7} T m/A), d est la distance au centre du dipôle en mètres μ est le moment magnétique. Le moment magnétique μ mesure la "force" d'un aimant, comme la charge électrique mesure la "force" d'une source de champ électrique. Notez que le champ dépend de l'inverse du cube de la distance, ce qui est différent des lois que vous avez pu étudier, en inverse de la distance au carré.

Dans ce labo, vous examinerez comment le champ magnétique d'un petit aimant puissant varie avec la distance mesurée le long de l'axe de l'aimant. Un capteur de champ magnétique sera utilisé pour mesurer l'intensité du champ.

Les aimants de laboratoire simples sont approximativement des dipôles, quoique des aimants de forme complexe montreront des champs plus complexes. En comparant vos mesures au champ d'un dipôle idéal, vous pourrez voir si votre aimant peut être approximé à un dipôle. Si c'est le cas, vous pourrez mesurer son moment magnétique.

OBJECTIFS

- Utiliser un capteur de champ magnétique pour mesurer le champ d'un petit aimant.
- Comparer sa dépendance de la distance au modèle du dipôle magnétique.
- Mesurer le moment magnétique d'un aimant.

MATERIEL

Power Macintosh	Scotch opaque
LabPro	Aimants disques (2)
Logger Pro	Règle ou chevillière
Senseur de champ magnétique Vernier	Fiche de carton

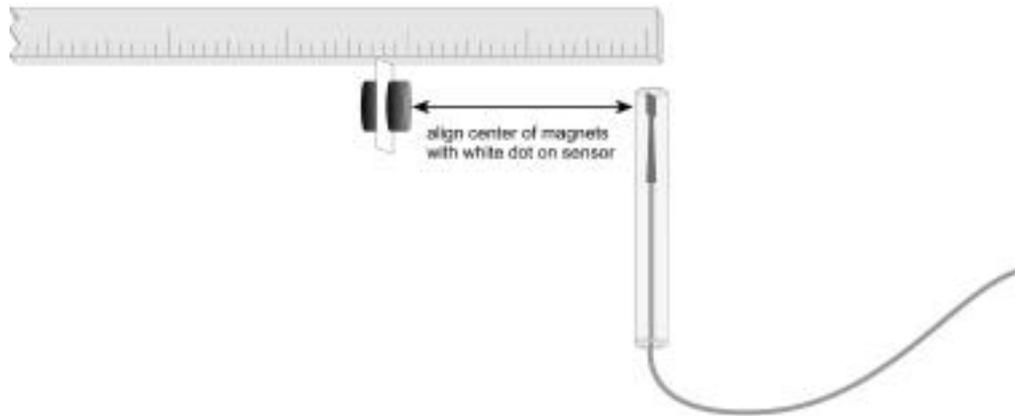


Figure 1

QUESTION PREALABLE

1. Placez un aimant sur la table et tenez l'autre dans la main à bonne distance au-dessus de l'autre. Faites descendre l'aimant jusqu'à ce que l'autre saute à sa rencontre. De ce saut soudain, que pouvez-vous conclure sur la façon dont la force magnétique entre ces aimants varie avec la distance?

PROCEDURE

1. Scotchez la règle et le senseur en une position pratique. La baguette de plastique transparente devrait être perpendiculaire à la règle, avec le point blanc dans la direction et le sens de la distance croissante. Mesurez soigneusement la coordonnée du senseur sur la règle. Ce sera votre origine pour toutes les mesures de distance.
2. Comme moyen pratique de mesurer jusqu'au centre de l'aimant, laissez les aimants s'attirer à travers la fiche, à environ 0,5 cm des bords près d'un coin, Les aimants devraient rester en place sur la fiche. La fiche servira à marquer le centre du couple d'aimants.
3. Connectez le senseur de champ magnétique Vernier au Channel 1 du LabPro. Réglez le commutateur du senseur sur *Low*.
4. Ouvrez le fichier dans le dossier Experiment 34 de *Physics with Computers*. Un graphique apparaîtra à l'écran. L'axe vertical porte le champ magnétique de 0 à 6 milliTesla. L'axe horizontal porte la distance de 0 à 0.10 m. La fenêtre Meter montre le champ magnétique en (mT).

