

قياس الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية

1. أهداف التجربة:

- أهداف التجربة: الهدف الأساسي في هذه التجربة هو قياس مركب الحقل المغناطيسي الموازي لسطح الأرض. إلا أن لهذه التجربة توجد أهداف أخرى أهمها:
- التعرف على بعض قوانين المغناطيسية.
 - التعرف على خواص الحقل المغناطيسي الناتج عن تيار يمر في حلقة دائرية.
 - التعرف على البوصلة ومبدأ عملها.



شكل 1

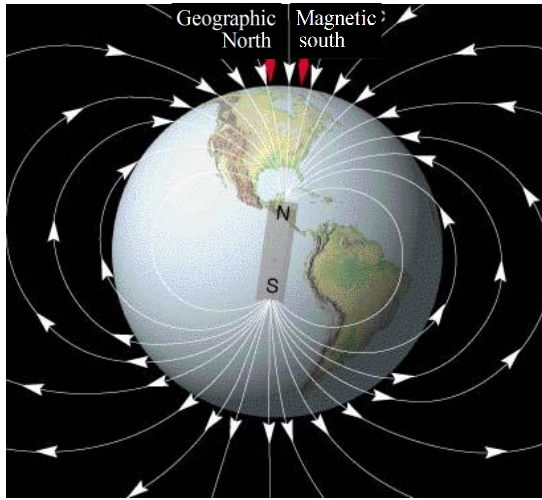
2. الأجهزة والأدوات:

في هذه التجربة نستخدم الأجهزة والأدوات التالية:

- بوصلة.
- إطار دائري مصنوع من الألومنيوم مثبت على قاعدة بحيث أن هذا الإطار معامد لسطح الأرض. في وسط الإطار يوجد مسطح خشبي مستوي مواز لسطح الأرض بحيث نضع في مركزه بوصلة تكون أفقية نسبة لسطح الأرض كما هو مبين في الشكل (1). هذا الجهاز يُسمى جلفنوميتر مماسي، أي جهاز لقياس المركب المماسي (الموازي) وفي هذه الحالة مركب الحقل المغناطيسي الموازي لسطح الأرض.
- سلك طويل نقوم بلفه على الإطار عدد من المرات.
- أسلاك عادية وأسلاك تمساح.
- مصدر جهد مباشر بمجال $0-15V$.
- مقاومة متغيرة.

3. المادة النظرية:

الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية: كما نعلم يوجد حول الأرض حقل مغناطيسي، هذا الحقل نصفه بخطوط الحقل والتي تصدر من القطب الجغرافي الجنوبي وتصب في القطب الجغرافي الشمالي كما هو مبين في الشكل (2). في الواقع القطب الجغرافي الشمالي للكرة الأرضية هو عبارة عن القطب المغناطيسي الجنوبي، والعكس صحيح، القطب الجغرافي الجنوبي هو عبارة عن القطب المغناطيسي الشمالي للكرة الأرضية. يتحقق ما يلي بالنسبة للحقل المغناطيسي للكرة الأرضية:



شكل 2

1. مقدار واتجاه الحقل المغناطيسي للكرة الأرضية يتغير مقدارا واتجاهها من منطقة لأخرى على سطح الكرة الأرضية.

2. الحقل المغناطيسي في بلادنا يكون زاوية 45° مع سطح الأرض تقريبا، بحيث أن مركبه الموازي هو $B_{\parallel} = 2.9 \times 10^{-5} \text{ T}$ و مركبه المعامد لسطح الأرض هو $B_{\perp} = 3 \times 10^{-5} \text{ T}$.

الحقل الناتج عن إطار دائري: عندما نمرر تيارا في سلك يتكون

هنالك حقل مغناطيسي من حول السلك. عندما يكون السلك ملفوفا على إطار دائري نصف قطره R ، فإنه يتكوّن أيضا في

هذه الحالة حقل مغناطيسي من حول السلك. مقدار هذا الحقل في مركز الإطار معطى بالعلاقة التالية:

$$(1) \quad B_0 = \frac{\mu_0 NI}{2R}$$

حيث أن I هو التيار و N هو عدد اللفات، و μ_0 هو ثابت مغناطيسي مقداره:

$$(2) \quad \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}}$$

أما اتجاه هذا الحقل فإنه يختلف من نقطة لأخرى. اتجاهه في المركز هو معامد على مستوى الحلقة، واتجاه التعامد يُحدد بحسب قانون اليد اليمنى.

