Part Five القسم الخامس

الكهرومغناطيسية والإلكترونيات
Electromagnetic and Electronics

23- مميزات الثنائي البلوري
Characteristics of crystal diode

24- النسبة بين شحنة الإلكترون (e) وكتلته (m)
Measurement of the ratio (e/m)

25- قياس القوة الدافعة الكهربائية الناشئة عن حلقة مغلقة تتحـــرك فـــي مجال مغناطيسي
Measuring the induction (e.m.f) in a conductor loop moved through a magnetic field

26- راسم الاهتزازات المهبطي – قياس الفولتية المتناوبة
The cathode ray oscilloscope – Measurement of a.c. voltages

27- رسم المجال المغناطيسي
Magnetic field planing

28- حساب المجال المغنتاطيسي الناشئ عن تيار كهربائي
Magnetic field due to an electric current

obeikandl.com

Experiment No (23) تجربة رقم (23)

اسم التجربة : مميزات الثنائي البلوري
Experiment Name: Characteristics of crystal diode

(23.1) نظرية التجربة *Experiment Theory*

تفيدنا النظرية الذرية التي تفسِّر البنية الذرية للمادة، بأن إلكترونات الـــذرة تتوزع في مدارات أساسية، تنقسم بدورها إلى مدارات ثانوية، كما تفيد بـــأن هنـــاك مناطق ممنوعة بين المدارات الأساسية والثانوية على حدٍ سواء وفي حالة وجود أيٍ من الإلكترونات لأسباب طارئة في أيٍ من المناطق الممنوعة فإنها تعود بعد ذلـــك إلى أماكنها الأصلية إما بأن تمتص كمية من الطاقة أو تشع كمية من الطاقة وفـــي الحالتين تجعلها تعود إلى وضعها الأصلي، كما أن هذه النظرية تؤكـــد بـــأن عـــدد إلكترونات الذرة وعلى وجه الخصوص إلكترونات التكافؤ هي التي تحدد الخـــواص الكهربائية للعنصر، إضافة إلى كونها بعيدة عن النواة وتتمتـــع بمنـــاطق محظـــورة كبيرة.

وهـــذه النظريـــة أيضـــاً تنطبـــق علـــى المـــــواد شـــبه الموصلـــة (*Semi Conductors*)، ولعل من أشهرها السليكون (*Silicon*) والـــذي يمتلـــك أربعة عشرة إلكتروناً منها أربعة في مدار التكافؤ وهو المدار الثـــالث (*Covalent Orbit*) والعنصر الآخر الشهير هو الجيرمانيوم (*Germanium*) والـــذي يمتلـــك اثنان وثلاثون إلكتروناً منها أربعة في مدار التكافؤ، وهو المدار الرابع، ولعل مـــن أهم مميزات هذه المواد هو أنها تكون نصف موصلة في درجـــة حـــرارة الغرفـــة

(*room temperature*)، بينما تكون موصلة (*Conductors*) في درجات الحرارة العالية. ومن الممكن أن تكون على نوعين، مواد شبه موصلة موجبة (*Positive type crystal*) وهي عادة يتم الحصول عليها بتطعيم أيٍ من المواد شبه الموصلة بعناصر ثلاثية التكافؤ، أي تمتلك ثلاث إلكترونات في مدارها الأخير، تشكل أواصر تساهمية مع ثلاثة من إلكترونات التكافؤ في المواد شبه الموصلة (*Covalent bond*) ويبقى موضع الإلكترون الرابع على شكل فجوة (*hole*). لأنه لا يجد إلكتروناً آخر يرتبط به، ولهذا يبقى الإلكترون الرابع مستعداً لاستقبال إلكتروناً آخر وهذا ما يولد حالة حركية ينشأ عنها تياراً. أما النوع الثاني فهي المواد شبه الموصلة السالبة (*Negative type crystal*) وهي عادة يتم الحصول عليها بتطعيم السليكون أو الجيرمانيوم بعناصر خماسية التكافؤ، أي تمتلك خمسة إلكترونات في مدارها الأخير، تشكل أواصر تساهمية مع الأربعة إلكترونات للمادة شبه الموصلة ويبقى الإلكترون الخامس شبه سائب ومتحفز للحركة عندما تتوفر له الظروف المؤاتية.

إن الثنائي البلوري (*Crystal diode*) والذي هو محط اهتمامنا في هذه التجربة، يتكون من بلورة من النوع السالب وثانية من النوع الموجب، يفصل بينهما حاجزاً يطلق عليه الجهد الحاجز (*Barrier Potential*)، وكما يلاحظ من اسمه، فإنه يعمل على منع مرور الإلكترونات والفجوات من جهة إلى أخرى مما يؤدي إلى تجمع هذه الناقلات عند حدود وصلة البلورتين مشكلاً ما يسمى بمنطقة الاستنزاف (*Depletion layer*)، وهي طبقة رقيقة السماكة تكونها الإلكترونات من جهة البلورة السالبة والفجوات من جهة البلورة الموجبة، وهذه الوصلة من البلورتين يطلق عليها وصلة *p–n* ، أو (*p–n Junction*).

