

قياس الثابت المغناطيسي μ_0

1. أهداف التجربة:

أهداف التجربة: الهدف الأساسي في هذه التجربة هو قياس الثابت المغناطيسي μ_0 .

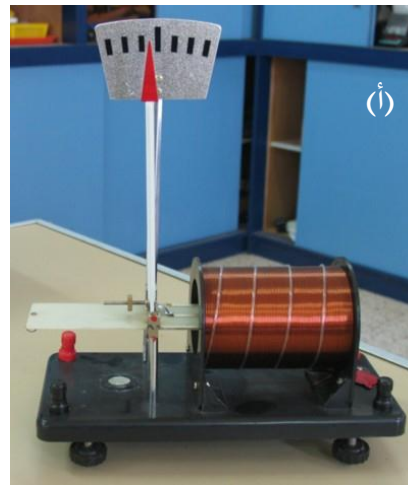
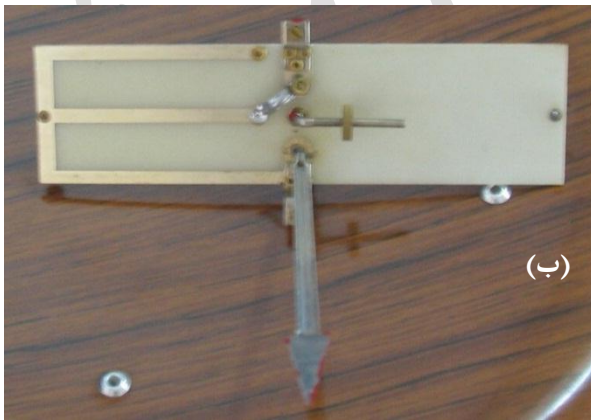
إلا أن لهذه التجربة توجد أهداف أخرى أهمها:

- التعرف على الحقل المغناطيسي للملف وعلى خواصه.
- التعرف على القوة المغناطيسية التي تعمل على سلك يحمل تيار وتحديد اتجاهها.
- التعرف على مبدأ عمل جهاز ميزان التيار.

2. الأجهزة والأدوات:

في هذه التجربة نستخدم الأجهزة والأدوات التالية:

- ملف عدد لفاته 500 لفة.
- مصدر توتر مباشر (0-30V).
- أسلاك.
- ميزان تيار وهو عبارة عن الجهاز المبين في الشكل (1أ). هذا الميزان هو عبارة عن ميزان في أحد ذراعيه توجد سلّة أو مشبك لوضع الأوزان وفي الذراع الآخر يوجد سلك يمر فيه تيار كما هو مبين في الشكل (1ب). عند تعريض السلك لحقل مغناطيسي تعمل عليه قوة مغناطيسية تعمل على موازنة الثقل الموجود في الجهة الأخرى. هذا الميزان يمكننا من قياس القوة المغناطيسية التي تعمل على السلك.



شكل 1

5. أوزان صغيرة جدا نستخدمها للموازنة في ميزان التيار.

6. مقاومة متغيرة.

3. المادة النظرية:



شكل 2

الحقل المغناطيسي للملف: الملف هو عبارة عن سلك ملفوف على أسطوانة بشكل متعاقب بعدد كبير جدا من المرات. مثلا بالملف الذي نستخدمه في هذه التجربة والمبين في الشكل (2)، عدد اللفات هو 500 لفة. عندما نمرر تيارا بالملف، يتكوّن هنالك حقل مغناطيسي داخل الملف وأيضا خارجه.

إذا تحقق أن الملف لانتهائي (أو أن طوله كبير جدا نسبة لنصف

قطره)، فإن الحقل خارجه يكون مهمل تقريبا، أما في داخله فالحقل المغناطيسي يكون متجانسا ويتجه باتجاه مواز لمحور الملف. مقدار الحقل المغناطيسي داخل الملف في هذه الحالة معطى بالعلاقة التالية:

$$(1) \quad B = \mu_0 n I$$

حيث أن I هو التيار المار بالملف، μ_0 هو ثابت مغناطيسي مقداره:

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

و n هي الكثافة الطولية لللفات، والتي هي عبارة عن عدد اللفات في كل وحدة طول واحدة للملف. هذا المقدار معطى بالعلاقة:

