التجربة ٩

تعيين المقاومة الداخلية لعامود كهربائي (بطارية) باستخدام سلك مقياس الجهد

Potentiometer

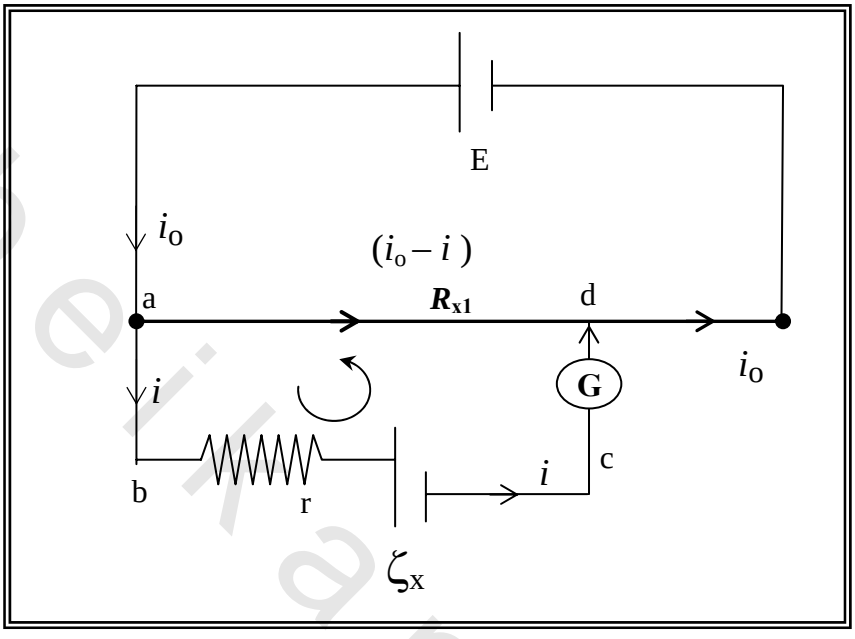
نظرية التجربة

يمكن استخدام سلك مقياس الجهد في تعيين المقاومة الداخلية لبطارية (عامود كهربائي) حيث يلعب سلك مقياس الجهد دور مقاومة متغيرة (من خلال تغيير طوله) في الدائرة الكهربائية التي تحتوي على البطارية المراد إيجاد مقاومتها الداخلية .فبدلالة طول السلك قبل وبعد إدخال مقاومة على التوازي مع مقاومة البطارية عند ثبوت الجهد المطبق على سلك مقياس الجهد يمكن إيجاد مقاومة البطارية. وللحصول على القانون المستخدم في هذه التجربة نستخدم قانوني كيرشوف كما يلي :

أولاً : عند عدم وجود صندوق مقاومات في الدائرة

تكون الدائرة الكهربائية كما في الشكل رقم (٩,١).

obeikandi.com



الشكل رقم (٩,١).

معادلة كرشوف للعروة abcd :

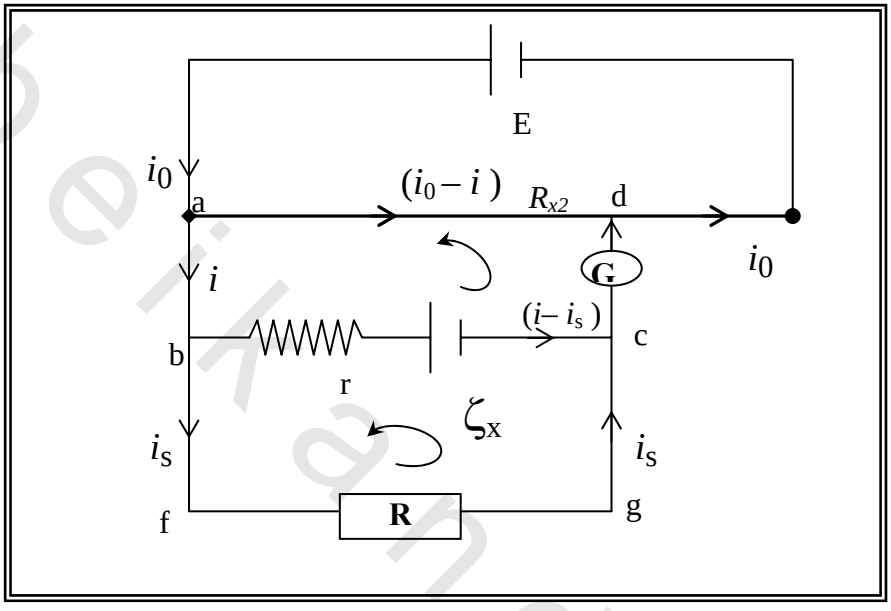
$$-\zeta_x = ir - \left((i_o - i)R_{x1}\right)$$
$$-\zeta_x = ir - i_o R_{x1} + iR_{x1} \quad \text{..... (٩,١)}$$

حيث R_{x1} هي مقاومة السلك بين a و d ، r هي المقاومة الداخلية للبطارية وحيث إن قراءة الجلفانومتر تساوي صفر($i = 0$) عند هذا الطول من السلك فالمعادلة رقم (٩,١) تكون :

$$\zeta_x = \left(i_0 R_{x1}\right) \quad \text{..... (٩,٢)}$$

obeikandl.com

ثانياً : عند إدخال صندوق مقاومات في **الدائرة تكون الدائرة الكهربائيـة كمـا** في **الشكل رقم (٩,٢)**



الشكل رقم (٩,٢).

معادلة كرشوف للعروة (abcd) :

$$-\zeta_x = (i - i_s)r - \left((i_0 - i)R_{x_2}\right)$$
$$-\zeta_x - (i - i_s)r + \left((i_0 - i)R_{x_2}\right) = 0 \quad \text{..... (٩,٣)}$$

معادلة كرشوف للعروة (bfgc) :

$$\zeta_x = -(i - i_s)r + i_s R$$
$$\zeta_x = -ir + i_s r + i_s R \quad \text{..... (٩,٤)}$$

حيث R هي المقاومة المأخوذة من صندوق المقاومات .

وعندما تكون قراءة الجلفانومتر صفراً تكون قيمة i تساوي صفراً ومن ثم المعادلة رقم(٩,٤) تصبح :

obeikandi.com

$$\zeta_x = i_s (r + R)$$

$$i_s = \frac{\zeta_x}{r + R} \quad \text{..... (٩,٥)}$$

وكذلك تصبح المعادلة رقم (٩,٣):

$$-\zeta_x + i_s r + i_0 R_{x2} = 0 \quad \text{..... (٩,٦)}$$

وبالتعويض عن قيمة i_s من المعادلة رقم (9-5) تصبح المعادلة (9-6) كما يلي :

$$-\zeta_x + \frac{r\zeta_x}{r + R} + i_0 R_{x2} = 0$$

$$\frac{R\zeta_x}{r+R} = i_0 R_{x2} \quad \text{..... (٩,٧)}$$

وبقسمة المعادلة رقم (٩,٢) على المعادلة رقم (٩,٧) نحصل على:

$$\frac{r + R}{R} = \frac{R_{x1}}{R_{x2}} \quad \text{..... (٩,٨)}$$

R_{x1} بدلالة طول السلك ومساحة مقطعه تعطى بالمعادلة:

$$R_{x1} = \frac{\rho L_1}{A} \quad \text{..... (٩,٩)}$$

حيث L_1 طول السلك . ρ المقاومة النوعية لسلك ، A مساحة مقطع السلك .

و R_{x2} تعطى بالمعادلة :

$$R_{x2} = \frac{\rho L_2}{A} \quad \text{..... (٩,١٠)}$$

وحيث إن التجربة أخذت لنفس السلك فالمقاومة النوعية ومساحة السلك لها نفس القيمة لذلك فإن :

$$\frac{R_{x1}}{R_{x2}} = \frac{L_1}{L_2} \quad \text{..... (٩,١١)}$$

openkandil.com

وبتعويض المعادلة رقم (٩,١١) في المعادلة رقم (٩,٨) نحصل على :

$$\frac{r+R}{R} = \frac{L_1}{L_2}$$

$$r = R\frac{L_1}{L_2} - R \quad \text{.....} \quad (٩,١٢)$$

$$r = R(\frac{L_1}{L_2} - 1)$$

من المعادلة رقم (٩,١٢) يمكن معرفة المقاومة الداخلية r بمعرفة كل من L_1 و L_2 و R وهو القانون المستخدم في التجربة.

الأجهزة المستخدمة

سلك مقياس الجهد ، جلفانومتر ، مصدر تيار كهربائى، عامود كهربائي (بطارية كهر بائية) ، صندوق مقاومات ، مفتاح ، مجموعة أسلاك توصيل .

خطوات التجربة

١- صل الدائرة الكهربائية كما هو مبين في الشكل رقم(٩,٣) وما يتضح لك من الصورة رقم (٩,١).

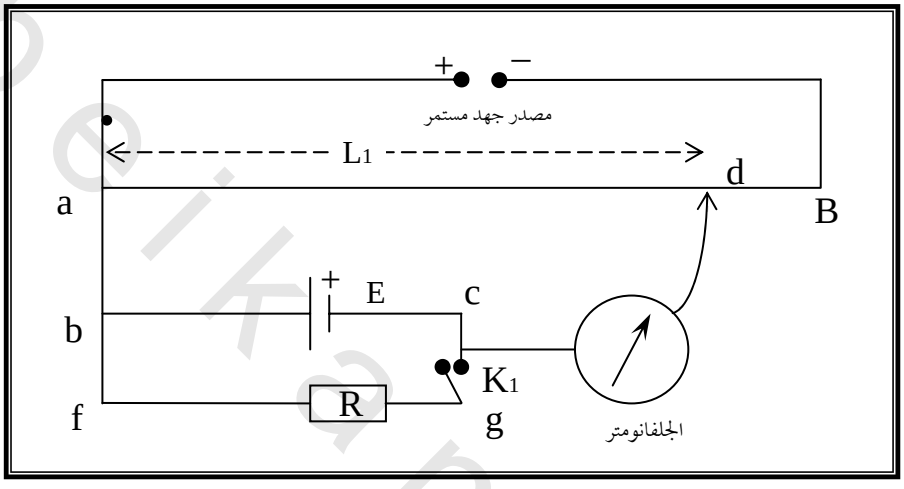
٢- خذ جهداً مناسباً من مصدر الجهد واترك المفتاح K_1 مفتوحاً ومن ثم قم بتحريك الزالق على طول سلك مقياس الجهد في القنطرة المترية قرباً أو بعداً عن الطرف المشترك

(الطرف الموجب(a)) حتى تصل إلى حالة الاتزان (قراءة الجلفانومتر تساوي صفراً) وعند ذلك قس بعد الزالق عن الطرف المشترك(a) وليكن L_1 مقاساً بالسنتيمتر.

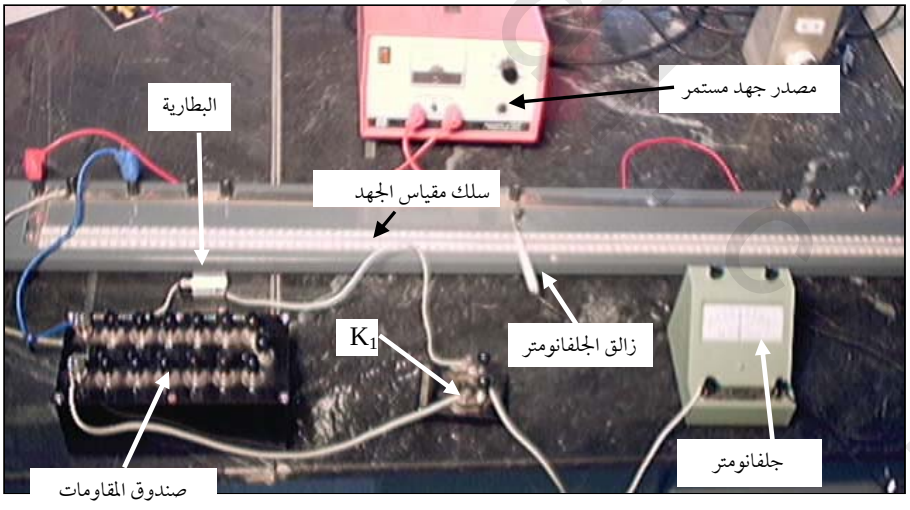
٣- أغلق المفتاح K_1 و ارفع من صندوق المقاومات مقاومة R ولتكن قيمتها مثلاً 5Ω. ومن ثم قم بتحريك الزالق على طول سلك مقياس الجهد حتى تصل إلى حالة الاتزان وقس بعد الزالق عن الطرف المشترك وليكن L_2 بالسنتيمتر أيضاً .

openkanal.com

٤- كرر العمل في الخطوة رقم (٣) عدة مرات مع رفع مقاومة أخرى قيمتها مثلاً 10Ω،15Ω ... وهكذا . وأوجد في كل حالة المقاومة الداخلية للعامود (البطارية) r من العلاقة رقم (٩,١٢). مدوناً القراءات والنتائج في الجدول رقم (٩,١).



الشكل رقم (٩,٣).



الصورة رقم (٩,١)

obeikandl.com

الجدول رقم (٩,١).

المقاومة المرفوعة R [Ω]	الطول $L1$ [cm]	الطول L_2 [cm]	مقاومة العامود r [Ω]

القياسات والنتائج

متوسط قيم المقاومة الداخلية للعامود :

$r =$ Ω

الأسئلة

١- عند إغلاق المفتاح K_1 كيف يكون توصيل صندوق المقاومات مع البطارية على التوالي أم على التوازي؟

٢- ما هو تأثير زيادة المقاومات من صندوق المقاومات على الطول L_2 ؟ قارن بين النتائج العملية و ما توحي إليه المعادلات النظرية؟

٣- ما هو تأثير تغيير طول السلك على مقاومته ؟

٤- احسب الانحراف المعياري Standard deviation والخطأ المعياري Standard error لمتوسط قيم المقاومة الداخلية للعامود؟

obeikandl.com

obeikandl.com

التجربة ١٠

إيجاد المقاومة النوعية لسلك باستخدام صندوق البريد

The Post Office Box

فكرة التجربة

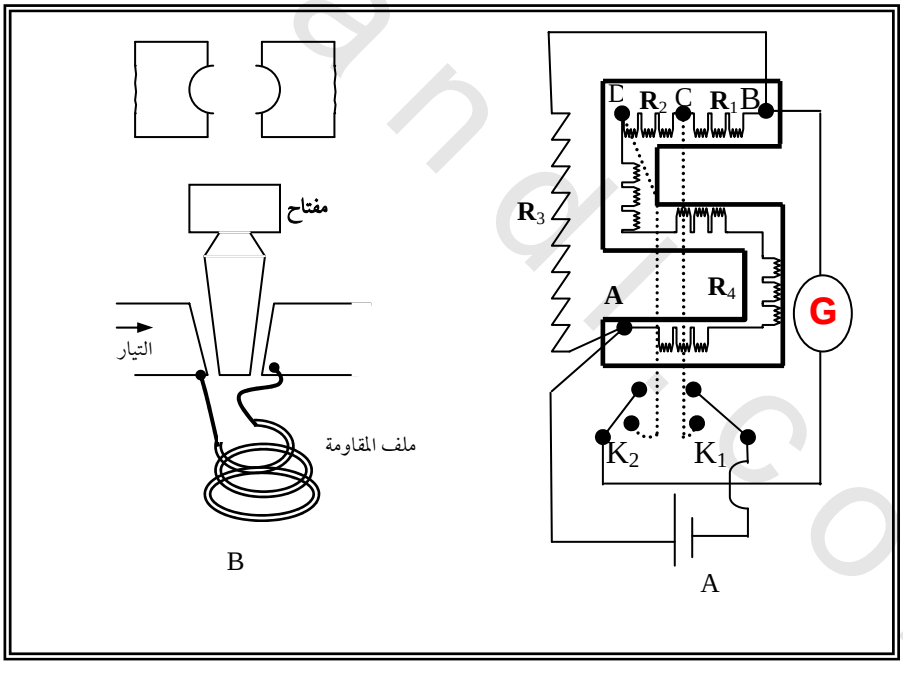
تعتمد فكرة التجربة على جهاز صندوق البريد الذي هو عبارة عن صندوق مقاومات يتركب من قطع نحاسية سميكة تكون في مجموعها قضيباً على شكل حرف S تقريباً الشكل رقم(١٠,١ A) وتقوم فكرة صندوق البريد على مبدأ جسر ويتستون. تتصل هذه القطع ببعضها البعض إذا وضعت مفاتيح عبارة عن مخروط نحاسي له رأس من مادة عازلة وفي حالة رفع المفتاح تتصل قطعة نحاسية بالأخرى المجاورة لها عن طريق ملف له مقاومة معينة. كما يوضح ذلك الشكل رقم (١٠,١ B).

