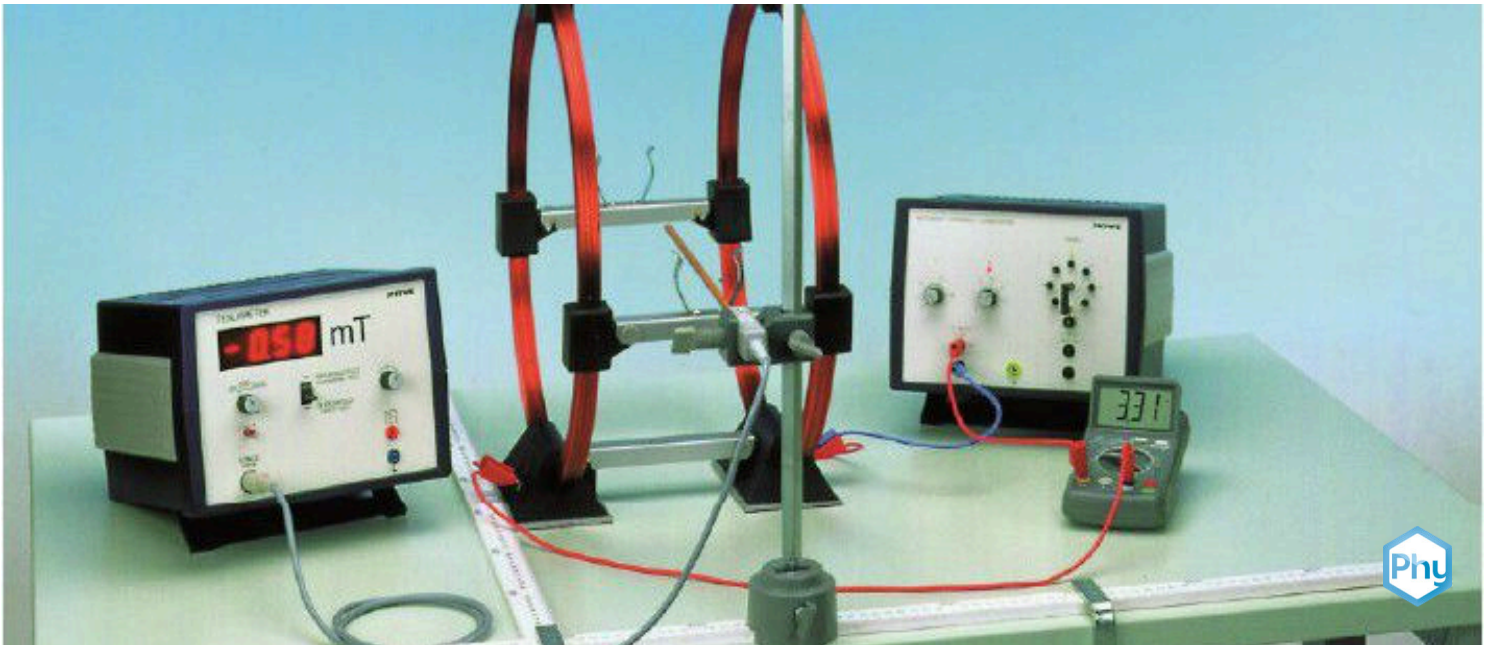
Champ magnétique d'une paire de bobines dans la configuration de Helmholtz avec teslamètre



Physique > Électricité et magnétisme > Magnétisme et champ magnétique

Niveau de difficulté	Taille du groupe	Temps de préparation	Délai d'exécution
facile	-	20 procès-verbal	30 procès-verbal

This content can also be found online at:

http://localhost:1337/c/65dc920fa89ee10002c10f3a

PHYWE
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

PHYWE

Informations générales

Application

PHYWE

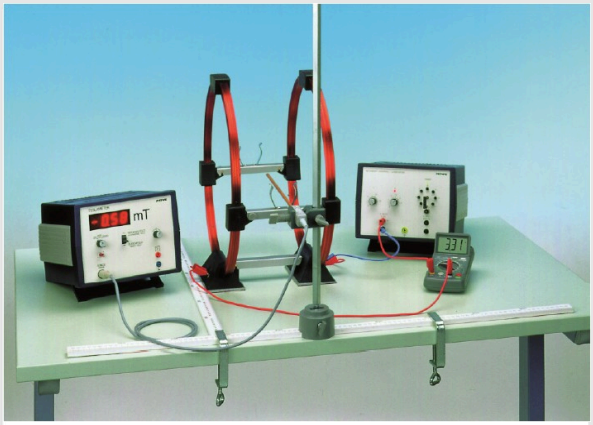


Fig.1 : Dispositif expérimental

Les champs magnétiques sont largement utilisés dans différents domaines. Depuis les aimants utilisés dans les casses pour transporter les vieilles voitures jusqu'à leur utilisation dans les accélérateurs de particules, les champs magnétiques produits par les bobines ont de nombreuses applications.