البوصلة: البوصلة هي عبارة عن إبرة مغناطيسية خفيفة جدا مثبتة من مركزها على محور بحيث أنه باستطاعتها الدوران حول هذا المحور. هذه الإبرة المغناطيسية سوف تتجه باتجاه الحقل المؤثر عليها، وبما أن الحقل المؤثر على إبرة البوصلة هو عادة حقل الكرة الأرضية، فإن إبرة البوصلة تتجه باتجاه هذا الحقل. لكن بما أن حركة إبرة البوصلة محدودة في المستوى الأفقي، فإنها تستجيب فقط لمركب الحقل المغناطيسي الموازي لسطح الأرض B_{\parallel} ، إذ أن إبرة البوصلة لا تستطيع أن تتجه نحو الأعلى بسبب المحور المثبتة عليه.

في الواقع اتجاه متجه الحقل المغناطيسي في نقطة معينة يتم تحديده بالاعتماد على البوصلة، إذ تم الاتفاق على أن اتجاه الحقل المغناطيسي في نقطة معينة هو الاتجاه الذي تُشير إليه إبرة البوصلة عندما نضعها في هذه النقطة.

4. سير التجربة:

الجزء الأول:

1. نُثبت الإطار الدائري على القاعدة الخاصة به.

2. نقوم بلف السلك على الإطار عددا من المرات (لغتين أو ثلاث لفات)، ونوصل أحد أطراف السلك مع مصدر



شكل 3

مباشرة توتر (6V)، والطرف الآخر للسلك نوصله مع مقاومة متغيرة، ومن المقاومة المتغيرة نعود بسلك آخر إلى المصدر لنغلق الدائرة، كما هو مبين في الشكل التالي (شكل 3):

3. نضع بوصلة على في على القاعدة بحيث أنها تكون تماما في مركز الإطار، ونقوم بتوجيه الإطار بشكل يقع مستواه على طول الخط المتجه جنوب - شمال. هذا الأمر يمكن أن يتم بالشكل التالي: نفتح الدائرة ($I = 0$) ونقوم بتحريك الإطار حتى نصل إلى وضع يقع فيه مستوى الإطار في الاتجاه الذي تُشير إليه إبرة البوصلة.

4. لكي نتأكد من أن مستوى الإطار يتجه تماما نحو الشمال، نُغلق الدائرة، ونغير المقاومة المتغيرة حتى نحصل على زاوية معينة مثلا 20° باتجاه معين نسبة للإطار. بعد هذا نعكس اتجاه التيار. إذا حصلنا على أن إبرة البوصلة تُشير الآن إلى 20° بالاتجاه المعاكس أيضا، فإن الإطار متوازن ومستواه يتجه تماما نحو الشمال، وإذا لم نحصل على زاوية مماثلة علينا تكرار عملية توجيه مستوى الإطار من جديد. بعد توجيه الإطار نقوم بتثبيت القاعدة بسطح الطاولة بواسطة ورق لاصق.

5. نبدأ بتغيير المقاومة المتغيرة تدريجيا، وبالتالي التيار يتغير، ومعه زاوية انحراف إبرة البوصلة (α). نغير التيار بقفزات محددة (نصف أمبير في كل مرة مثلا) ونسجل في كل مرة مقدار زاوية انحراف إبرة البوصلة في جدول كالتالي:

$I(A)$				
$\alpha(^\circ)$				

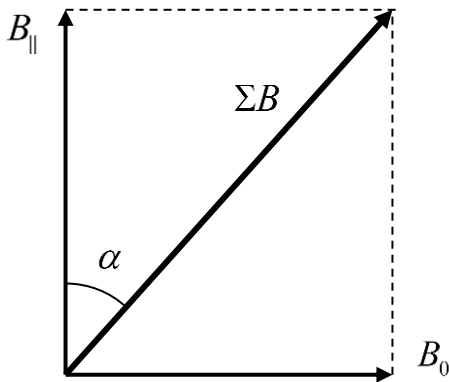
الجزء الثاني:

1. في نفس هيئة القسم السابق، نقوم الآن بتغيير عدد اللفات حول الإطار إلى لفة واحدة ونغير المقاومة المتغيرة بحيث نحصل على زاوية انحراف مقدارها 5 أو 10 درجات.

2. نبدأ بتغيير عدد اللفات حول الإطار (N) (مع إبقاء التيار ثابت)، وفي كل مرة نسجل عدد اللفات وزاوية انحراف إبرة البوصلة (α)، في جدول كالتالي:

N				
$\alpha(^\circ)$				

5. النتائج وتحليلها:



الشكل 4

في هيئة التجربة أعلاه، وعندما وجهنا مستوى الحلقة بحيث أنه يمتد على طول الخط المتجه شمال جنوب، فإن الحقل المغناطيسي B_0 الناتج عن الحلقة في مركزها (والمؤثر على إبرة البوصلة)، يكون معامدا على مستوى الحلقة وبالتالي معامدا على مركب حقل الكرة الأرضية $B_{||}$ والذي يتجه نحو الشمال (يقع في مستوى الحلقة)، كما هو مبين في الشكل (4). بما أن إبرة البوصلة تتجه باتجاه الحقل المحصل، فإنها سوف تنحرف بزاوية معينة α نسبة للشمال، وهي الزاوية التي نقيسها في هذه التجربة.

الزاوية التي تنحرف فيها إبرة البوصلة معطاة بالعلاقة التالية:

$$(3) \quad \tan \alpha = \frac{B_0}{B_{||}} = \left(\frac{\mu_0 N}{2RB_{||}} \right) I$$

من أجل تحليل نتائج هذه التجربة والتوصل إلى قيمة $B_{||}$ ، نقوم بالخطوات التالية:

الجزء الأول:

1. نخصر من الجدول الذي نحصل عليه في هذا القسم جدولاً يصف $\tan \alpha$ كدالة للتيار.
2. نرسم رسماً بيانياً يصف $\tan \alpha$ كدالة للتيار (I).
3. نحسب ميل الرسم البياني. بحسب المعادلة (3)، هذا الميل هو $\frac{\mu_0 N}{2RB_{||}}$. بما أن كافة المقادير هنا معلومة ما عدا $B_{||}$ ، فنستطيع بمساعدة الميل إيجاد $B_{||}$.

الجزء الثاني:

1. نرسم الآن رسماً بيانياً يصف $\tan \alpha$ كدالة لعدد اللفات (N).
2. نحسب ميل الرسم، وحسب المعادلة (3)، هذا الميل هو $\frac{\mu_0 I}{2RB_{||}}$. بمساعدة هذا التعبير والميل الذي وجدنا نحسب $B_{||}$.

6. أسئلة تحضيرية حول التجربة:

أجب عن الأسئلة التالية:

1. ما هو مصدر مغناطيسية الكرة الأرضية؟
2. بماذا تتأثر إبرة البوصلة، ولماذا تتجه نحو القطب الجغرافي الشمالي؟
3. لماذا نضع في هذه التجربة الإطار بشكل معامد لمستوى الأرض وبجانبه أنه يتجه شمال جنوب؟
4. لماذا تستجيب إبرة البوصلة لمركب الحقل المغناطيسي الموازي لسطح الأرض وليس المعامد أيضاً؟

5. هل من الممكن إجراء هذه التجربة بواسطة مصدر توتر متردد؟ اشرح.
6. ما هي العوامل التي من الممكن أن تؤثر على عدم دقة هذه التجربة وكيف من الممكن أن نقلل من تأثيرها؟

ملتقى الفيزياء