ويوجد أمام كل مفتاح قيمة المقاومة التي تستبعد من الدائرة الكهربية عند وضع المفتاح أو تدخل الدائرة إذا رفع المفتاح. وينقسم القضيب الذي على شكل حرف S المبين بالشكل السابق إلى ثلاثة أجزاء رئيسية وهي AB , BC , CD . وعادة يتكون كل من الجزأين الأوليين BC , CD من مجموعة مقاومات تتألف من إحدى المقاومات التالية 10 و 100 و 1000 أوم أو إضافة احدهم إلى الأخرى فأقل قيمة

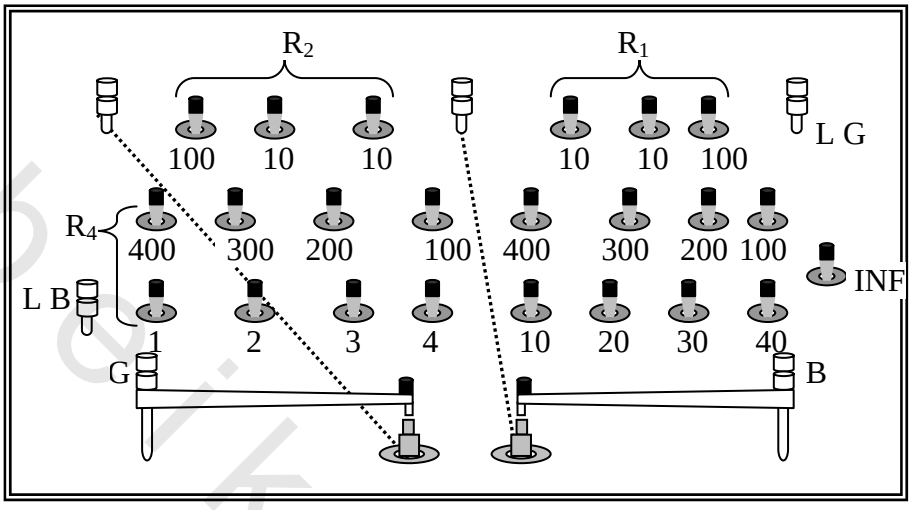
obeikandl.com

هي 10 و أعلى قيمة تكون 1110 ويسمى هذان الجزءان في صندوق البريد بذراعي النسبة. أما الجزء الثالث DA فيحتوي على مجموعة مقاومات أخرى أقل قيمة يمكن أن تأخذ 1 أوم وأكبر قيمة يمكن تصل إلى 11110 أوم ويسمى هذا الجزء بالذراع المتغير ويوضح ذلك الشكل رقم (١٠,٢).

الشكل رقم (١٠,٣) يوضح اتصال هذه المقاومات على شكل قنطرة ويتستون بنفس المسميات ونقاط الاتصال ومفاتيح التوصيل التي وضعت في الشكل رقم (١٠,١). حيث نعتبر أن BC هي المقاومة R_1 ، وكذلكCD هي المقاومة R_2 ، وكذلك DA هي المقاومة R_4 . أما المقاومة R_3 فهي مقاومة السلك وهي المقاومة المجهولة حيث نوصل طرفيها بالنقطتين AB .



الشكل رقم (١٠,١).



الشكل رقم (١٠,٢) يوضح مقاومات وتوصيل صندوق البريد.

ولإيجاد القانون المستخدم في الحصول على قيمة المقامة المجهولة حسب قنطرة ويتستون الشكل رقم (١٠,٣) نستخدم قوانين كيرشوف كما يلي :

أولاً : للعروة CBDC عندما i_G يساوي صفراً سوف نحصل على المعادلة :

$$i_1 R_1 - i_2 R_2 = 0 \quad \text{.....(١٠,١)}$$
$$i_1 R_1 = i_2 R_2$$

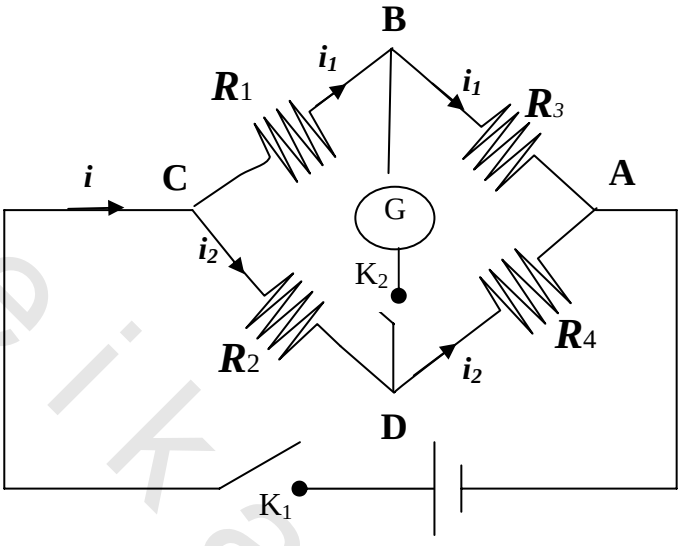
ثانياً: للعروة ABDA عندما i_G يساوي صفراً سوف نحصل على المعادلة :

$$i_1 R_3 - i_2 R_4 = 0 \quad \text{..... (١٠,٢)}$$
$$i_1 R_3 = i_2 R_4$$

لاحظ أن التيار i_1 يظل ثابتاً على المقاومة R_1 و R_3 ويدل على ذلك قراءة الجلفانومتر وهي صفر. وكذلك بالنسبة للتيار i_2 يظل ثابتاً على المقاومة R_2 وR_4.

بقسمة المعادلة رقم (١٠,١) على المعادلة رقم (١٠,٢) نحصل على :

$$\frac{i_1 R_1}{i_1 R_3} = \frac{i_2 R_2}{i_2 R_4} \quad \text{..... (١٠,٣)}$$
$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$$



الشكل رقم (١٠,٣).

الأجهزة المستخدمة

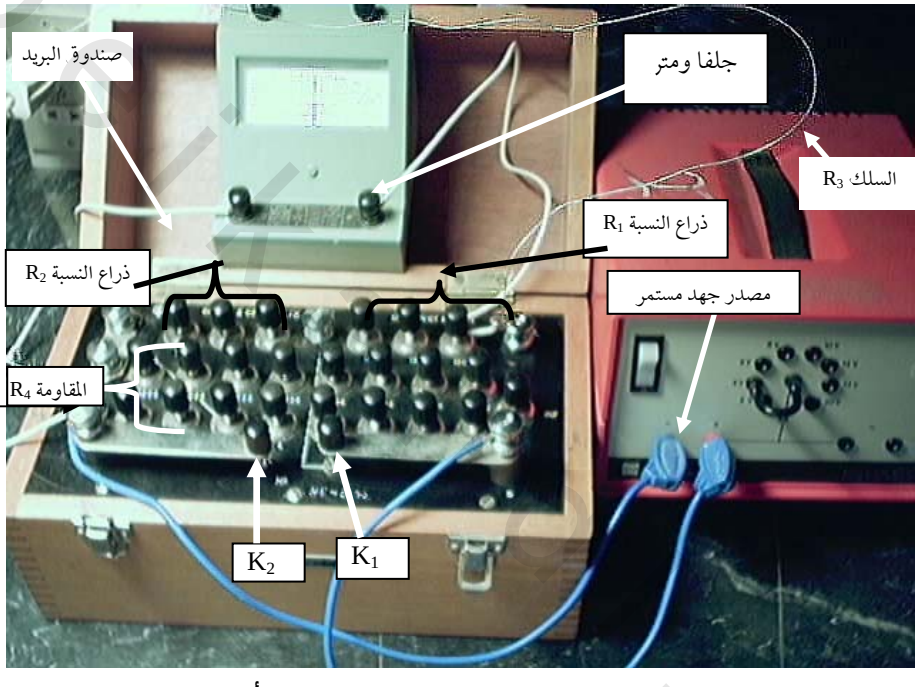
مصدر كهربائي ، جلفانومتر صفري تدريجه في المنتصف ، صندوق بريد ، مسطرة مترية ، ميكرومتر ، سلك لإيجاد مقاومته النوعية ، مجوعة أسلاك توصيل .

خطوات العمل

١- الشكل رقم (١٠,٢) يسهل عليك التوصيل كما يساعدك على فهم مكونات صندوق البريد. نقطة التوصيل في صندوق البريد المكتوب عندها B تعني نقطة توصيل البطارية وهي كما يتضح من الشكل نقطتان وذلك لطرفي البطارية.أما الحرف L يعني نقطة توصيل السلك أو المقاومة المراد إيجاد قيمتها.أما الحرف G فيعني نقطة توصيل الجلفانومتر.إن الخط المتقطع المرسوم بين طرف التقاطع السفلي يدل على وجود سلك توصيل من أسفل لوح صندوق البريد بين هاتين النقطتين.المفتاح المكتوب بجواره

INF لا يوجد تحته مقاومة لذلك رفعه يحدث قطع في المقاومةR_3 مما يجعلها تؤول إلى ما لانهاية. توضح الصورة رقم(١٠,١) شكل صندوق البريد وتوصيل الدائرة عملياً.

٢- اختر جهداً مناسباً من مصدر الجهد واجعله ثابتاً خلال إجراء التجربة.وتأكد من تلامس جميع المفاتيح وذلك بالضغط عليها جيداً.



الصورة رقم (١٠,١). توضح شكل صندوق البريد وتوصيل أجزاء التجربة.

٣- في العادة يكون السلك المراد إيجاد قيمة مقاومته ذو مقاومة صغيرة (اقل من واحد أوم) إذا كان مساحة مقطعه و طوله مناسب للتجربة (اقل من متر) وحسب شرط الاتزان في قنطرة ويتستون المعادلة رقم (١٠,٣) بعد ترتيبها كما يلي :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

فإنه عند اختيار قيمة R_1 لابد أن تكون اقل من قيمة R_2 وذلك لان أصغر قيمة للمقاومة R_4 هو واحد أوم. ومن ثم فان أفضل بداية تكون R_1=10 و R_2=100 و باختيار مقاومات مختلفة في R_4 مراعين الترتيب في الاختيار وملاحظة انحراف الجلفانومتر للحصول على الاتزان. وإذا لم نستطيع الحصول على الاتزان يمكن حصر قيمة المقاومةR_4 بين قيمتي مقاومتين يتأرجح فيهما الجلفانومتر على طرفي نقطة صفر الاتزان وذلك بأخذ متوسط قيمتهما. ثم عوض لحسابR_3 عن قيمة المقاومات في المعادلة السابقة :

$$\frac{R_1 \cdot R_4}{R_2} = R_3$$

٤- غير ذراعي النسبة ثم كرر الخطوات السابقة للحصول على قيمة R_4 واحسب قيمة R_3 مرة أخرى.

٥- كرر الخطوة السابقة للحصول على قيمة ثالثة للمقاومة R_3 .

٦-احسب متوسط قيمة R_3 وذلك بجمع القيم الثلاثة التي حصلت عليها وتقسيمها على ثلاثة.

٧- عند معرفة قيمة المقاومةR_3 المجهولة للسلك فإنه يمكن حساب مقاومة السلك النوعية ρ من العلاقة التالية :

$$\rho = R_3 \frac{A}{L}$$

حيث L طول السلك المطلوب إيجاد مقاومته النوعية ، A مساحة مقطع السلك و ρ المقاومة النوعية للسلك ، والمساحة توجد من العلاقة التالية :

$$A = r^2 \pi$$

حيث π ثابت وr نصف قطر السلك المطلوب إيجاد مقاومتة النوعية . استخدم المسطرة لإيجاد طول السلك والميكروميتر لإيجاد نصف قطر السلك.

obeikandi.com

القياسات والنتائج

متوسط قيمة مقاومة السلك المجهولة :

$$R_3 = \frac{R_{31}+R_{32}+R_{33}}{3} = \quad \Omega$$

طول سلك المقاومة :

$$L = \quad \text{cm}$$

نصف قطر سلك المقاومة :

$$r = \quad \text{cm}$$

المقاومة النوعية للسلك :

$$\rho = \quad \Omega \cdot \text{cm}$$

الأسئلة

١- خذ أوم ميتر (ملتميتر) خارجي وقس مقاومة السلك ثم أوجد مقاومة السلك النوعية وقارن النتيجة مع قيمة نتيجة التجربة؟

٢- ما هو تأثير طول السلك ومساحة مقطعه على مقاومة السلك اشرح ذلك بالمعادلات؟

٣- هل زيادة المقاومة النوعية للسلك أمر مرغوب فيه ولماذا؟

٤- ماذا يسمى مقلوب المقاومة النوعية وما هي وحدته؟

٥- احسب الانحراف المعياري Standard deviation والخطأ المعياري Standard error لمتوسط قيم مقاومة السلك؟

obeikandl.com

obeikandl.com

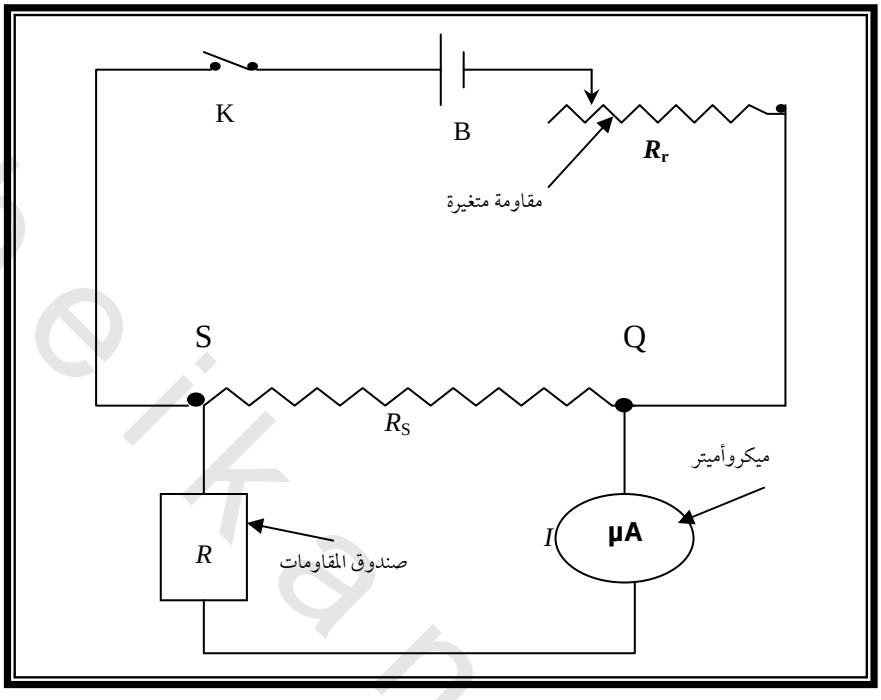
التجربة ١١

إيجاد قيمة مقاومة أميتر
Ammeter

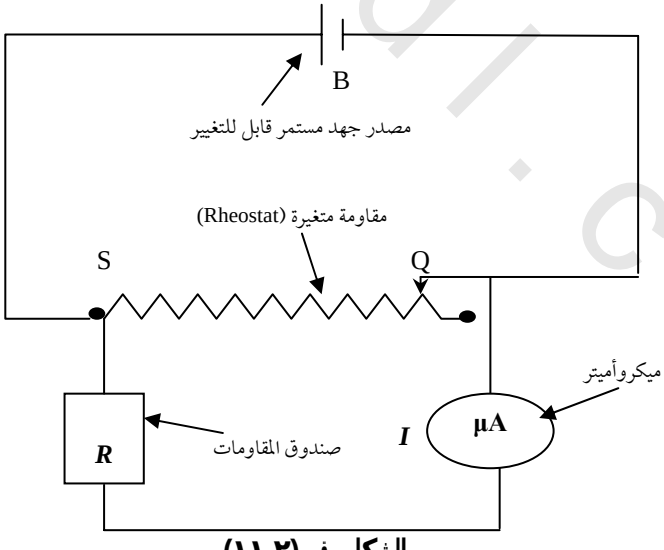
فكرة التجربة

الغرض من التجربة إيجاد قيمة مقاومة أميتر أو تعيين قيم مقاومات مجهولة. الشكل ر قم (١١,١) يبين الدائرة التي تستخدم في هذه التجربة مع مصدر جهد ثابت (بطارية) حيث تتكون من دائرتين أحداهما أساسية تتكون من بطارية B ومقاومة صغيرة R_s ومقاومة متغيرة R_r ومفتاح K موصلة معاً على التوالي. والدائرة الأخرى فرعية تتكون من صندوق مقاومات R و ميكورأميتر موصلة على التوازي بين طرفي المقاومة الصغيرة (بين النقطتين Q و S) حيث إن فرق الجهد بين النقطتين Q و S يمكن التحكم فيه بواسطة تغيير شدة التيار الكهربي المار في الدائرة الرئيسية عن طريق المقاومة المتغيرة (R_r). ويمكن تسهيل هذه الدائرة الكهربائية والاستغناء عن المقاومة الصغيرة R_s إذا كان مصدر الجهد المستمر قابلاً للتغيير ويمكن التحكم في فرق الجهد وكذلك يمكن التخلص من المقاومة المتغيرة إذا كان التيار الخارج من مصدر الجهد يمكن التحكم فيه من مصدر الجهد نفسه. ولكن لتغيير التيار مع ثبوت الجهد والحصول على تيار أكثر ثباتاً يفضل استخدام المقاومة المتغيرة بتوصيلها على التوازي مع الميكروميتر وصندوق المقاومات كما في الشكل رقم (١١,٢) .

obeikandl.com



الشكل رقم (١١,١).