PHYWE

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

Autres informations (1/2)

PHYWE

Priorité connaissances

Les connaissances préalables requises pour cette expérience se trouvent dans la partie théorique.

Principal principe

La distribution spatiale de l'intensité du champ entre une paire de bobines dans l'arrangement de Helmholtz est mesurée. L'espacement auquel un champ magnétique uniforme est produit est étudié et la superposition des deux champs individuels pour former le champ combiné de la paire de bobines est démontrée.

Autres informations (2/2)

PHYWE

Apprentissage objectif

Le but de cette expérience est d'étudier le champ magnétique produit par des bobines appariées.

1. Mesurer la densité du flux magnétique le long de l'axe z des bobines plates lorsque la distance qui les sépare est de 1,5 m. a = R (R = rayon des bobines) et lorsqu'elle est supérieure et inférieure à celui-ci.
2. Mesurer la distribution spatiale de la densité du flux magnétique lorsque la distance entre les bobines a = R, en utilisant la symétrie de rotation du montage :

   Mesure de la composante axiale B_z

   Mesure de la composante radiale B_r
3. Mesurer les composantes radiales B_z' et B_z'' des deux bobines individuelles dans le plan situé à mi-chemin entre elles et de démontrer le chevauchement des deux champs à $B_r = 0$

Tâches

PHYWE
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

Théorie (1/4)

D'après l'équation de Maxwell

$\int_K \vec{H} d\vec{s} = I + \int_F \vec{D} d\vec{f}$(1)

où K est une courbe fermée autour de la zone F, H est l'intensité du champ magnétique, I est le courant traversant la zone F, et D est la densité du flux électrique, on obtient pour les courants continus ($\dot{D} = 0$), la loi du flux magnétique :

$\int_K \vec{H} d\vec{s} = I$(2)

Avec les notations de la figure 2, la loi du flux magnétique (2) s'écrit sous la forme de la loi de Biot-Savart :

$d\vec{H} = \frac{I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \rho}{\rho^3}$(3)

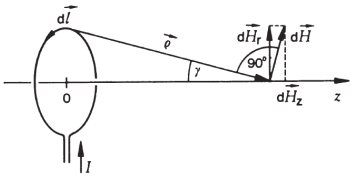


Fig. 2 : Schéma de calcul du champ magnétique le long de l'axe d'une boucle de fil.

Théorie (2/4)

Le vecteur $\overrightarrow{\mathrm{d}l}$ est perpendiculaire à $\vec{\rho}$ en plus de cela $\vec{\rho}$ et $\mathrm{d}\vec{H}$ se trouvent dans le plan du dessin, de sorte que

$dH = \frac{I}{4\pi\rho^2} dl = \frac{I}{4\pi} \frac{dl}{R^2+z^2}$(4)

$\mathrm{d}\vec{H}$ peut être résolue en une $\mathrm{d}H_r$ et d'un $\mathrm{d}H_z$ de la composante.

Les $\mathrm{d}H_z$ ont la même direction pour tous les éléments conducteurs $\overrightarrow{\mathrm{d}l}$ et les quantités sont ajoutées ; le $\mathrm{d}H_r$ Les composants s'annulent les uns les autres, par paires.

C'est pourquoi, $H_r(z) = 0$(5)

et $H(z) = H_z(z) = \frac{I}{2} \frac{R^2}{(R^2+z^2)^{3/2}}$(6)

PHYWE
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

Théorie (3/4)

PHYWE

le long de l'axe de la boucle de fil, tandis que la densité du flux magnétique

$$B(z) = \frac{\mu_0 \cdot I}{2R} \cdot \frac{1}{\left(1+\left(\frac{z}{R}\right)^2\right)^{3/2}} \quad (7)$$