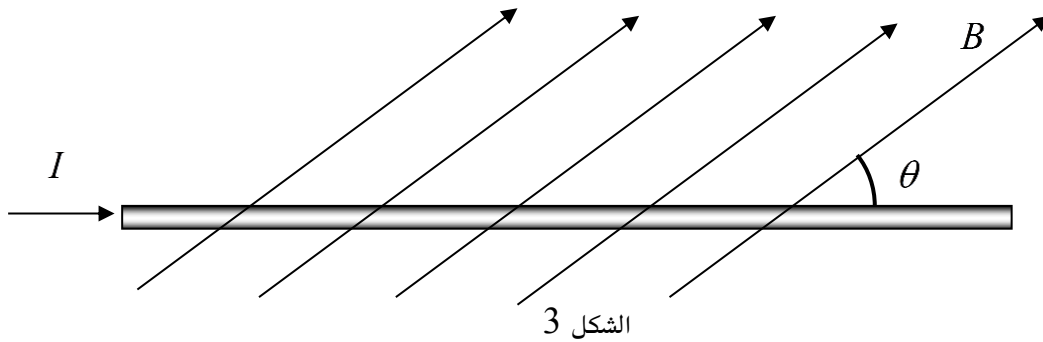
$$n = \frac{N}{\ell}$$

حيث أن N هو عدد اللفات بالملف و ℓ هو طول الملف. وحدات n هي (1/m).

القوة التي تعمل على سلك يمر فيه تيار موجود في حقل مغناطيسي متجانس: عندما يؤثر حقل مغناطيسي متجانس B على سلك مستقيم طوله ℓ يحمل تيار I كما هو مبين في الشكل (3)، فإنه تعمل على السلك قوة مغناطيسية معطاة بالعلاقة:

$$(3) \quad F_m = IB\ell \sin \theta$$

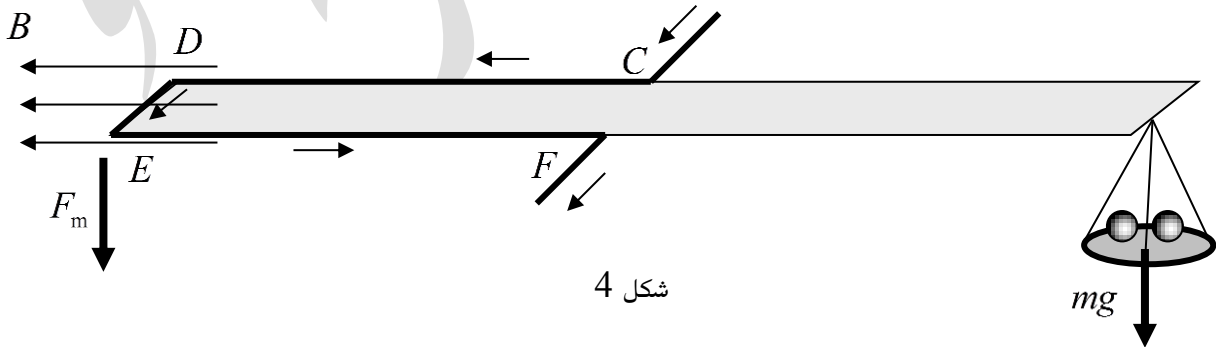
حيث أن θ هي الزاوية بين السلك وبين الحقل المغناطيسي.



اتجاه هذه القوة المغناطيسية هو معامد على المستوى الذي يحوي I و B (على الصفحة في الشكل أعلاه)، واتجاه التعامد يُحدد بحسب قانون اليد اليمنى (حيث نضع الإبهام باتجاه التيار وأصابع كفة اليد باتجاه الحقل. اتجاه القوة يكون معامد على راحة اليد).

ميزان التيار: ميزان التيار هو عبارة عن ميزان مكوّن من ذراع. في طرفه الأول هنالك سلة نضع فيها أوزان وفي الجهة الثانية هنالك سلك يمتد على طول حافة الذراع كما هو مبين في الشكل (4). على هذا الذراع يؤثر حقل مغناطيسي متجانس B_0 مصدر الملف واتجاهه مواز لسطح الأرض وباتجاه الذراع (أنظر إلى الشكل 4). عندما يمر تيار في السلك الموجود على الذراع، فإنه سوف تعمل قوة مغناطيسية فقط على الجزء DE من السلك بينما لا تعمل قوة مغناطيسية على الأجزاء CD و EF . مقدار هذه القوة التي تعمل على القطعة DE هو $F_m = IB\ell \sin 90 = IB\ell$ ، واتجاهها نحو الأسفل في الشكل (ℓ هو طول القطعة DE). عندما نضع كتلة في الجهة الأخرى للميزان بحيث يتحقق وضع توازن، سوف يتحقق عندها أن، $F_m = mg$ ، أي أن:

$$IB\ell = mg$$



من الواضح أنه لكي يعمل هذا الميزان يجب أن يكون اتجاه القوة المغناطيسية نحو الأسفل.