الشكل رقم (١١,٢)

obeikandl.com

تقوم نظرية التجربة على قانون أوم فعند ثبوت الجهد بين , Q وS يعطى فرق الجهد بالمعادلة التالية :

$V = I\,(R + r)$ .....(١١,١)

حيث R المقاومة المرفوعة من صندوق المقاومات، r مقاومة الميكروميتر . I شدة التيار المار في الدائرة الفرعية الموجود بها الميكروميتر و V فرق الجهد بين النقطتين Q و S ومن ذلك نجد أن :

$$R = \frac{V(\text{constant})}{I} - r \quad \text{..... (١١,٢)}$$

وتدل هذه العلاقة على معادلة خط مستقيم بين متغيرين هما المقاومة (R) والمتغير الآخر هو مقلوب التيار حيث إن الجزء المقطوع من محور المقاومات R يمثل مقاومة جهاز الميكروميتر r وميل الخط المستقيم الناتج يعطي الجهد المطبق على الميكروميتر وصندوق المقاومات.

يمكن إيجاد مقاومة الميكروميتر أو الملي أميتر بطريقة أخرى خلاف طريقة الرسم البياني وهي طريقة منتصف الانحراف وتتم هذه الطريقة بضبط التيار المار في الميكروميتر بواسطة المقاومة المتغيرة أو من مصدر الجهد القابل للتغيير حتى يصل انحراف الميكروميتر إلى أعلى قيمة من تدريج الجهاز مع عدم إضافة مقاومات من صندوق المقاومات ($R = 0$) .ثم بعد ذلك نرفع مقاومات من صندوق المقاومات حتى يستقر مؤشر الميكروميتر عند منتصف التدريج بالضبط (نصف القيمة السابقة عند$R= 0$) وعند ذلك تكون مقاومة الميكرو أميتر أوالملي أميتر مساوية لمجموع قيم المقاومات المرفوعة من صندوق المقاومات. ويمكن إثبات ذلك كالتالي :

عند ضبط التيار المار في الأميتر الى أعلى تدريج كانت قيمة المقاومات من صندوق المقومات تساوي صفراً ($R = 0$) وتصبح بذلك المعادلة رقم (١١,١) كالتالي :

$V = I r$ ..... (١١,٣)

openkanal.com

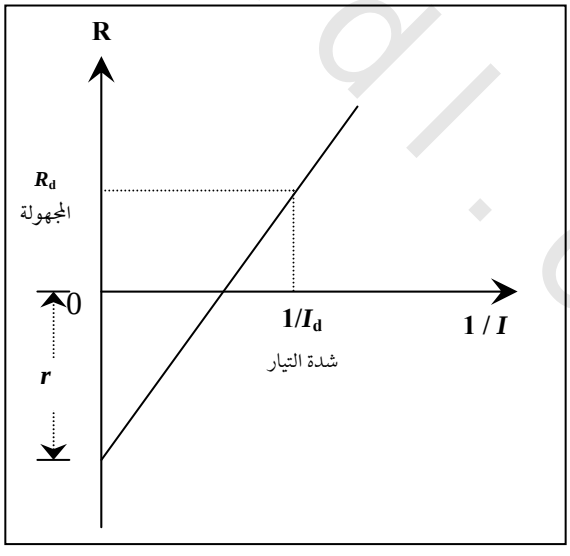
وبعد إضافة مقاومات من صندوق المقاومات لكي يصبح التيار نصف التيار السابق في المعادلة (١١,٣) نحصل على المعادلة التالية :

$$V=\frac{I}{2}(R+r) \quad \text{.....} \quad (١١,٤)$$

وحيث إن الجهد كان ثابتاً فإن المعادلة (١١,٣) تساوي المعادلة (١١,٤) فبمساواة المعادلتين بدلالة فرق الجهد ثم حذف التيار من الطرفين وترتيب المعادلة نحصل على أن R تساوي r :

$$R = r$$

كما يمكن استخدام الرسم البياني الناتج بين $1/I$ وR مع ثبوت فرق الجهد الذي أخذت عنده القراءات في إيجاد قيمة مقاومة مجهولة(R_d) عن طريق إدماج هذه المقاومة المجهولة في الدائرة الفرعية بدلاً من صندوق المقاومات ثم بتسجيل قراءة الميكروأميتر وليكن I_d وتحديد موقع مقلوبه على الرسم البياني الناتج من إجراء التجربة على المحور $1 / I$ ثم رسم خط مستقيم من هذه النقطة حتى يقطع خط الرسم في نقطة ثم بإسقاط عامودا على محور المقاومات نحصل على قيمة المقاومة المجهولة R_d. يوضح الشكل رقم (١١,٣) ذلك.



الشكل رقم (١١,٣).

obeikandl.com

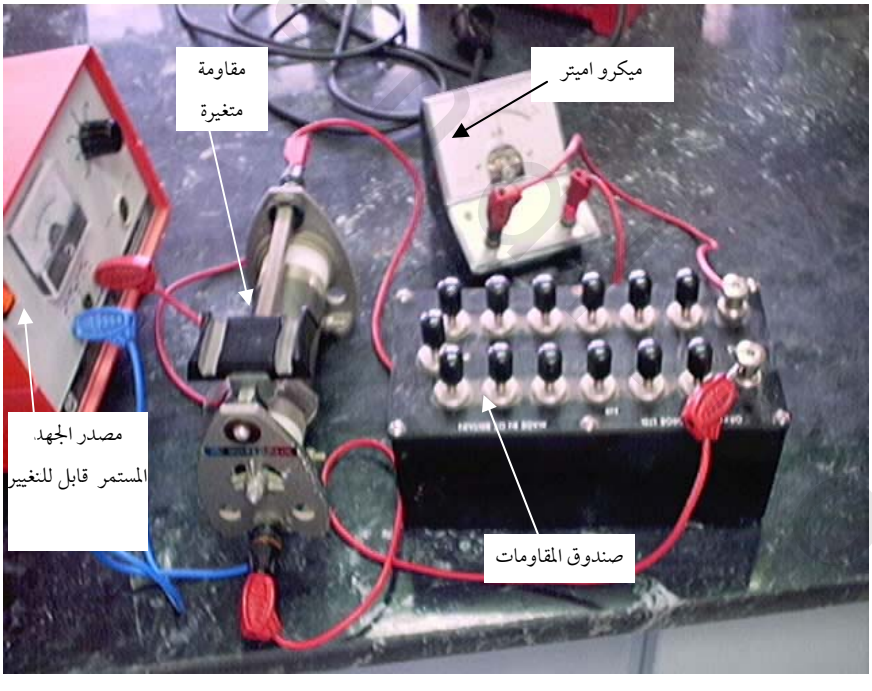
الأجهزة المستخدمة

مصدر تيار كهربائي مستمر قابل للتغير ، أسلاك توصيل ، مقاومة متغيرة (Rheostat) ميكروميتر أو مللي أميتر ، صندوق مقاومات.

خطوات العمل

١- صِل الدائرة الكهربائية كما هو مبين في الشكل رقم (١١,٢) وما يتضح لك من الصورة رقم (١١,١).

٢- عدّل من المقاومة المتغيرة وفرق الجهد من المصدر مع عدم رفع أي مقاومات من صندوق المقاومات حتى ينحرف مؤشر الميكرو ميتر لأقصى قيمة له أي نهاية تدريج الميكروميتر (أو الملي أميتر).



الصورة رقم (١١,١).

٣- ارفع قيمة معينة من صندوق المقاومات ولتكن R ومن ثم قم بتسجيل شدة التيار I المار في الدائرة الفرعية بواسطة الميكروأميتر وحسب قيمة شدة التيار بدءاً من قراءة صفر التدريج للجهاز .

٤- كرر العمل السابق في الخطوة رقم (٣) عدة مرات مع زيادة قيمة المقاومة المرفوعة من صندوق المقاومات وفي كل مرة سجل قيمة كل من R المقاومة وشدة التيار I المناظرة لكل قيمة مقاومة في الجدول رقم (١١,١) .

الجدول رقم (١١,١).

المقاومة المنزوعة R (Ω)	شدة التيار I (A)	مقلوب شدة التيار $1/I$ (A^{-1})

٥- من نتائج الجدول السابق ارسم علاقة بيانية بين R ممثلة على المحور الرأسي وبين $1/I$ ممثلة على المحور الأفقي مع أخذ ف الاعتبار أن يكون تقاطع المحاور عند نقطة الأصل(0.0). اوجد من الرسم البياني قيمة الجزء المقطوع من المحور الصادي السالب الذي يدل على قيمة مقاومة جهاز الميكروميتر (أو الملي أميتر) .

٦- احسب مقاومة الميكروأمبتر بطريقة نصف الانحراف كما سبق شرحها.

obeikandl.com

القياسات والنتائج

الجزء المقطوع من المحور الصادي السالب = أوم .

مقاومة الميكروأميتر حسب طريقة منتصف الانحراف = أوم .

الأسئلة

١- هل يجب أن تكون مقاومة الأميتر صغيرة أم كبيرة ولماذا؟

٢- ما هي وظيفة المقاومة المتغيرة في الدائرة وكيف يمكن الاستغناء عنها؟

٣- ماذا يمثل ميل الخط المستقيم الناتج في الرسم؟

٤- لماذا كان الجزء المقطوع من المحور الصادي هو مقاومة الأميتر ؟

obeikandl.com

obeikandl.com

التجربة ١٢

دراسة سعة المكثف ذي اللوحين

Parallel-plate Capacitor

نظرية التجربة

تعتمد السعة للمكثف ذي اللوحين على مساحة اللوح (A) والمسافة بين اللوحين (d) حسب المعادلة التالية :

$$C = \varepsilon \frac{A}{d} = \varepsilon_o \varepsilon_r \frac{A}{d} \quad \text{.....} \quad (١٢,١)$$

حيث ε_o يسمى ثابت النفاذية للفراغ (أو السماحية للفراغ) وتبلغ قيمته 8.85×10^{-12} F/m و ε_r ويسمى ثابت العزل للمادة وقد يسمى السماحية النسبية وليس له وحدة لأنه عندما تكون سعة المكثف في الفراغ C_o وسعته بعد وضع المادة العازلة هي C فإن هذا الثابت يكون كما يلي :

$$\varepsilon_r = \frac{C}{C_o} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_o} \quad \text{.....} \quad (١٢,٢)$$

كما تعتمد السعة للمكثف على فرق الجهد المطبق V بين طرفي المكثف والشحنة المتكونة على أحد أطرافه(Q) حسب المعادلة التالية :

obeikandl.com

$$C = \frac{Q}{V} \quad \text{.....} \quad (١٢,٣)$$

فمن المعادلة (١٢,١) يتضح أن السعة تتناسب طردياً مع مساحة اللوحين وعكسياً مع المسافة بينهما كما تعتمد على نوع المواد التي توضع بين اللوحين (العوازل) .

في هذه التجربة يمكن دراسة الشحنة المتكونة على لوح المكثف مع الجهد بين طرفيه وكذلك العلاقة بين السعة مع مساحة المكثف والمسافة بين لوحيه كما يمكن ملاحظة تأثير وجود مواد عازلة بين لوحي المكثف على سعته.

يتم قياس الشحنة بواسطة مضخم (electrometer amplifier) حيث يوصل به مكثف معروفة سعته C_A ثم يتم تحديد الشحنة بعد قياس فرق الجهد المطبق V_A عليه عند تفريغ الشحنة إليه حسب المعادلة التالية :

$$Q = C_A \cdot V_A \quad \text{.....} \quad (١٢,٤)$$

وذلك بفرض أن سعة المكثف C_A أكبر بكثير من سعة المكثف C.

أدوات التجربة

الواح مكثف ذات مساحات مختلفة مع مركب مدرج , مصدر جهد مستمر قابل للتغيير يصل إلى 300 فولت , أثنين فولتميتر , مفتاح توصيل ذو الطريقين , مضخم اليكتروميتر, أسلاك توصيل , قضيب توصيل أرضي للمضخم , مكثف معلوم القيمة (10nF).

توصيل التجربة

استعن بالشكل رقم (١٢,١) والصورة رقم (١٢,١) في توصيل التجربة ويكون التوصيل بالخطوات التالية :

١- ركب الألواح ذات المساحة الصغيرة A1 في مجرى الركاب المدرج وضع المسافة بين ألوحين بـ 4mm مستخدماً الفواصل البلاستيكية في أركان الألواح ثم

استعمل قطعة صغيرة من شريط بلاستكي لاصق لتقريب الألواح إلى بعضها في منتصفهما من الأعلى.

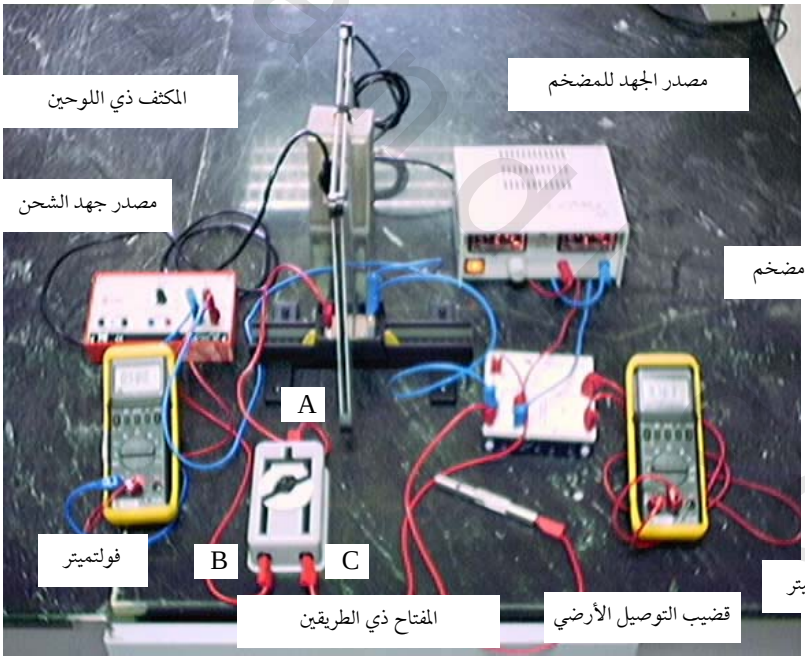
٢- صل الطرف السالب من مصدر الجهد باللوح الأيمن ثم إلى الطرف الأرضي للمضخم . ثم صل قضيب التوصيل الأرضي للمضخم.

٣- صل الطرف الموجب لمصدر الجهد بالطرف B للمفتاح ذي الطريقين.