Le champ magnétique d'une bobine plate est obtenu en multipliant (6) par le nombre de spires N. Par conséquent, la densité de flux magnétique le long de l'axe de deux bobines identiques à une distance de α est séparée

$$B(z, r=0) = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot N}{2R} \cdot \left(\frac{1}{\left(1+A_1^2\right)^{3/2}} + \frac{1}{\left(1+A_2^2\right)^{3/2}} \right) \quad (8)$$

où $A_1 = \frac{z+\alpha/2}{R}$

Théorie (4/4)

PHYWE

Lorsque z = 0, la densité de flux a une valeur maximale lorsque $\alpha < R$ et une valeur minimale lorsque $\alpha > R$. Les courbes tracées à partir de nos mesures le montrent également (Fig. 3). $\alpha = R$le champ est pratiquement uniforme dans la plage

$$-\frac{R}{2} < z < +\frac{R}{2}$$

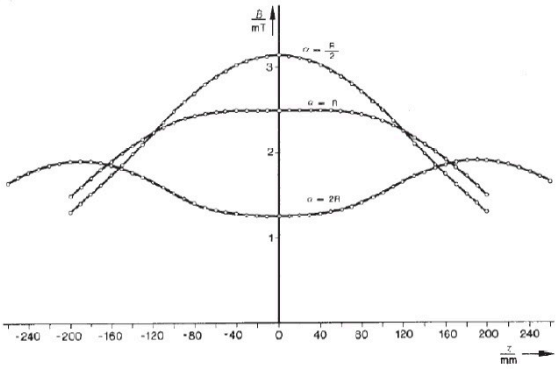


Fig. 3 : *B* (*r* = 0) en fonction de *z* avec le paramètre α.

PHYWE
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

Equipement

Position	Matériel	No. d'article	Quantité
1	Bobines de Helmholtz, la paire	06960-06	1
2	PHYWE Alimentation universelle, affichage analogique, DC: 18 V, 5 A / AC: 15 V, 5 A	13503-93	1
3	Multimètre digital 3 1/2 digit avec thermocouple NiCr-Ni	07122-00	1
4	PHYWE Teslamètre numérique	13610-93	1
5	Sonde Hall, axiale	13610-01	1
6	Règle graduée, l=1000 mm	03001-00	2
7	Embase expert	02004-00	1
8	Tige en acier inox 18/8, l = 250 mm, d = 10 mm	02031-00	1
9	Noix double expert	02054-00	1
10	Pince de table	02014-01	3
11	Fil de connexion, 32 A, 500 mm, bleu	07361-04	2
12	Fil de connexion, 32 A, 500 mm, rouge	07361-01	2
13	Pince universelle	37715-01	1

PHYWE
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

PHYWE

Configuration et procédure

Mise en place (1/2)

PHYWE

Connecter les bobines en série et dans le même sens, voir figure 4 ; le courant ne doit pas dépasser 3,5 A (faire fonctionner l'alimentation comme une source de courant constant). Mesurer la densité de flux avec la sonde Hall axiale (mesure la composante dans la direction de la tige de la sonde).

Le champ magnétique du dispositif de bobines est symétrique par rapport à l'axe des bobines, qui est choisi comme axe z d'un système de coordonnées cylindriques (z, r.), ϕ). L'origine est au centre du système. La densité du flux magnétique ne dépend pas de l'angle ϕ, de sorte que seules les composantes $B_z\ (z,\ r)$ et $B_r\ (z,\ r)$ sont mesurés.

Fixer la sonde de Hall sur une tige de support avec une base en forme de tonneau, au niveau de l'axe des bobines. Fixer deux règles sur le banc (parallèles ou perpendiculaires l'une à l'autre, voir les figures 5 à 7). La distribution spatiale du champ magnétique peut être mesurée en poussant la base du barillet le long d'une des règles ou les bobines le long de l'autre.

PHYWE

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

Mise en place (2/2)