4. سير التجربة :

1. نقيس طول القطعة CD (ℓ) في ميزان التيار ونسجل النتيجة.
2. نقيس طول الملف (L) ونسجل النتيجة.
3. نوصل الملف بسلكين، أحدهما نوصله مع المصدر والآخر مع نقطة الدخول إلى الميزان، ثم نوصل نقطة الخروج من الميزان بسلك مع المقاومة المتغيرة والجهة الثانية للمقاومة المتغيرة نقوم بتوصيله مع المصدر، ونبقى الدائرة مفتوحة في هذه المرحلة.
4. نقوم بموازنة الميزان، وذلك عن طريق البرغي الخاص بحيث نصل إلى وضع يشير فيه الميزان إلى قراءة صفر.
5. نُدخل ذراع الميزان الذي يحتوي على السلك الذي يمر فيه التيار إلى داخل الملف، بحيث نحرص بأن لا يُلامس هذا الذراع الجوانب الداخلية للملف وبحيث أنه يتحرك بحرية داخل الملف.
6. نغلق الدائرة ونفحص فيما إذا كانت القوة المغناطيسية على الذراع داخل الملف تعمل باتجاه الأسفل، بحيث أن الذراع ينزل نحو الأسفل وليس بالعكس. إذا اكتشفنا أن الذراع يتحرك نحو الأعلى عند إغلاق الدائرة، علينا أن نغير اتجاه التيار في الملف أو في الميزان، ولكن ليس في كليهما معاً.
7. نضع وزنة معينة صغيرة في الجهة الأخرى من الميزان، ونبدأ بتغيير المقاومة المتغيرة حتى نحصل على تيار معين يحقق وجود وضع توازن في الميزان. نسجل قيمة الوزن ومقدار التيار الذي يحقق توازن.
8. نُعيد العملية في البند السابق مع عدة أوزان ونسجل النتائج في جدول كالتالي :

$F_m = mg$ (N)					
I (A)					

5. النتائج وتحليلها :

في وضع التوازن لميزان التيار يتحقق أن :

$$(4) \quad F_m = mg$$

وبنفس الوقت القوة المغناطيسية على السلك DE والتي تتجه نحو الأسفل مقدارها :

$$(5) \quad F_m = IB\ell = I(\mu_0 nI)\ell = \mu_0 nI^2 \ell$$

حيث عوضنا $B = \mu_0 nI$ والذي هو الحقل الناتج عن الملف. مقارنة المعادلتين الأخيرتين نُعطينا :

$$(6) \quad mg = (\mu_0 n l) I^2$$

بمساعدة هذه العلاقة وبمساعدة نتائج القياس نستطيع التوصل إلى مقدار الثابت μ_0 بالشكل التالي :

1. نحضر جدولاً يصف العلاقة بين الأوزان (mg) وتربيع التيار (I^2).
2. نرسم رسماً بيانياً يصف العلاقة بين mg و I^2 .
3. نجد ميل الرسم.
4. بحسب المعادلة (6)، الميل يعبر عن المقدار $(\mu_0 n l)$ ، حيث أن $n = N/L$ هي الكثافة الطولية لللفات الملف ($N = 500$). بمساعدة الميل وهذه العلاقة نجد الثابت μ_0 .

6. أسئلة تحضيرية حول التجربة :

أجب عن الأسئلة التالية :

1. لماذا في هذه التجربة نقوم بوضع الكتلة أولاً ونبحث عن التيار الذي يحقق توازن وليس العكس، بأن نقوم بتحديد التيار ونبدأ بالبحث عن مقدار الكتلة التي إذا وضعناها تحقق وضع اتزان.
2. لماذا لا تعمل قوة مغناطيسية على الأسلاك CD و EF في الميزان في الشكل (4)؟ اشرح.
3. ماذا يحدث لاتجاه القوة المغناطيسية التي تعمل على السلك DE في الشكل (4)، إذا قمنا (أ) بتغيير اتجاه التيار في الميزان فقط. (ب) بتغيير اتجاه التيار في الملف فقط (تغيير اتجاه B). (ج) بتغيير اتجاه التيار في الملف وفي الميزان.
4. هل من الممكن إجراء هذه التجربة بتيار متردد؟ ماذا يحدث في هذه الحالة؟

ملتقى الفيزياء