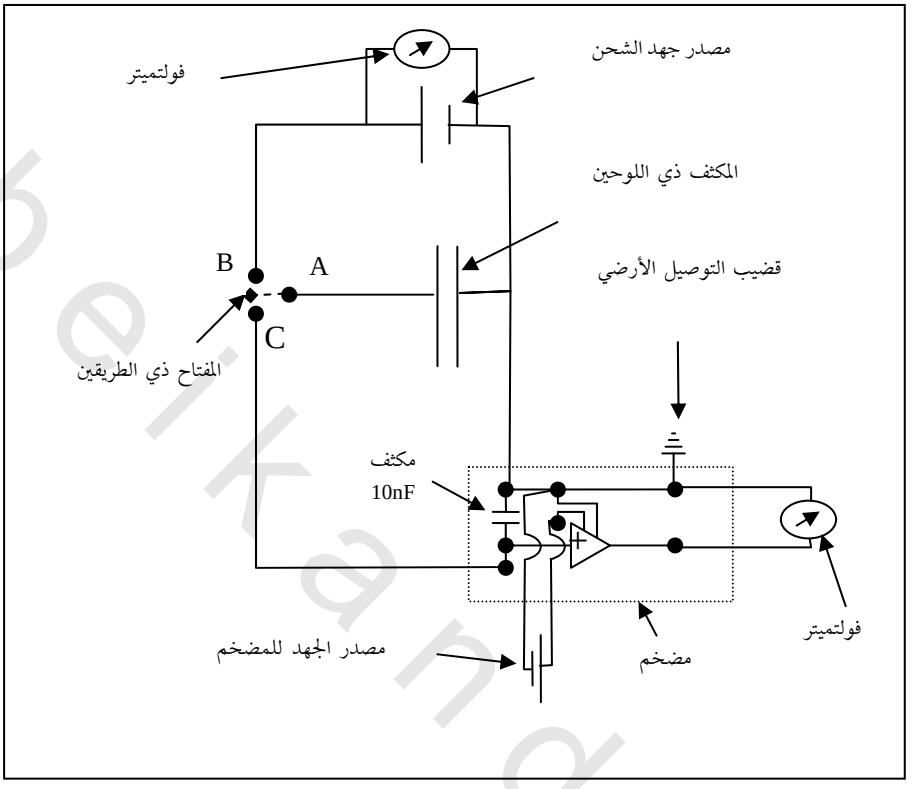
٤- صل الطرف A من المفتاح ذي الطريقين إلى اللوح الأيسر ثم صل الطرف C إلى طرف الدخل للمضخم .

٥- صل المكثف معلوم القيمة (10nF) في المضخم ثم صل فولتميتر بطرف الخرج للمضخم.

٦- صل فولتميتر بمصدر الجهد لمعرفة الجهد الخارج.



الصورة رقم (١٢,١) توضح توصيل وأجزاء التجربة.



الشكل رقم (١٢,١).

إجراء التجربة

١- دراسة العلاقة بين الشحنة وفرق الجهد للمكثف

١- تأكد أولاً من أن الفولتميتر المتصل بالمضخم يعطي قراءة صفرية و إذا لم يكن كذلك عليك تفريغ الشحنة الموجودة على المكثف ويكون ذلك بملامسة القضيب الأرضي للمضخم بلوح المكثف الأيسر والمفتاح ذي الطريقين على AC .

٢- قم بشحن المكثف وذلك بوضع المفتاح على AB واختر جهداً للشحن وليكن 50V.

obeikandi.com

٣- فرغ الشحنة إلى المضخم بعد فترة زمنية قصيرة وذلك بتحريك المفتاح ذي الطريقين الى AC ثم قم بتسجيل قراءة الفولتميتر وحولها إلى شحنة مستخدماً المعادلة (١٢,٤).

٤- صفر قراءة الفولتميتر بملامسة القضيب الأرضي للمضخم بلوح المكثف الأيسر والمفتاح ذي الطريقين على AC ثم أرجع توصيل المفتاح إلى AB و زد جهد الشحن زيادات ثابتة وكرر الخطوات السابقة إلى 250V وسجل قراءاتك في الجدول رقم (١٢,١).

٥- غير مساحة ألواح المكثف إلى الألواح ذات المساحة الكبيرة A2 ثم كرر الخطوات السابقة عند نفس فروق الجهد كما في الجدول رقم (١٢,١).

٦- ارسم العلاقة بين الشحنة على المحور الصادي والجهد على المحور السيني للمساحتين المختلفتين كل على حدة ثم أوجد ميل الرسم لكل منهما حيث يمثل سعة المكثف حسب العلاقة (١٢,٣).

٢- دراسة العلاقة بين الشحنة ونوع العازل للمكثف

١- أدخل لوح البولستيرين Polystyrene بين لوحي المكثف ذي المساحة A2 وتأكد من ملامسة الألواح بلوح البولستيرين من جانبيه مستعيناً بشريط لاصق لذلك.

٢- قم بشحن المكثف ذي اللوحين وبتسجيل الشحنة علية حسب فرق الجهد كما سبق في الجزء السابق وسجل قراءاتك في الجدول (١٢,٢).

٣- أعد الخطوات السابقة بعد وضع لوح الزجاج بين لوحي المكثف وسجل الشحنة حسب فرق الجهد كما سبق في الجدول (١٢,٢).

obeikandi.com

٤- ارسم العلاقة بين الشحنة على المحور الصادي والجهد على المحور السيني لكل من البولسترين والزجاج ثم أوجد الميل لكل منهما وهو عبارة عن السعة للمكثف في الحالتين وقارن هذه القيمة مع قيمة السعه للمكثف عندما كان العازل هواء. ثم أوجد ثابت السماحية النسبية لكل من البولسترين والزجاج من العلاقة (١٢,٢) بعد حساب السعة للفراغ نظرياً من المعادلة (١٢,١).

٣- دراسة العلاقة بين الشحنة و المسافة الفاصلة بين لوحي المكثف

١- اختر فرق جهد ثابت لشحن المكثف ذي المساحة الكبيرة خلال فترة إجراء التجربة وليكن 200V.

٢- اختر مسافة بين اللوحين ولتكن 1mm ثم قم بشحن والتفريغ وتسجيل الشحنة كما سبق شرحه في الجزء الأول.

٣- زد المسافة بين اللوحين بمقدار واحد ملي ثم كرر الخطوات السابق لتسجيل المسافة والشحنة حتى 6mm . استعن بالفواصل البلاستيكية لاحظ إن سمك هذه الفواصل على الجانبين يساعدك في تغيير المسافة بين الألواح. سجل النتائج في الجدول رقم (١٢,٣) واحسب قيمة السعة من العلاقة (١٢,٣) حيث V سوف يكون 200V.

٤- ارسم علاقة بين السعة على المحور الصادي ومقلوب المسافة (d^{-1}) على المحور السيني. أوجد الميل (slope) ثم أوجد ثابت السماحية للهواء من العلاقة التالية :

$$\varepsilon_{air} = \frac{slope}{\varepsilon_o A}$$

obeikandi.com

الجدول رقم (١٢,١).

الشحنة Q للمساحة A2 (C)	الشحنة Q للمساحة A1 (C)	فرق الجهد المطبق (V)

الجدول رقم (١٢,٢).

الشحنة Q (glass) (C)	الشحنة Q (polystyrene) (C)	فرق الجهد المطبق (V)

الجدول رقم (١٢,٣).

C (pF)	الشحنة Q (C)	d^{-1} (m^{-1})	d (m)

obeikandi.com

القياسات والنتائج

مساحة الألواح الصغيرة A1 :

A1= m^2

مساحة الألواح الكبيرةA2 :

A2= m^2

سعة المكثف عندما يكون العازل هو الهواء للمساحة الصغيرة A1 :

C_{A1}: F

سعة المكثف عندما يكون العازل هو الهواء للمساحة الكبيرة A2 :

C_{A2}: F

سعة المكثف عندما يكون العازل هو البولسترين للمساحة الكبيرة A2 :

C_{poly}: F

سعة المكثف عندما يكون العازل هو الزجاج للمساحة الكبيرة A2 :

C_{glass}: F

ثابت السماحية للبولسترين : ε_{poly} =

ثابت السماحية للزجاج : ε_{glass} =

ثابت السماحية للهواء : ε_{air} =

الأسئلة

١- عند شحن المكثف كيف يكون توصيل المكثف مع مصدر الجهد على التوازي أم على التوالي؟

٢- ما هو تأثير مساحة اللوح على سعة المكثف ؟ برر إجابتك بالنتيجة العملية والجانب النظري.

٣- ما سبب اختلاف ثابت السماحية للمواد المستخدمة في التجربة؟

٤- إذا كان هناك نسبة خطأ في نتيجة التجربة فمن أين تتوقع مصدر سبب الخطأ في التجربة؟

obeikandi.com

التجربة ١٣

تعجيل شحنة الإلكترون بواسطة المجال الكهربائي

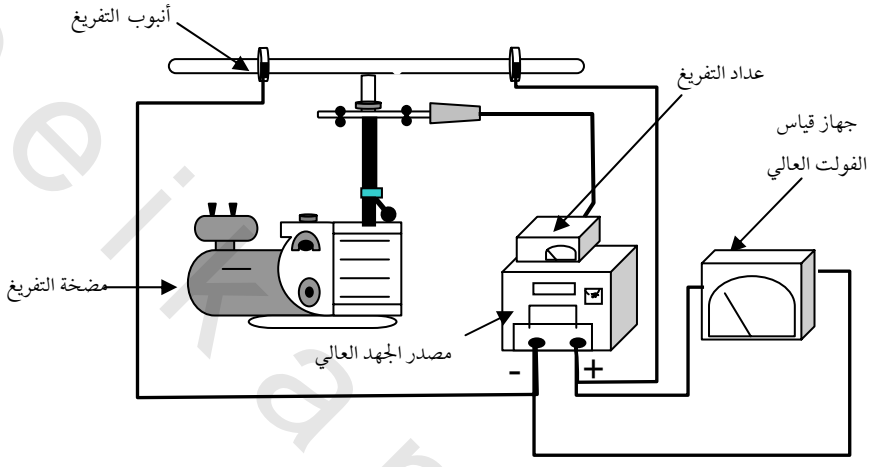
نظرية التجربة

عند الضغط الجوي العادي توجد الايونات الموجبة والسالبة في أنبوب التفريغ نتيجة للعوامل الخارجية (تأثير الأشعة الكونية) بالإضافة إلى الجزئيات المتعادلة. هذه الأيونات تتحرك إلى القطب السالب أو الموجب حسب قطبيتها عند تطبيق المجال الكهربائي. و خفض الضغط في الأنبوب يزيد طول المسار الحر للجزئيات والأيونات. وعند الجهد العالي المناسب بين القطبين ونتيجة السرعة العالية للأيونات تبعث الأيونات الموجبة الإلكترونات عند تصادمها مع القطب السالب والتي تتحرك إلى القطب الموجب و في طريقها تقوم بتأيين الجزئيات المتعادلة ويسمى بالتصادم التأييني (impact ionization). وتكتسب الإلكترونات طاقتها الحركية في الأنبوب من خضوعها للمجال الكهربائي العالي.

و إذا كان القطب الموجب والقطب السالب مطليين بمادة قابلة للتوهج فسوف تظهر استضاءة بالقرب من القطب الموجب نتيجة لاصطدام الإلكترونات به والاستضاءة بالقرب من القطب السالب نتيجة لاصطدام الأيونات الموجبة به.

obeikandl.com

في هذه التجربة يمكن ملاحظة حدوث مثل هذه الاستضاءة وتقدير الطاقة الحركية للالكترونات عند تصادمها مع القطب الموجب نتيجة لخضوعها للمجال الكهربائي. الشكل رقم (١٣,١) يوضح أنبوبة التفريغ متصلة بمصدر الجهد العالي.



الشكل رقم (١٣,١) يبين توصيل تجربة تعجيل شحنة الإلكترون بواسطة المجال الكهربائي .

فعند تطبيق شدة مجال الكهربائي E وحدوث الشرارة الحمراء البنفسجية تعطى قيمة E بالعلاقة التالية :

$$E = \frac{V}{D} \quad \text{.....(١٣,١)}$$

حيث إن :

V هي الجهد العالي المطبق بالفولت .

D هي المسافة من القطب الموجب إلى السالب في الأنبوب .

E هي شدة المجال الكهربائي محسوبة بوحدات نيوتن / كولوم (N/C) .

ويمكن حساب طاقة حركة الإلكترونات في انطلاقها بين القطبين من المعادلة التالية :

obeikandl.com

الطاقة الحركية المكتسبة KE = فرق الجهد(V) × قيمة الشحنة(q) أي أن :

$$KE = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = q \cdot V \quad \text{.....} \quad (١٣,٢)$$

$$\therefore 0.5m.v^2 = qV$$

حيث v هي سرعة الإلكترونات, m هي كتلة الإلكترون, q هي شحنة الإلكترون,V هي الجهد العالي المطبق بالفولت .

فبمعرفة الجهد يمكن حساب الطاقة الحركية للإلكترون (KE) وكذلك سرعته ويمكن حساب متوسط أقصر طول موجي للأشعة غير المرئية والناتجة من الإثارة من تصادم الإلكترونات مع جزيئات الوسط حيث إن طاقة الإثارة E_{EX} تعطى بالعلاقة التالية :

$$E_{EX} = h\upsilon$$

حيث إن :

E_{EX} هي طاقة الإثارة.

h هي ثابت بلانك ويساوي $6.6\times10^{-34} J.Sec$.

υ هي تردد الأشعة الناتجة من التصادم.

ويمكن كتابة المعادلة السابقة على الصورة التالية :

$$E_{EX} = h \cdot \upsilon = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

حيث إن :

c هي سرعة الضوء وتساوي 3×10^{8} m/Sec, λ هي الطول الموجي لأ قصر أشعة صادرة.

من ذلك نجد أن طاقة ألإثارة بوحدة الإلكترون فولت(eV) :

obeikandl.com

$$E_{EX} = \frac{1.24\ (\mu m)(\mathrm{eV})}{\lambda(\mu m)}$$

$$\mu m = 10^{-6} m$$

أجهزة التجربة

أنبوبة التفريغ وبها قطبان كهربائيان , مصدر جهد عالي, مضخة تفريغ , مقياس تفريغ , أنابيب التفريغ والمحابس اللازمة لذلك.

خطوات العمل

١- صل مجموعة أجهزة التجربة مستعيناً بالشكل رقم (١٣,١) والصورة رقم (١٣,١).

٢- شغل مضخة التفريغ الأولية مع إغلاق فتحة دخول الهواء وانتظر قليلاً ليحدث التفريغ الجيد في الأنبوب ثم قم بزيادة فرق الجهد بصورة متدرجة حتى تصل إلى المقدار الذي يسمح بحدوث الشرارة الحمراء البنفسجية داخل الأنبوبة .

٣- احسب شدة المجال المطبق بمعرفة الجهد المطبق بالفولت والمسافة بين القطبين بالأمتار من المعادلة (١٣,١).

٤- كرر الخطوات السابقة عدة مرات وفي كل مرة احسب شدة المجال (E). ثم احسب قيمة المتوسط الحسابي لها في الجدول رقم (١٣,١).

٥- احسب الطاقة الحركية للإلكترون(KE) من المعادلة (١٣,٢).

٦-احسب سرعة الإلكترون كذلك من المعادلة (١٣,٢).