PHYWE

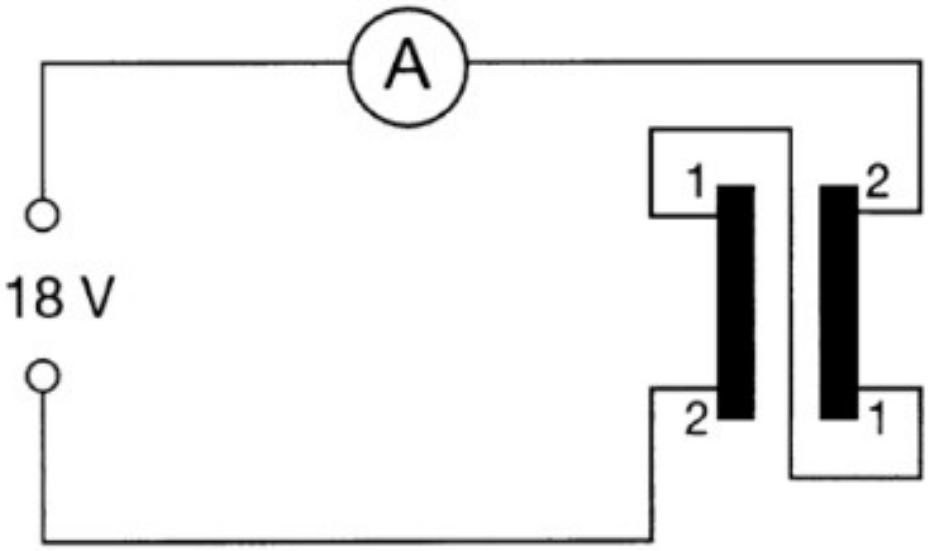


Fig. 4 : Schéma de câblage pour les bobines de Helmholtz.

Procédure (1/3)

PHYWE

- Le long de l'axe z, pour des raisons de symétrie, la densité de flux magnétique n'a que la composante axiale Bz. La figure 5 montre comment installer les bobines, la sonde et les règles (le bord du banc peut être utilisé à la place de la règle inférieure si nécessaire). (Mesurez la relation B (z, r = 0) lorsque la distance entre les bobines a = R et, par exemple, pour a = R/2 et a = 2R.

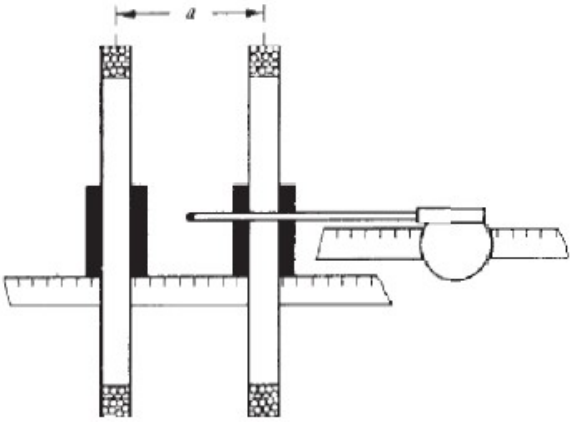


Fig. 5 : Mesure $B\,(z,\, r = 0)$ à différentes distances a entre les bobines.

PHYWE

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

Procédure (2/3)

PHYWE

- Lorsque la distance a = R, les bobines peuvent être assemblées à l'aide des entretoises. a) Mesurez Bz (z, r) comme indiqué sur la figure 6. Réglez la coordonnée r en déplaçant la sonde et la coordonnée z en déplaçant les bobines. Contrôle : la densité de flux doit avoir sa valeur maximale au point (z = 0, r = 0). b) Tourner la paire de bobines de 90° (figure 7). Vérifier la sonde : dans le plan z = 0, B_z doit = 0.

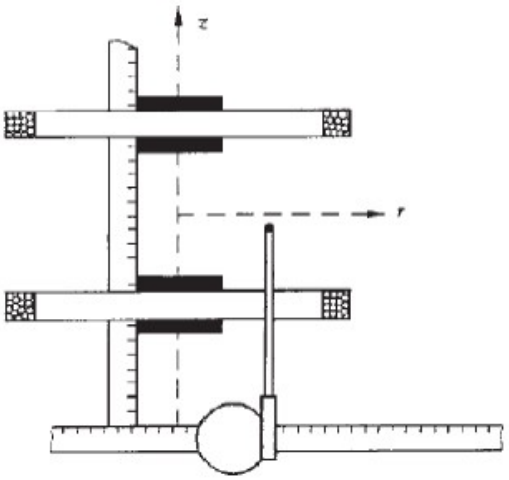


Fig. 6 : Mesure B_z (*z*, *r*).

Procédure (3/3)

PHYWE

- Court-circuiter d'abord une bobine, puis l'autre. Mesurer les composantes radiales des champs individuels à z = 0.