5. Nous allons mettre le senseur à zéro quand les aimants sont très éloignés pour annuler l'effet du champ magnétique terrestre et de tout magnétisme local. Le senseur est mis à zéro seulement pour cette position, donc au lieu de déplacer le senseur, vous déplacerez les aimants.
 - a. Éloignez les aimants du senseur.
 - b. Quand l'affichage de la fenêtre meter est stable, cliquez .
6. Maintenant vous pouvez collecter les données du champ en fonction de la distance.
 - a. Cliquez sur pour commencer l'acquisition des données.
 - b. Placez la fiche avec les aimants à 2.0 cm du senseur, de telle façon que la carte soit perpendiculaire à la règle. Mesurez la distance de la carte au centre du senseur.
 - c. Les mesures courantes du champ magnétique s'affichent dans la fenêtre meter. Si nécessaire, inversez les aimants pour avoir des valeurs positives, et repositionnez la carte à 2.0 cm du senseur. Si le champ vaut plus de 6 mT, augmentez la distance jusqu'à avoir moins de 6 mT.
 - d. Mesurez soigneusement la distance entre la carte et le senseur.
 - e. Cliquez sur pour enregistrer le champ magnétique.
 - f. Pour rendre les calculs ultérieurs avec l'ordinateur plus faciles, entrez la distance en mètres. Appuyez sur ENTER pour terminer ce point.
7. Pour les 10 points suivants,
 - a. En gardant le senseur fixe, augmentez la distance de l'aimant de 0.25 cm.
 - b. Cliquez pour enregistrer le champ magnétique.
 - c. Entrez la distance en mètres dans l'ordinateur.
 - d. Après le dernier point, cliquez pour terminer.

Le graphique que vous voyez est celui du champ magnétique en fonction de la distance à l'aimant.

TABLEAU DE DONNEES

Paramètre A du modèle	
Moment magnétique	
μ (A m ²)	

ANALYSE

1. Pour comparer vos données au modèle inverse-cubique

$$B_{axis} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2\mu}{d^3} = \frac{\mu_0 2\mu}{4\pi} \frac{1}{d^3}$$

vous pouvez représenter l'équation $y = A/x^3$ avec vos données. Pour représenter vos données et le modèle simultanément sur le même graphique

- a. Sélectionnez Curve Fit dans le menu Analyze. Une nouvelle boîte de dialogue s'ouvrira:
- b. Sélectionnez t Variable Power dans la liste General Equation .
- c. Entrez -3 dans le champ Degree/Exponent. Cela crée une fonction proportionnelle à l'inverse d'un cube.
- d. Cliquez sur pour voir la fonction ajustée.
- e. Cliquez sur pour revenir à la fenêtre principale.

- f. Notez la valeur numérique de A dans votre tableau de données..
2. Le modèle en inverse du cube s'ajuste-t-il bien à vos données? Votre aimant montre-t-il le champ magnétique d'un dipôle?
 3. L'ordinateur a ajusté le paramètre A pour que la courbe de l'équation s'approche le plus possible de vos points. Si on fait le lien entre le paramètre A et l'expression pour un dipôle magnétique, nous voyons que $A = (\mu_0 / 2 \mu) 10^3$. Le facteur de 10^3 est présent parce que le champ magnétique a été mesuré en mT plutôt qu'en T. Utilisez votre valeur de A pour déterminer le moment magnétique μ de votre aimant, si le modèle inverse-cube s'ajuste à vos données expérimentales.

EXTENSIONS

1. Trouvez d'autres aimants (frigo, en fer à cheval) et regardez s'ils ont aussi le champ magnétique d'un dipôle.
2. Mesurez le moment dipolaire d'un aimant et de 4 collés ensemble. Le moment dipolaire est-il additif quand vous utilisez des aimants attirés ensemble?
3. Montrez que les unités du moment magnétique sont des A m² (Ampères mètre²).
4. Les unités de μ peuvent suggérer une relation entre le moment magnétique et le courant électrique. En fait, un courant en boucle est un dipôle magnétique. Un courant I circulant dans une boucle d'aire r^2 a un moment magnétique $\mu = I r^2$. Si une boucle de courant unique avait le même rayon que votre aimant permanent, Quel courant serait requis pour créer le même champ magnétique? (Vous devriez être surpris). Y a-t-il des courants en boucle dans l'aimant permanent?