٧- احسب الطاقة الحركية للإلكترون بوحدة eV (التي أصبحت طاقة لإثارة الاصطدام) حيث إن :

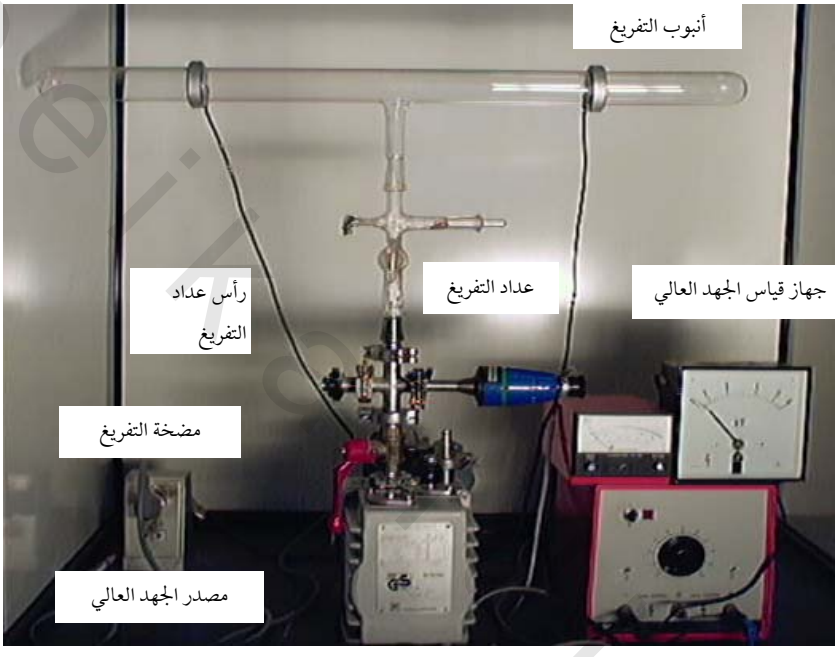
$$1eV = 1.6x10^{-19}\ J$$

obeikandl.com

٨- احسب أقصر طول موجي ناتج من الإثارة من العلاقة التالية :

$$E_{EX} = \frac{1.24 \quad (\mu m)(\text{eV})}{\lambda\,(\mu m)}$$

٩- قدر أين يقع الطول الموجي بالنسبة للموجات الكهرومغناطيسية .



الصورة رقم (١٣,١). توضح أجزاء وتوصيل التجربة.

الحسابات والنتائج

الجدول رقم (١٣,١)

الجهد الكهربائي **(V)**	**شدة المجال الكهربائي** **(N/C)**

متوسط قيمة الجهد الكهربائي = V

متوسط قيمة المجال الكهربائي = N/C

الطاقة الحركية للإلكترون(KE) بوحدة الجول تساوي :

KE = J

الطاقة التي يكتسبها الإلكترون بوحدة الإلكترون فولت تساوي :

KE = eV

أقصر طول موجي ناتج من الإثارة يساوي :

$\lambda =$ μm

الأسئلة

١- ما الحاجة إلى التفريغ في هذه التجربة؟

٢- كيف تعمل مضخة التفريغ ؟

٣- ما العلاقة بين المجال الكهربائي والجهد الكهربائي؟

٤- لماذا يفضل استخدام وحدةً الإلكترون فولت وليس الجول في حساب بعض نتائج الطاقة؟

٥- احسب الانحراف المعياري والخطأ المعياري لقيمة الجهد الذي تحدث عنده ألاستثارة.

obeikandl.com

التجربة ١٤

تعيين نسبة الشحنة إلى الكتلة للإلكترون

نظرية التجربة

تعتمد نظرية التجربة على دراسة انحراف حزمة من الإلكترونات بواسطة مجال مغناطيسي متجانس وإيجاد النسبة بين شحنة الإلكترون إلى كتلته. عندما يمر إلكترون ذو كتله m وشحنة مقدارها q وذو سرعة ثابتة مقدارها v خلال مجال مغناطيسي متجانس B عمودي على اتجاه حركة الإلكترون. سوف يخضع هذا الإلكترون لقوة عمودية عليه (قوة لورنتز) وعمودية على المجال المغناطيسي(حسب قاعدة اليد اليمنى) وتعطى هذه القوة بالعلاقة التالية :

$$F = q\,B\,v \qquad (١٤,١)$$

هذه القوة تجعل الشحنة تتحرك في مسار دائري نصف قطره r مما يجعل هذه القوة تأخذ قانون الطرد المركزي :

$$F = \frac{m v^2}{r} \qquad (١٤,٢)$$

وحيث إن الإلكترون اكتسب طاقته الحركية نتيجة لوجوده في مجال كهربائي لذلك يمكن تحديد سرعته بمقدار الجهد الكهربائي كما يلي :

obeikandl.com

$$\frac{1}{2} m v^2 = qV \quad \text{.....} \quad (١٤,٣)$$

$$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

وبمساواة المعادلة (١٤,١) و(١٤,٢) سوف نحصل على العلاقة التالية :

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{B\,r} \quad \text{.....} \quad (١٤,٤)$$

وبالتعويض عن قيمة السرعة v من المعادلة (١٤,٣) في المعادلة (١٤,٤) سوف نحصل على العلاقة :

$$\frac{q}{m} = \frac{2V}{B^2}\frac{1}{r^2} \quad \text{.....} \quad (١٤,٥)$$

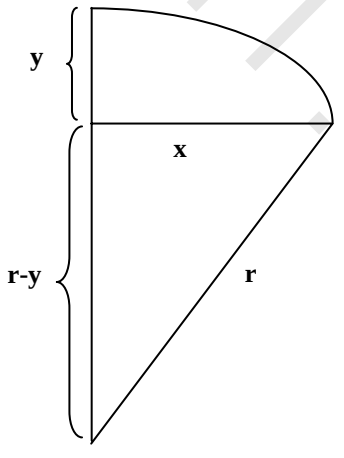
ويمكننا حساب r نصف القطر حسب المحورين x و y كما هو موضح في الشكل رقم (١٤,١) كالتالي :

$$r^2 = x^2 + (r - y)^2$$

$$r^2 = x^2 + r^2 - 2yr + y^2$$

$$2yr = x^2 + y^2$$

$$r = \frac{x^2 + y^2}{2y} \quad \text{.....} \quad (١٤,٦)$$



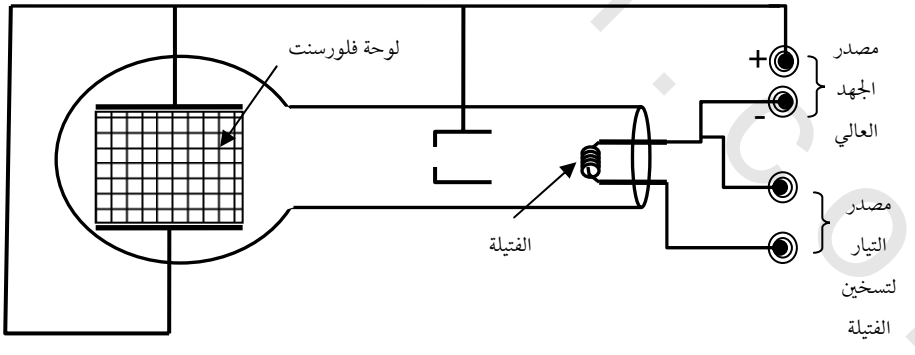
الشكل رقم (١٤,١)

obeikandl.com

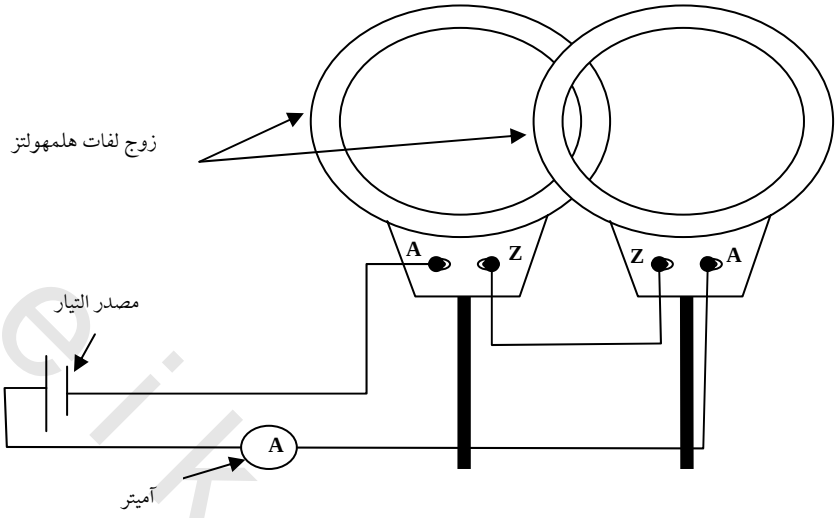
تجرى هذه التجربة بواسطة تكوين حزمة من الإلكترونات في أنبوب مفرغ وذلك بتسخين فتيلة في بداية الأنبوب بتمرير تيار كهربائي بها ثم تسحب الإلكترونات من الفتيلة بتطبيق فرق جهد عالي مما يجعل الإلكترونات تندفع إلى القطب الموجب فتمر على لوحة و ميضية (فلورسنتية) و يتم تطبيق مجال مغناطيسي على الإلكترونات مما يسبب انحرافها لذلك نجد أن التوصيل في هذه التجربة يكون توصيلين هما :

• توصيل خاص بتوليد الإلكترونات وتسريعها وهو توصيل الأنبوب بمصدر الجهد العالي ومصدر تسخين الفتيلة ويبين هذا التوصيل الشكل رقم (١٤,٢).لاحظ في هذا التوصيل أن الفتيلة تصل بمصدر لتيار يقارب 6 amper وذو جهد صغير متردد يجب أن لا يتجاوز 6V لسلامة الفتيلة. بينما مصدر الجهد اللازم لسحب وتعجيل الالكترونات من الفتيلة ذو جهد عالي قد يصل إلى 5 kV وذو تيار صغير في حدود 3mA.

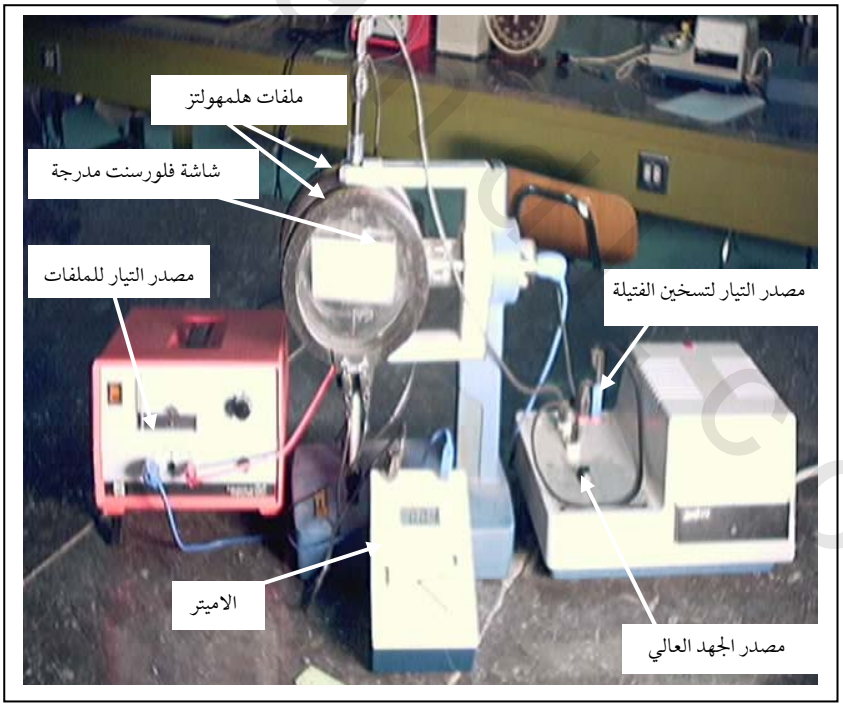
• توصيل خاص بملفات هلمهولتز المكونة للمجال المغناطيسي ويبين هذا التوصيل الشكل رقم (١٤,٣). حيث يتضح من الشكل أن الملفين متصلين على التوالي مع بعضهما وكذلك مع الأميتر. وتوضع الملفين على جانبي اللوحة التي سوف تمر عليها حزمة الالكترونات(كما يتضح لك من الصورة رقم (١٤,١) لكي يكون المجال المتكون عمودياً على الحزمة (الشحنة) .



الشكل رقم (١٤,٢). يبين توصيل الجهد العالي وتوصيل الفتيلة (الهبط).



الشكل رقم (١٤,٣) يبين توصيل ملفات هلمهولتز في التجربة.



الصورة رقم (١٤,١)

obeikandl.com

الأجهزة

أنبوبة أشعة المهبط , زوج ملفات هلمهولتز , مصدر جهد عالي , مصدر جهد منخفض, أميتر , مجموعة أسلاك توصيل.

خطوات إجراء التجربة

١- صل أجهزة التجربة مستعيناً بكل من الشكل رقم (١٤,٢) و(١٤,٣) والصورة رقم (١٤,١).

(يجب ملاحظة أن أنبوبة أشعة المهبط تعمل بمصدر جهد عالي لذلك يجب التأكد من فصل التيار العام عند عمل التوصيلات الكهربائية . وعدم لمس الأجزاء المكشوفة من الأسلاك بتاتاً , مع الحرص الشديد عند توصيل الفتيلة بالمصدر الكهربائي و أن لا يزيد الجهد الخاص بالفتيلة عن 6 فولت .لذلك يجب التأكد من ذلك قبل البدء في التجربة وقبل التشغيل).

٢- مرر تياراً لتسخين الفتيلة بالأنبوبة ثم أغلق دائرة الجهد العالي واستخدم جهدا مناسبا للمصعد وليكن 3500V سيظهر خط مضيء أفقي على الشاشة(نتيجة تأين الغاز بالالكترونات).

٣- مرر تياراً مناسباً في ملفات هلمهولتز وسجل الانحراف الحاصل للشعاع لكل من x وy على الشاشة ثم احسب قيمة r حسب العلاقة (١٤,٦). ثم احسب المجال المغناطيسي الناشئ من مرور التيار تبعاً للعلاقة التالية :

$$B = \mu_0 \frac{8N}{R\,5\sqrt{5}} \cdot I$$

حيث μ_0 هي النفاذية المغناطيسية للفراغ , N عدد اللفات في كل ملف وقيمته 320 لفة , و R هو متوسط نصف قطر الملف وقيمته 0.068 m , I شدة التيار المار في الملفات. وبالتعويض في العلاقة السابقة بقيم الثوابت نجد أن قيمة B يمكن حسابها مباشرة من المعادلة التالية :

obeikandl.com

$$B = I \times 4.24 \times 10^{-3} T$$

٤- احسب نسبة الشحنة إلى الكتلة للإلكترون q/m من العلاقة رقم (١٤,٥) وسجل جميع نتائجك في الجدول رقم (١٤,١).

٥- كرر الخطوات السابقة عند نفس الجهد العالي(3500V) ولكن بتغيير مقدار التيار في الملفات وفي كل مرة أوجد النسبة q/m مدوناً النتائج في الجدول رقم (١٤,١) ثم احسب متوسط قيمة نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته.

الجدول رقم (١٤,١)

q/m (C/Kg)	B (T)	Y (m)	X (m)	A (Amper)

النتيجة النهائية

متوسط قيمة نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته (q/m) :

$$q/m = \frac{+ \quad + \quad + \quad + \quad + \quad +}{7} = \quad \frac{C}{Kg}$$

obeikandl.com

الأسئلة

١- ما وظيفة ملفات هيلمولتز في التجربة؟ وكيف يكون التوصيل بينها؟

٢- ارسم مسار الإلكترونات والمجال المغناطيسي والقوة الناتجة عليها؟

٣- ما هو سبب ظهور لون معين لمسار الإلكترونات؟

٤- لماذا يتم استخدام جهد عالي في التجربة؟

٥- احسب الانحراف المعياري والخطأ المعياري لنتيجة التجربة؟

obeikandl.com

obeikandl.com

التجربة ١٥

دراسة انحراف الإلكترون نتيجة إلى دخوله في مجال مغناطيسي بملاحظة المسار الدائري كاملا

فكرة التجربة

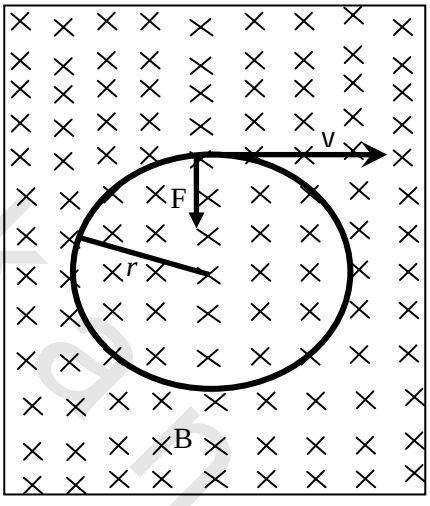
إن هذه التجربة يشاهد فيها انحراف الإلكترون بشكل كاملاً نتيجة إلى دخوله بسرعة v في مجال مغناطيسي. هذه التجربة تختلف عن التجربة السابقة بأن نصف قطر المسار الدائري يحسب مباشرة من مشاهدة هذا المسار. فالأنبوب الذي تنحرف فيه الإلكترونات كبير بحيث يسمح بملاحظة الدوران الكامل للإلكترون. وتتفق هذه التجربة مع السابقة في النظرية والقوانين التي تشرح سلوك الإلكترون في هذا الوضع. بمرور الإلكترون ذو كتله m وشحنة مقدارها q وذو سرعة ثابتة مقدارها v خلال مجال مغناطيسي متجانس B عمودي على اتجاه حركة الإلكترون سوف يخضع هذا الإلكترون لقوة عمودية عليه وعمودية على المجال المغناطيسي(حسب قاعدة اليد اليمنى) وتعطى هذه القوة بالعلاقة التالية :

$$F = q\,B\,v \qquad (١٥,١)$$

obeikandl.com

هذه القوة تجعل الشحنة تتحرك في مسار دائري نصف قطره r (كما يوضح الشكل رقم (١٥,١)) مما يجعل هذه القوة تأخذ قانون الطرد المركزي :

$$F = \frac{m v^2}{r} \quad \text{.....} \quad (١٥,٢)$$



الشكل رقم (١٥,١).