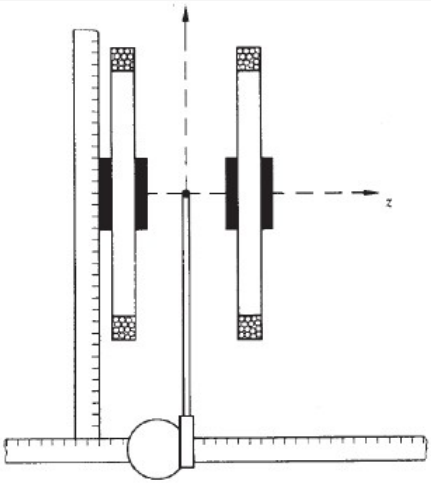


Fig. 7 : Mesure B_r (*z*, *r*).

PHYWE

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

PHYWE

L'évaluation

Résultats (1/2)

PHYWE

Densité de flux magnétique au point médian lorsque $\alpha = R$:

$$B(0.0) = \frac{\mu_0 \cdot I}{2R} \cdot N \cdot \frac{2}{\left(\frac{5}{4}\right)^{\frac{3}{2}}} = 0.716\ \mu_0 \cdot N \cdot \left(\frac{I}{R}\right)$$

quand N = 154, R = 0,20 m et I = 3,5 A, ce qui donne

B (0,0) = 2,42 mT.

Nos mesures ont donné B (0,0) = 2,49 mT.

Les figures 8 et 9 montrent les courbes Bz (z) et Br (z) mesurées en utilisant r comme paramètre ; la figure 10 montre la superposition des champs des deux bobines à $B_r = 0$ dans le plan central z = 0.

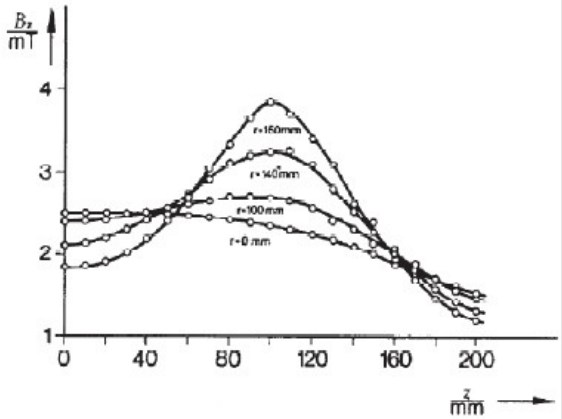


Fig. 8 : $B_z(z)$, le paramètre *r* (quadrant positif uniquement).

PHYWE
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

Résultats (2/2)

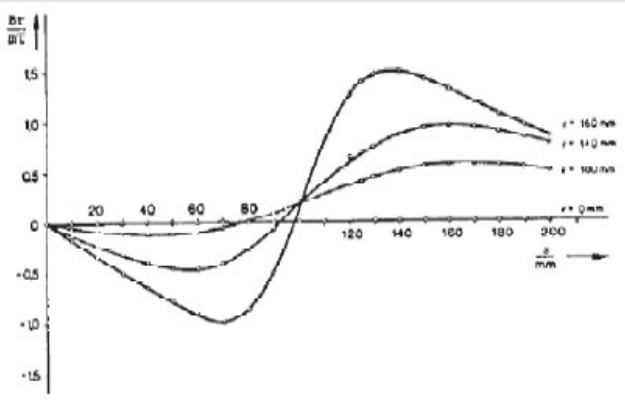


Fig. 9 : $B_z(z)$, le paramètre r (quadrant positif uniquement).

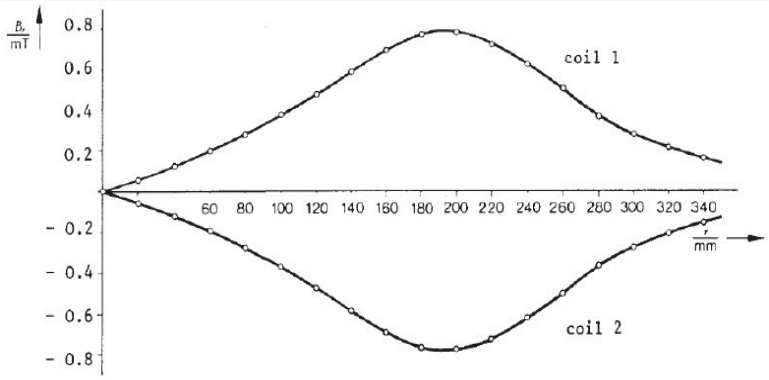


Fig. 10 : Composants radiaux B'_r(r) et B''_r(r) des deux bobines lorsque z = 0.

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de