وحيث إن الإلكترون اكتسب طاقته الحركية نتيجة لوجوده في مجال كهربائي لذلك يمكن تحديد سرعته بمقدار الجهد الكهربائي كما يلي :

$$\frac{1}{2} m v^2 = qV \quad \text{.....} \quad (١٥,٣)$$

$$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

وبمساواة المعادلة (١٥,١) و (١٥,٢) سوف نحصل على :

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{Br} \quad \text{.....} \quad (١٥,٤)$$

وبالتعويض عن قيمة v من المعادلة (١٥,٣) في المعادلة(١٥,٤) نحصل على :

obeikandl.com

$$\frac{q}{m} = \frac{2V}{B^2}\frac{1}{r^2} \quad \text{..... (١٥,٥)}$$

إن المجال المغناطيسي (B) يتم التحكم فيه بمقدار التيار(I) المار في الملفين وذلك من خلال العلاقة :

$$B = K \cdot I \quad \text{..... (١٥,٦)}$$

حيث K هو ثابت التناسب بين التيار والمجال المغناطيسي. تحسب قيمة هذا الثابت حسب قوانين هيلمولتز للوضع المرتب فيه الملفين في هذه التجربة بالعلاقة :

$$K = \mu_o \cdot \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{n}{R} \quad \text{..... (١٥,٧)}$$

حيث n هو عدد اللفات لكل ملف , R هو نصف قطر الملف و μ_o هو ثابت النفاذية المغناطيسية.

يتم توليد الإلكترونات بتسخين الفتيلة ثم تسحب الإلكترونات من الفتيلة بتطبيق فرق جهد عالي مما يجعل الإلكترونات تندفع إلى القطب الموجب القريب من الفتيلة لذلك يلاحظ في هذا الجهاز صغر الجزء القاذف للإلكترونات. تخرج الإلكترونات في الأنبوب الذي يحتوي على جزئيات الهيدروجين عند ضغط منخفض فتصطدم الإلكترونات مع جزئيات الهيدروجين مما يبعث ضوء يمكن من خلاله مشاهدة مسار الإلكترونات.

في هذه التجربة تكون ثلاث توصيلات هم :

• توصيل خاص بتوليد الالكترونات وتسريعها وهو توصيل الأنبوب بمصدر الجهد العالي ومصدر تسخين الفتيلة. إن الفتيلة توصل بمصدر لتيار يقارب 1amper وذو جهد صغير متردد يجب أن لا يتجاوز الجهد 7.5 V لسلامة الفتيلة. بينما مصدر الجهد اللازم لسحب وتعجيل الالكترونات من الفتيلة ذو جهد عالي قد يصل إلى 5 kV وذو تيار صغير في حدود 3mA.

• توصيل خاص بملفات هلمهولتز المكونة للمجال المغناطيسي. يكون الملفان متصلين على التوالي مع بعضهما وهذا الاتصال مخفي داخل الجهاز ثم يتم توصيل الأميتر لقراءة التيار الذي سوف يمر بهم من مصدر مستقل. لاحظ وجود الملفين على جانبي الأنبوب لكي تكون المجال المغناطيسي.

• توصيل اسطوانة وينليت (Wehnelt-cylinder) بجهد من 0 إلى 10 فولت وذلك لتجميع حزمة الإلكترونات قبل خروجها من هذه الاسطوانة مما يجعلها ضيقة العرض وهذا يسهل تحديد حواف الحزمة.

الأجهزة

الجهاز الرئيسي لهذه التجربة يحتوي على أنبوبة حزمة الإلكترون و زوج ملفات هلمهولتز متصلة على التوالي . مصدر جهد عالي ذو تيار منخفض و مصدر جهد منخفض ومتوسط (ممكن وجود هذه المصادر في جهاز واحد) , أميتر , مصدر تيار إلى 2A , فولتميتر, مجموعة أسلاك توصيل.

خطوات إجراء ألتجربة

١- يفضل القيام بالتجربة في مكان أو صندوق مظلم لوضوح مسار الإلكترون. صل أجهزة التجربة مستعيناً بكل من الشكل رقم (١٥,٢) والصورة رقم (١٥,١). لسلامة ملفات هيلمولتز تأكد من عدم زيادة التيار من المصدر عن 1.5A .قم بتوصيل النقاط a وb وc فيما بينها كما في الشكل رقم (١٥,٢) لأنها غير موصلة في لوحة التوصيل الأساسية في الجهاز الرئيسي.

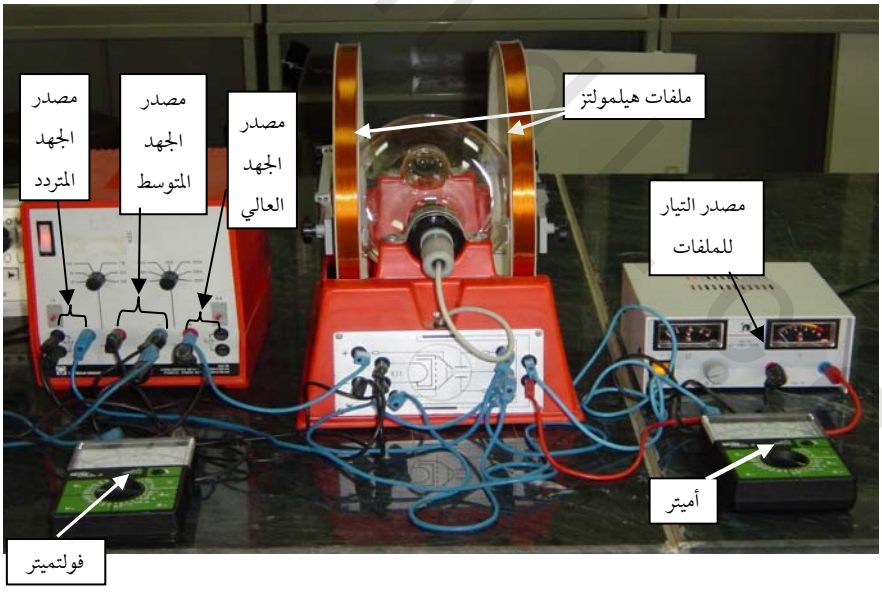
obeikandl.com

٢- قم بزيادة جهد التسريع العالي إلى ما يقارب 3000V ثم زد التيار المار بلمفات هيلمولتز من مصدر التيار المستمر إلى ما يقارب 1A . انتظر بعض الدقائق لروئية المسار(وقت تسخين الفتيلة). إذا كان المسار منحرفا إلى اليسار قم بعكس توصيل ملفات هيلمولتز.

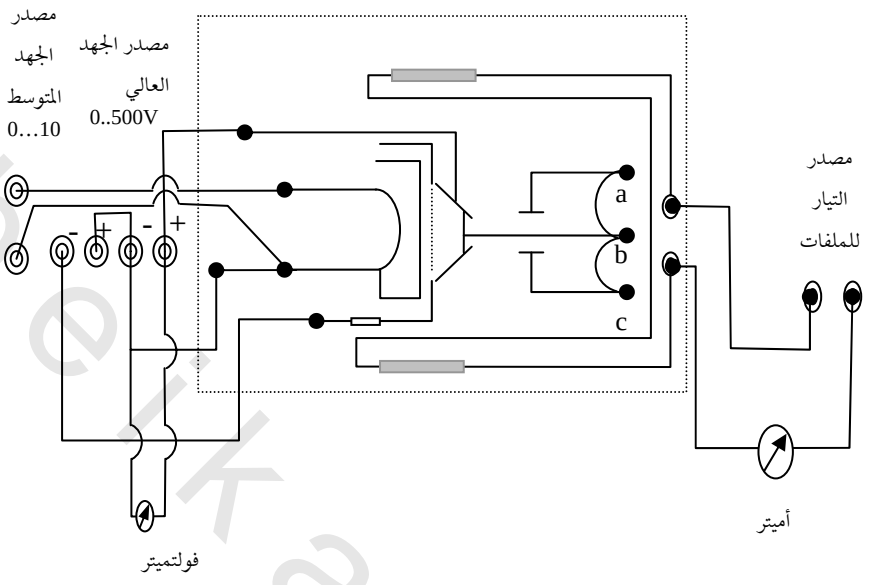
٣- خذ مقياس نصف القطر للمسار الدائري للإلكترونات من الجانب الأيمن للجهاز الرئيسي حيث ينعكس في المرآة الموجودة في الجانب الأيسر للجهاز وتستخدم الزوالج البلاستيكية لتسهيل أخذ القراءة كما يوضح ذلك الشكل رقم (١٥,٣).

٤- قم بزيادة التيار تدريجياً وسجل نصف القطر المناظر في الجدول رقم (١٥,١). احسب المجال المغناطيسي B حسب المعادلة (١٥,٧) والمعادلة (١٥,٦) بعد حساب الثابت K من معرفة عدد اللفات n ونصف القطر R. احسب مقدار النسبة بين شحنة الإلكترون إلى كتلته حسب المعادلة (١٥,٥).

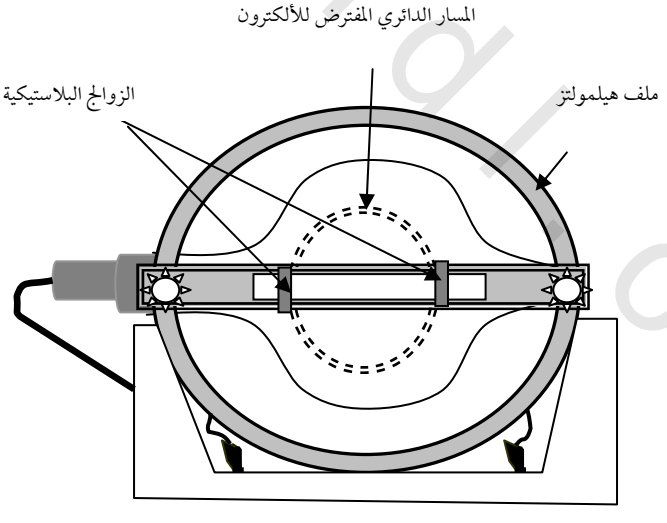
٥- احسب المتوسط الحسابي للقيمة النهائية.



الصورة رقم (١٥,١) توضح أجزاء التجربة.



الشكل رقم (١٥,٢). يوضح توصيل أجزاء التجربة.



الشكل رقم (١٥,٣).

obeikandl.com

القيم والنتائج

عدد لفات ملفات هيلمولتز n :

نصف قطر ملفات هيلمولتز R :

قيمة الثابت K :

فرق الجهد العالي :

الجدول رقم (١٥,١).

I (A)	r (m)	B (T)	q/m (C/kg)

النتيجة النهائية

متوسط قيمة نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته (q/m) :

$$q / m = \text{———————} = \frac{C}{kg}$$

obeikandl.com

الأسئلة

١- ما وظيفة ملفات هيلمولتز في التجربة؟ وكيف يكون التوصيل بينها؟

٢- ارسم مسار الإلكترونات والمجال المغناطيسي والقوة الناتجة عليها؟

٣- ما هو سبب ظهور لون معين لمسار الإلكترونات؟

٤- لماذا يتم استخدام جهد عالي في التجربة؟

٥- احسب الانحراف المعياري والخطأ المعياري لنتيجة التجربة؟

obeikandl.com

التجربة ١٦

تعيين سعة مكثف باستخدام دائرة تيار متردد

نظرية التجربة

تعتمد فكرة التجربة على دراسة ممانعة دائرة تحتوي على مكثف ومقاومة لمرور تيار متردد وإيجاد قيمة سعة المكثف. فعندما يكون هناك جهد متردد بين لوحي مكثف سعته C فاراد فإن التيار يعطى بالعلاقة :

$$I = \frac{V}{X_C} \quad \text{.....(١٦,١)}$$

حيث XC يسمى الرد السعوي أو المفاعلة السعوية Capacitive reactance للمكثف ويقاس بوحدة الأوم (Ω). وتعطى قيمة الرد السعوي حسب قيمة سعة المكثف (C) وتردد فرق الجهد F بالمعادلة التالية :

$$X_C = \frac{1}{2\pi FC} \quad \text{..... (١٦,٢)}$$

وعند إدخال مقاومة على التوالي R في الدائرة مع المكثف فإن التيار خلال الدائرة يعطى بالعلاقة التالية :

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} \quad \text{..... (١٦,٣)}$$

obeikandl.com

حيث Z يسمى معاوقة الدائرة وتقاس بالأوم. و يمكن ترتيب المعادلة (١٦,٣) على الصورة التالية :

$$R^2 = \frac{V^2}{I^2} - X_C^2 \quad \text{.....} \quad (١٦,٤)$$

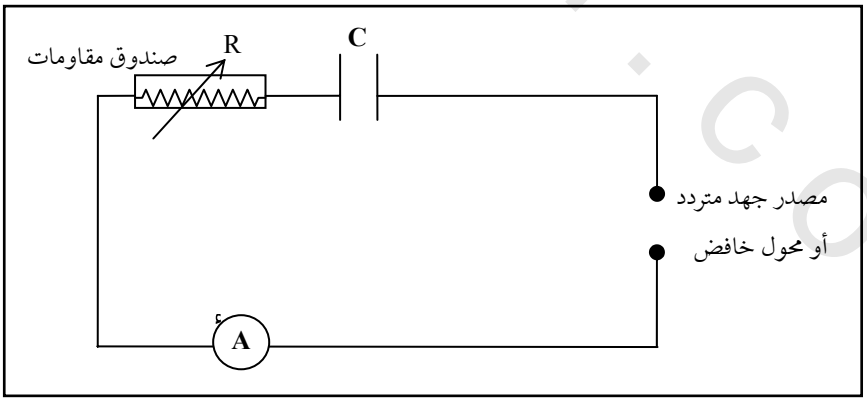
وذلك لرسم العلاقة البيانية بين مربع المقاومة على المحور الصادي ومقلوب مربع التيار على المحور السيني لتعطي بذلك علاقة خط مستقيم تقاطعه مع المحور الصادي يساوي مربع الرد السعوي X_C^2 وحسب المعادلة رقم (١٦,٢) يمكن إيجاد قيمة السعة بمعرفة التردد.

الأجهزة المستخدمة

مصدر جهد متردد, مكثف , صندوق مقاومات، أميتر ، أسلاك توصيل.

خطوات التجربة

١- صل الدائرة كما هو مبين في الشكل رقم (١٦,١) وما يتضح لك من الصورة رقم (١٦,١) .اختر فرق جهد مناسب يعطي تيارا مناسبا (يصل إلى أعلى تدريج الأميتر) ثم ثبت الجهد أثناء إجراء التجربة

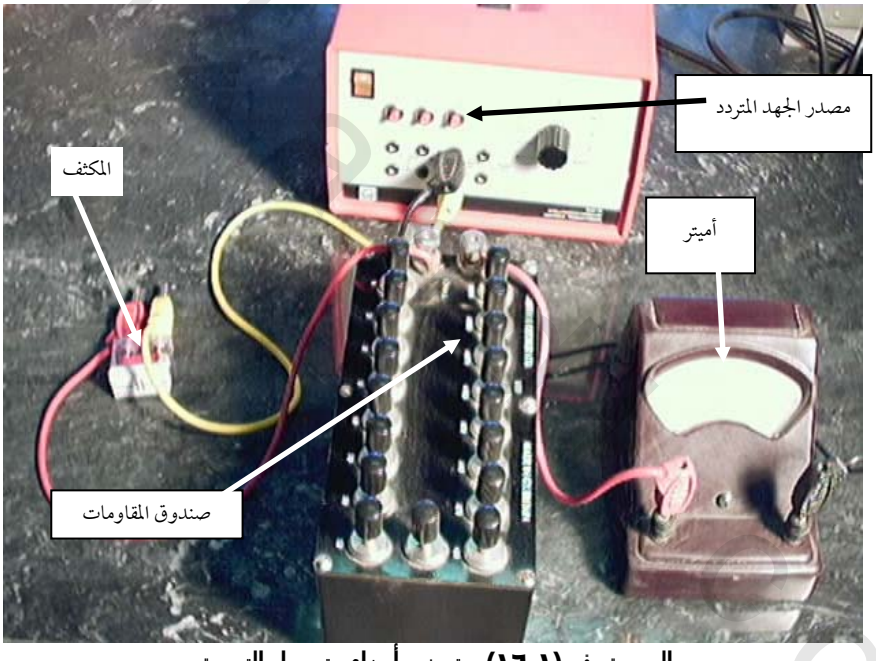


الشكل رقم (١٦,١).

obeikandl.com

٢- ادخل قيم للمقاومة R في الدائرة وذلك من خلال صندوق المقاومات وفي كل مرة سجل قيمة R وشدة التيار بالأمبير المناظرة .

٣- ارسم علاقة بيانية بين R^2 على المحور الصادي ومقلوب مربع التيار ($1/I^2$) على المحور السيني سوف تحصل على خط مستقيم مد هذا الخط على استقامته إلى أن يقطع المحور الصادي في الجزء السالب منه في نقطة تعطي قيمته X_C^2 وهي مربع رد الفعل السعوي للمكثف ثم أوجد سعة المكثف C من المعادلة (١٦,٢).



الصورة رقم (١٦,١). توضح أجزاء وتوصيل التجربة.

الجدول رقم (١٦,١).

المقاومة(R) Ω	مربع المقاومة Ω^2	التيار(I) A	مربع التيار(I^2) A^2	مقلوب مربع التيار A^{-2}
50				
100				
150				
200				
250				
300				
350				
400				
450				
500				

القياسات والنتائج

من الرسم البياني نجد أن :

الجزء المقطوع من محور الصادات :

X_C^2 = Ω^2

رد الفعل السعوي للمكثف X_C يساوي :

X_C = Ω

إذا كان تردد التيار العام المستخدم F يساوي 60 Hz فان سعة المكثف تساوي :

C = μF

obeikandi.com

الأسئلة

١- ما الفرق بين التيار المستمر والمتردد؟

٢- ما ذا يمثل ميل الخط المستقيم الناتج من رسم التجربة؟

٣- لماذا تجمع المقاومة المدخلة من صندوق المقاومات مع الرد السعوي للمكثف؟

٤- هل الأميتر في الدائرة متصل على التوالي أم على التوازي ولماذا وصل بهذه الطريقة؟

٥- لو افترضنا عدم وجود مقاومة في الدائرة وكان المتغير هو فرق الجهد فما هو المتغير التابع لذلك في الدائرة وكيف تحصل على سعة المكثف في هذه الحالة؟

obeikandl.com

obeikandl.com

التجربة ١٧

دراسة خطوط المجال المغناطيسي لقضيب مغناطيسي

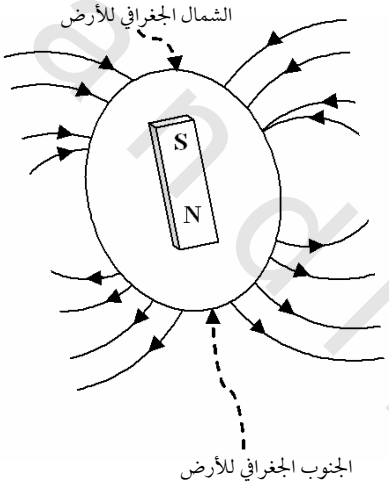
نظرية التجربة

عند غمس قضيب مغناطيسي في برادة من حديد نلاحظ أن برادة الحديد تنجذب إلى المغناطيس وأن شدة جذب المغناطيس للبرادة تزداد عند نهايتي المغناطيس وتسمى هاتان النهايتان بقطبي المغناطيس. القطب الشمالي (وغالباً ما يلون باللون الأحمر) والقطب الجنوبي (يلون بالأزرق) ويسمى الخط الواصل بينهما بمحور المغناطيس (magnetic axis) . والأقطاب المغناطيسية المتشابهة تتنافر والأقطاب المختلفة تتجاذب ولا يمكن أن يوجد مغناطيس ذو قطب منفرد. معنى ذلك إذا تم قص القضيب المغناطيسي إلى نصفين فنجد أن كل نصف سوف يكون قضيبا مغناطيسيا بحد ذاته له قطبان شمالي وجنوبي. وخطوط المجال المغناطيسي تتجه من القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي.والمجال المغناطيسي هو الحيز الذي يحيط بالمغناطيس وتظهر فيه أثاره المغناطيسية. وخطوط المجال خطوط وهمية تبين مسار قطب شمالي حر الحركة في المجال الأرضي.

وتستخدم البوصلة لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي وهي عبارة عن إبرة حديدية ممغنطه مرتكزة على محور ليسهل حركتها في مستوى أفقي ويكتب على أحد

obeikandl.com

أطرافها حرف N ويقصد به القطب الشمالي north pole وهو الجزء الذي يشير دائماً إلى الشمال الجغرافي الأرضي والطرف الأخر يشار إليه بالحرف S وهو القطب الجنوبي south pole والذي يشير إلى القطب الجنوبي الجغرافي الأرضي. إذن يلاحظ من ذلك أن قطب الأرض الكائن في نصف الكرة الأرضية الشمالي الجغرافي هو قطب مغناطيسي جنوبي وأن القطب الموجود في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية هو قطب مغناطيسي شمالي لذلك يظهر الحقل المغناطيسي الأرضي كما لو كان ناتجاً من قضيب ممغنط صغير قريب من مركز الأرض قطبه الجنوبي متجه نحو القطب الشمالي الجغرافي وقطبه الشمالي متجه نحو القطب الجنوبي الجغرافي كما في الشكل رقم (١٧,١).



الشكل رقم (١٧,١).

والإبرة المغناطيسية حرة الحركة (البوصلة) تتجه إلى أسفل عن الأفق بزاوية θ لتعطي اتجاه المجال الأرضي B_E . فيما عدا الاستواء المغناطيسي. وتسمى هذه الزاوية التي تكون بين المجال والأفق بزاوية الميل ANGLE OF DIP OR INCLINATION وبذلك يكون المجال المغناطيسي مركبة أفقية B_H ومركبة عمودية B_V كما هو موضح في الشكل

رقم (١٧,٢). ومن ثم فان المركبة الأفقية B_H تكون حسب هندسة الشكل رقم (١٧,٢) :

$$B_H = B_E \cos\theta$$

والزوال المغناطيسي للأرض magnetic Meridian (المستوى العمودي الرابط بين القطبين المغناطيسيين) لا ينطبق على الزوال الجغرافي Geographic Meridian (المستوى العمودي الرابط بين القطبين الجغرافيين) والزاوية التي بينهم تسمى زاوية الانحراف Declination angle φ.

وإذا ما تم توجيه قضيب مغناطيسي بحيث يكون قطبه الجنوبي نحو القطب الجنوبي المغناطيسي للأرض (الشمال الجغرافي تقريباً) سوف تتعادل شدة المجال المغناطيسي للقضيب B_m مع المركبة الأفقية للمجال المغناطيسي الأرضي B_H عند نقطة تسمى نقطة التعادل (Natural Point). يعطي الشكل رقم (١٧,٣) شكلاً تقريبياً لخطوط المجال في هذا الوضع. وتكون المعادلة التي تصف هذا الوضع عند هذه النقطة كما يلي :

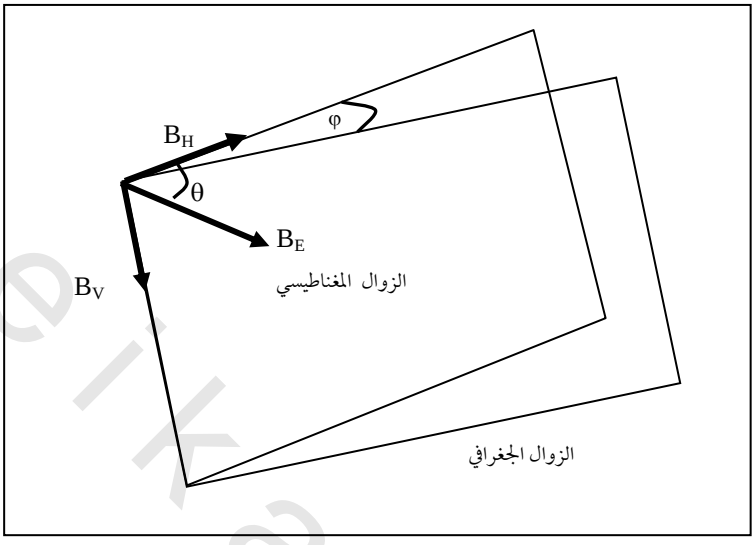
$$B_m = B_H = \frac{2Md}{(d^2 - l^2)^2} \quad \text{.....(١٧,١)}$$

حيث M العزم المغناطيسي وهو طول المغناطيس في شدة أحد أقطابه.

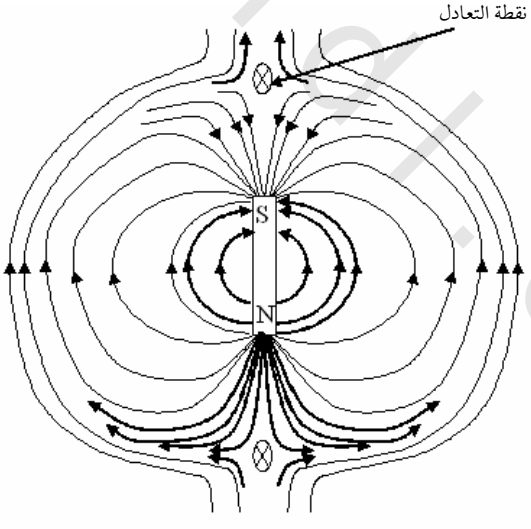
d هي المسافة بين نقطة التعادل إلى نصف القضيب المغناطيسي.

l نصف طول القضيب المغناطيسي.

تهدف هذه التجربة لمعرفة كيفية تحديد الأقطاب المغناطيسية والجغرافية للأرض باستخدام البوصلة المغناطيسية. و رسم المجال المغناطيسي لقضيب مغناطيسي ثم إيجاد نقطة التعادل بين المجال المغناطيسي الأرضي والمجال المغناطيسي للقضيب ومحاولة حساب عزمه المغناطيسي.



الشكل رقم (١٧,٢).



الشكل رقم (١٧,٣).

obeikandl.com

الأجهزة المستخدمة

قضيب مغناطيسي صغير. بوصلة مغناطيسية صغيرة . ورق رسم بياني كبير الحجم.

خطوات التجربة

١- اختر مكان إجراء التجربة بحيث تكون بعيدة عن الأسلاك التي يمر من خلالها تيارات كهربائية. كما يفضل إجراء التجربة على طاولة من الخشب ؛ لعدم تأثرها بالمغناطيس.

٢- عين اتجاه الزوال المغناطيسي (المجال المغناطيسي للأرض) بواسطة البوصلة وحدد على المنضدة الأقطاب المغناطيسية والجغرافية للأرض(هل تتفق الاتجاهات التي حددتها مع خاصية المكان الموجود فيه ؟).

٣- ضع القضيب المغناطيسي على ورقة الرسم بحيث يكون محوره موازيا لاتجاه الزوال المغناطيسي ويكون قطبه الشمالي جهة الشمال المغناطيسي الأرضي ثم حدد موضعه.

٤- ضع البوصلة قريبة من أحد طرفي المغناطيس ومن ثم حدد طرفي إبرتها .حرك البوصلة بحيث ينطبق قطبها الأول على موضع رأس قطبها الثاني في موضعها السابق وعلم الموضع الجديد لرأس القطب الآخر وكرر ذلك بحيث ترجع للقضيب المغناطيسي.

٥- صل بين جميع النقاط بخط واحد متصل الانحناء له اتجاه الإبرة فيكون هذا الخط ممثلاً لأحد خطوط القوى .

٦- كرر العمل في الخطوة السابقة مبتدءاً من نقطة قريبة من الخط الأول واحصل على خط آخر من خطوط القوى إلى أن تحصل على عدة خطوط للمجال المغناطيسي .

obeikandl.com

٧- حاول البحث عن نقطة التعادل أمام القطب الشمالي والجنوبي للمغناطيس والتي تكون فيها محور إبرة البوصلة عموديا على محور المغناطيس.

٨- أوجد مقدار d وهي المسافة بين نقطة التعادل ونصف القضيب المغناطيسي ثم احسب نصف طول القضيب(l) . استخدم المعادلة (١٧,١) لإيجاد العزم المغناطيسي للمغناطيس.

النتائج و القياسات

نصف طول القضيب المغناطيسي l :

l = m

المسافة بين نقطة التعادل إلى نصف القضيب المغناطيسي d :

. d= m

العزم المغناطيسي M :

M= Am^2

الأسئلة

١- بعد تحديد الأقطاب المغناطيسية للأرض هل يتفق ذلك مع الأقطاب الجغرافية التي تعرفها عن المكان المتواجد فيه؟

٢- هل بعد نقطة التعادل عن القطب الشمالي مساوية بعدها عن القطب الجنوبي؟ على ما يدل ذلك؟

٣- استخدم البوصلة للتعرف والتأكد من أقطاب المغناطيس.

٤- هل تستطيع أن تحدد نقاط التعادل من غير رسم خطوط المجال؟

obeikandl.com

التجربة ١٨

إيجاد ثابت التناسب بين التيار المار في ملفي هيلمولتز والمجال المغناطيسي المتكون بينهما

نظرية التجربة

تهدف هذه التجربة إلى إيجاد ثابت التناسب بين التيار الذي يمر في ملفي هيلمولتز والمجال المغناطيسي الذي يتكون في منتصف المسافة بين الملفين عندما تكون المسافة بينهما مساوية لنصف قطر الملف. يمكن في هذه التجربة المقارنة بين النتيجة العملية لهذا الثابت والنتيجة النظرية وكذلك يمكن التحقق من قيمة النفاذية المغناطيسية للفراغ.

كثافة الفيض المغناطيسي B الناتج من ملف دائري عند مسافة S على طول المحور الذي يمر بمنتصف الملف يعطى بالمعادلة :

$$B = \frac{\mu_o n I r^2}{2(r^2 + s^2)^{3/2}} \quad \text{.....} \quad (١٨,١)$$

حيث μ_o هي النفاذية المغناطيسية للفراغ. n عدد اللفات في كل ملف.r نصف قطر الملف. I شدة التيار المار في الملفات. S المسافة على محور الملف و تبدأ من نصف المسافة بين الملفين.

obeikandl.com

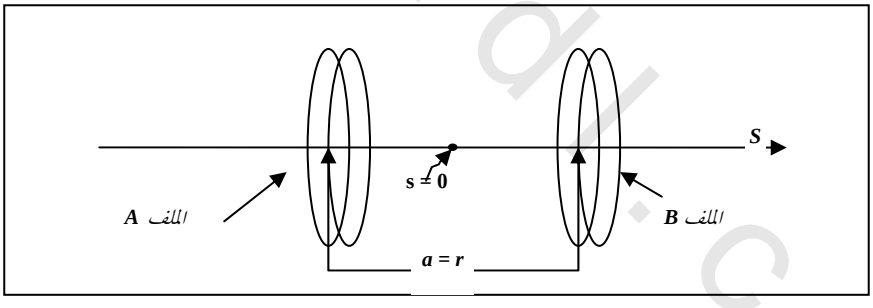
فإذا كان هناك ملفان دائريان متشابهين متصلين على التسلسل موضوعين على التوازي على محور S فان المجالات المغناطيسية بينهما تجمع إلى بعض حسب المسافة بينهما. فإذا كانت المسافة بين الملفين هي a فإن كثافة الفيض B عند المسافة S تعطى بالمعادلة :

$$B=\frac{\mu_o nIr^2}{2}\left[\frac{1}{[r^2+(s-\frac{a}{2})^2]^{3/2}}+\frac{1}{[r^2+(s+\frac{a}{2})^2]^{3/2}}\right] \quad \text{(١٨,٢)}$$

$$B=\frac{\mu_o nI}{2r}\left[\frac{1}{[1+(\frac{s-a/2}{r})^2]^{3/2}}+\frac{1}{[1+(\frac{s+a/2}{r})^2]^{3/2}}\right]$$

وعندما تكون المسافة التي يحسب عندها المجال المغناطيسي في منتصف المسافة بينهما وهي تبعد عن كل ملف مسافة مساوية لربع قطره كما يوضح الشكل رقم (١٨,١) فانه في هذه الحالة يتحقق الشرطان التاليان :

$$s = 0 \quad \text{و} \quad a = r$$



الشكل رقم (١٨,١). يوضح المسافة بين الملفين.

وبالتعويض بهذين الشرطين في المعادلة (١٨,٢) نحصل على المعادلة :

$$B=\frac{0.716\mu_o nI}{r} \quad \text{(١٨,٣)}$$

obeikandl.com

من المعادلة (١٨,٣) عندما نحسب المجال المغناطيسي كدالة لشدة التيار وبرسم العلاقة بينهما حيث المجال المغناطيسي على المحور الصادي والتيار على المحور السيني يكون الميل للخط المستقيم الناتج مساويا :

$$slope = \frac{0.716\,\mu_o n}{r} \quad \text{..... (١٨,٤)}$$

$$\mu_o = \frac{(slope)\cdot r}{0.716 n} \quad \text{..... (١٨,٥)}$$

قيمة الميل للطرف الأيسر من المعادلة (١٨,٤) هي قيمة عملية بينما يمكننا حسابها نظرياً بحساب الطرف الأيمن من المعادلة وذلك بمعلومية كل من نصف قطر الملف r وعدد اللفات n والنفاذية المغناطيسية μ_o.

كما يمكن التحقق من قيمة النفاذية المغناطيسية عملياً وذلك بتعويض بقيمة الميل وقيمة كل من n و r في المعادلة (١٨,٥).

أدوات التجربة

ملفا هيلمولتز متساويان في عدد اللفات ونصف القطر . جهاز قياس شدة المجال المغناطيسي مع المجس الخاص به. مصدر للتيار . أميتر.

خطوات التجربة

١- صل ملفي هيلمولتز على التسلسل وكذلك الأميتر مستعيناً بالشكل رقم (١٨,٢) والصورة رقم (١٨,١).اختر المسافة بين الملفين بحيث تكون مساوية لنصف قطر الملف ثم ثبت المجس في منتصف المسافة بينهما.

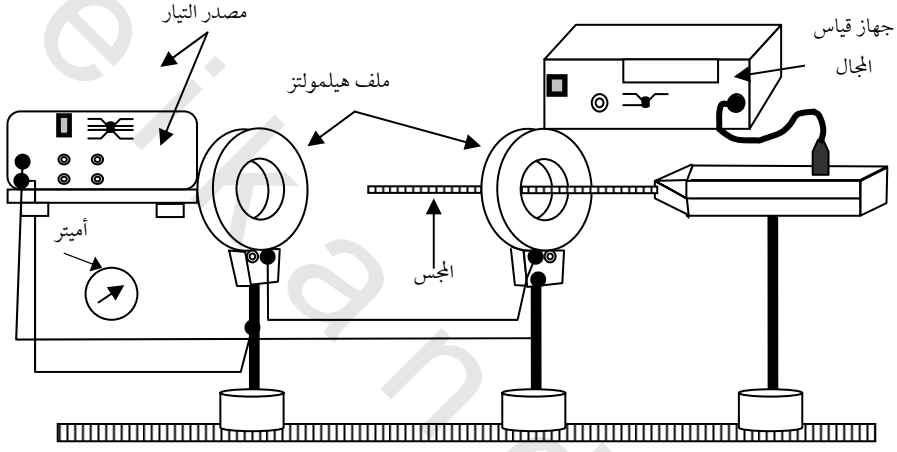
٢- زد من قيمة التيار المار بالملفين تدريجياً من مصدر التيار وسجل القراءات المناظرة لقيمة المجال المغناطيسي في الجدول رقم (١٨,١). ((انتبه للقيمة القصوى للتيار التي سوف يتحملها الملف))

obeikandl.com

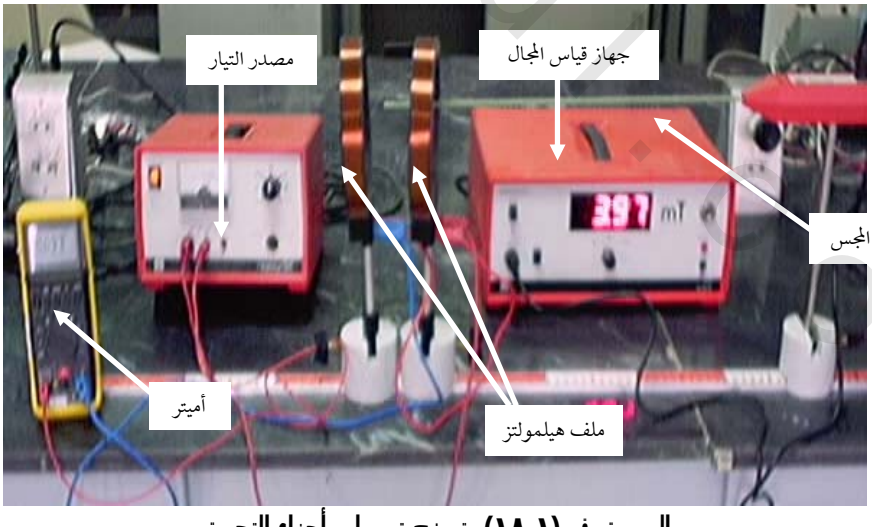
٣- ارسم العلاقة البيانية بين المجال المغناطيسي على المحور الصادي وقيمة التيار على المحور السيني.

٤- قارن بين القيمة النظرية للطرف الأيمن من المعادلة (١٨,٤) إذا وضعت ثابت النفاذية بالقيمة المعروفة لها مع الطرف الأيسر للمعادلة (القيمة العملية (الميل)).

٥- احسب قيمة النفاذية المغناطيسية من المعادلة (١٨,٥).



الشكل رقم (١٨,٢). توصيل ومكونات التجربة.



الصورة رقم (١٨,١). توضح توصيل وأجزاء التجربة.

القيم والنتائج

الجدول رقم (١٨,١)

المجال المغناطيسي B (mT)	التيار I (A)

عدد لفات الملف n :

نصف قطر الملف r :

قيمة الميل عملياً :

قيمة الميل نظرياً :

ثابت النفاذية المغناطيسية للفراغ عملياً :

الأسئلة

١- إذا كان هناك نسبة خطأ في النتيجة فمن أين تتوقع مصدر الخطأ؟

٢- ما هو توصيل الأميتر في الدائرة بالنسبة لملفات هيلمولتز؟

٣- كيف تم توصيل ملفات هيلمولتز فيما بينها؟

٤- اشرح كيفية الحصول على المعادلة (١٨,٤) من المعادلة (١٨,٣) وما علاقة ذلك بالرسم؟

٥- ما هو مقدار قيمة الخطأ المطلق والنسبي بين قيمة ثابت النفاذية المغناطيسية الذي حصلت عليه من التجربة والقيمة المعروفة له؟

obeikandi.com

obeikandl.com

التجربة ١٩

إثبات شروط هيلمولتز Helmholtz لزوجين من الملفات المتصلة على التسلسل

فكرة التجربة

تهدف التجربة لقياس المجال المغناطيسي الناتج من ملفين دائريين متصلين على التسلسل وموضوعين على محور وذلك عند أبعاد مختلفة بينهما على نفس المحور ومقارنة نتائج القياس مع شروط هيلمولتز لزوج من الملفات.

إن كثافة الفيض المغناطيسي B والناتج من ملف دائري عند مسافة S على طول المحور الذي يمر منتصف الملف يعطى بالمعادلة :

$$B = \frac{\mu_o nIr^2}{2(r^2 + s^2)^{3/2}} \quad \text{.....(١٩,١)}$$

حيث إن μ_o هي النفاذية المغناطيسية للفراغ, n عدد اللفات في كل ملف, r نصف قطر الملف I شدة التيار المار في الملفات, s المسافة على محور الملف.

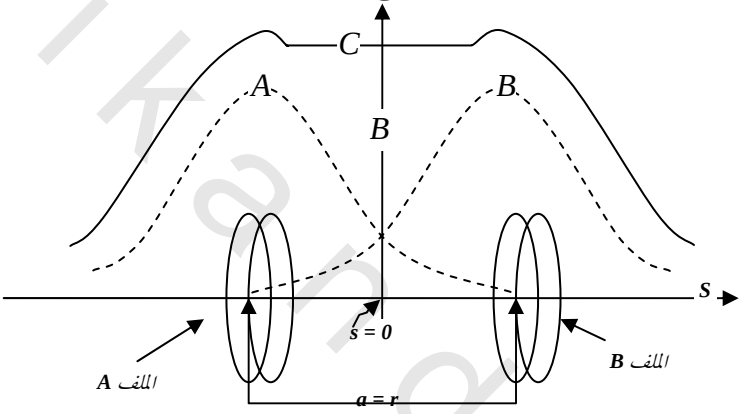
فإذا كان هناك ملفان دائريان متشابهان و متصلان على التسلسل موضوعين على التوازي على محور s فإن المجالات المغناطيسية بينهما تجمع إلى بعض حسب المسافة بينهما. فإذا كانت المسافة بين الملفين هي a فإن كثافة الفيض B عند المسافة s من مركز المحور (من نصف المسافة بين الملفين) تعطى بالمعادلة التالية :

obeikandl.com

$$B=\frac{\mu_o nIr^2}{2}\left[\frac{1}{[r^2+(s-\frac{a}{2})^2]^{3/2}}+\frac{1}{[r^2+(s+\frac{a}{2})^2]^{3/2}}\right] \quad \text{..... (١٩,٢)}$$

$$B=\frac{\mu_o nI}{2r}\left[\frac{1}{[1+(\frac{s-a/2}{r})^2]^{3/2}}+\frac{1}{[1+(\frac{s+a/2}{r})^2]^{3/2}}\right]$$

وتكون كثافة الفيض المغناطيسي بين الملفين تقريباً ثابتة وذلك عندما $a = r$. يوضح الشكل رقم (١٩,١) شكل المجال الناتج من كل ملف والمحصلة لهما وهي ثابتة في المسافة بين الملفين وتساوي حاصل مجموع المجالين.



الشكل رقم (١٩,١).

حيث يمثل المنحنى B المجال الناتج من الملف (B) والمنحنى A يمثل المجال الناتج من الملف(A), بينما المنحنى C يمثل محصلة المجالين والذي يتم قياسه في التجربة.

الأجهزة والأدوات

زوج من ملفات هيلمهولتز. مسبار مجال محوري مع جهاز قياس المجال المغناطيسي. أسلاك توصيل. مصدر تيار مستمر. أميتر .مسطرة .

خطوات التجربة

١- صل الدائرة الكهربائية كما في الشكل رقم (١٩,٢) والموضحة في الصورة رقم (١٩,١). صل الملفين بحيث يكونان متصلين على التسلسل.

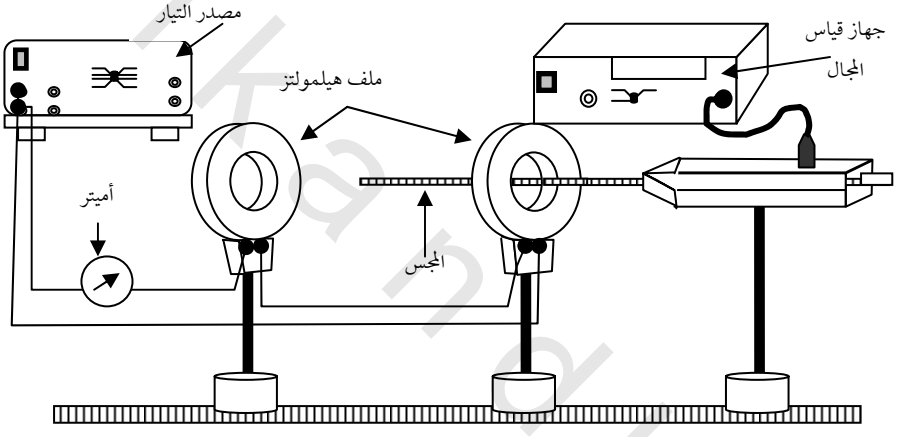
obeikandl.com

٢- اجعل المسافة بين منتصفي الملفين 2r حيث r = 6.8 cm (نصف قطر الملف).

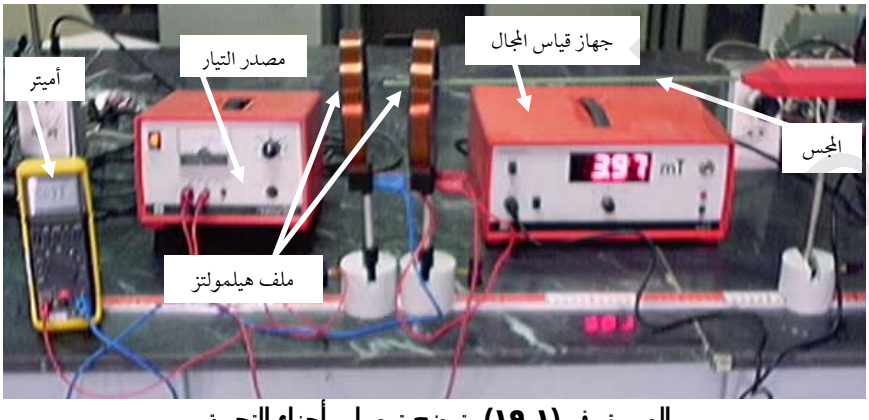
٣- قم بزيادة التيار حتى يقرأ جهاز الأميتر تياراً مقداره 1A .

٤- قم بتحريك مسبار المجال المحوري من منتصف المسافة بين الملفين (S = 0) وسجل المجال المغناطيسي على طول المسافة بين الملفين و خلفيهما بقليل ثم سجل القراءات في الجدول رقم (١٩,١).

٥- اجعل المسافة بين منتصفي الملفين تساوي r (نصف قطر الملف) وسجل المجال المغناطيسي كما في الطريقة السابقة في الجدول رقم (١٩,٢).



الشكل رقم (١٩,٢). توصيل ومكونات التجربة.



الصورة رقم (١٩,١). توضح توصيل وأجزاء التجربة.

٦- ارسم علاقة بيانية بين كثافة المجال المغناطيسي B على المحور الصادي وبين المسافة على محور الملف S على المحور السيني.

٧- احسب شدة المجال المغناطيسي عندما $S = 0$ (في منتصف المسافة بين الملفين) و $a = r$ مستخدم المعادلة (١٩,٢) ثم قارن النتيجة النظرية بالنتيجة العملية.

القياسات و النتائج

الجدول رقم(١٩,١). المسافة بين الملفين a = 2r

المجال المغناطيسي B mT	المسافة S m

الجدول رقم(١٩-٢) المسافة بين الملفين a = r

المجال المغناطيسي B mT	المسافة S m

مقدار B النظرية عندما $S = 0$ و $a = r$ تساوي:

$B =$ mT

مقدار B العملية عندما $S = 0$ و $a = r$ تساوي:

$B =$ mT

obeikandl.com

الأسئلة

١- إذا كان هناك نسبة خطأ في النتيجة فمن أين تتوقع مصدر الخطأ؟

٢- ما هو توصيل الأميتر في الدائرة بالنسبة لملفات هيلمولتز؟

٣- كيف تم توصيل ملفات هيلمولتز فيما بينها؟

٤- ما هي العلاقة بين شدة التيار والمجال المغناطيسي المتكون من ملفات هيلمولتز؟ اشرح ذلك مستعيناً بالمعادلات.

٥- لابد من مراعاة مقدار التيار المار في ملفات هيلمولتز لماذا؟

٦- احسب مقدار الخطأ المطلق والنسبي لقيم المجال المغناطيسي التي حصلت عليها بالنسبة للنتيجة النظرية وذلك عند $S = 0$ و $a = r$.

obeikandl.com