(23.2) الهدف من التجربة *Experiment Goal*

1- معرفة خصائص الفولتية والتيار في الاتجاه الأمامي للثنائي *p–n* (*Forward biased*)

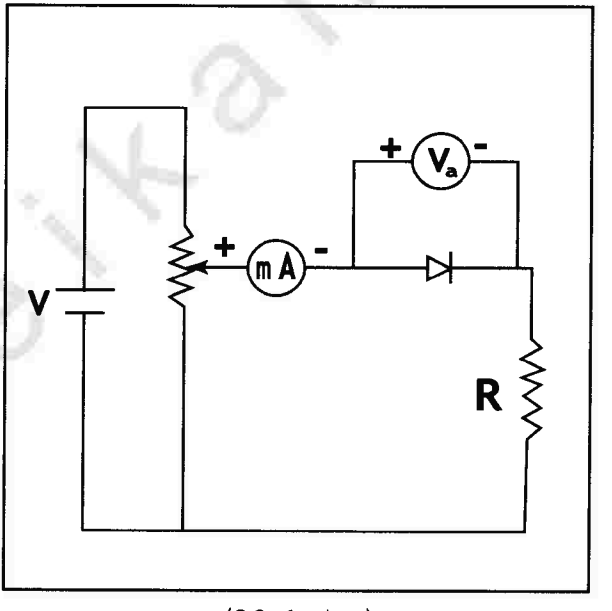
2- معرفة خصائص الفولتية والتيار في الاتجاه العكسي للثنائي *p–n* (*Reverse biased*)

(23.3) الأجهزة المستخدمة *Apparatus*

مزودة قدرة من النوع (*D.C Power supply*) متغير الفولتيـــة، ثنـــائي بلوري (*p–n Junction*)، مقاومة (*Resistance*)، فولت ميـــتر (*Voltmeter*)، أميتر (*Ammeter*) يقرأ بتدريجات المايكروميتر.

(23.4) طريقة العمل والحسابات *Procedure & Calculations*

1- أربط الدائرة كما هو مبين في الشكل الآتي :



(شكل 23.1)

2- ابدأ من التدريجة صفر للفولتية ولاحظ مقدار التيار على الأميتر.

3- ابدأ بالتغيير البطيء والتدريجي للفولتية، ثم سجل قراءة التيار لكل تدريجه لتحصل على الجدول (23.1).

No	V_a *Volts*	I_a *mA*
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

(جدول 23.1)

4- غير مواضع قطبية مصدر الفولتية، بحيث تربط السلك الواصل إلى القطب الموجب في المرة الأولى بالقطب السالب والسلك الواصل إلى القطب السالب بالقطب الموجب للبطارية.

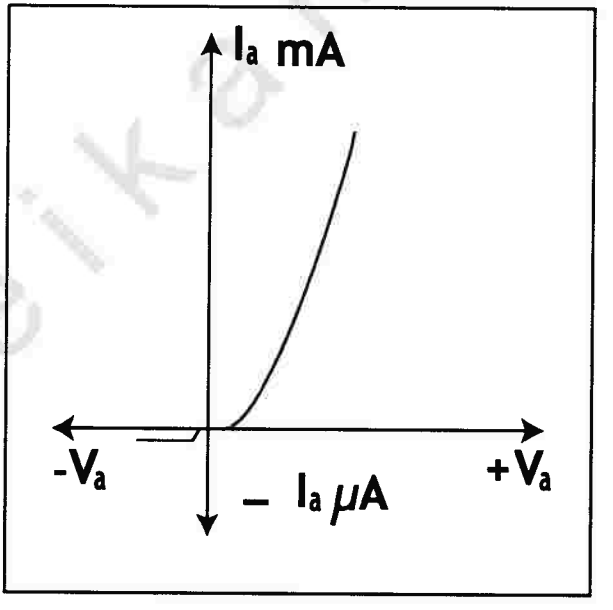
5- ابدأ من التدريجة صفر للفولتية ملاحظاً مقدار التيار كما فعلت في المرة الأولى.

6- ابدأ بالتغيير البطيء والتدريجي للفولتية، ثم سجل قراءات التيار لكل تدريجه لتحصل على الجدول (23.2)، (لاحظ أن قراءات التيار ستكون برتبة المايكروأمبير).

No	V_a *Volts*	I_a μA
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

(جدول 23.2)

7- ارسم على ورقة بيانية المنحنى $(V_a - I_a)$ مراعياً مقدار التيار لكل من الحالتين. وسوف تحصل على الشكل (23.2) :



(شكل 23.2)

1- خذ نقطة على المنحنى البياني في الاتجاه الأمامي، وأخرى في الاتجاه العكسي، ثم أوجد مقاومة الثنائي البلوري لكلا الحالتين.

2- هل تعتقد بأن قانون أوم ينطبق على الثنائي البلوري ؟ لماذا ؟

3- من المنحنى الخاص بالاتجاه الأمامي، لاحظ أن التيار يبدأ بالزيادة عند مقدار محدد للفولتية، ماذا تعني لك هذه الفولتية ؟ وضح ذلك بالتفصيل. هل لهذه الفولتية علاقة بالجهد الحاجز ؟ وضح ذلك.

4- أوجد حسابيا نسبة الخطأ في النتيجة العملية التي حصلت عليها في هذه التجربة.

obeikandl.com

Experiment No (24) تجربة رقم (24)

اسم التجربة : النسبة بين شحنة الإلكترون (e) وكتلته (m)
Experiment Name: Measurement of the ratio (e/m)

(24.1) نظرية التجربة *Experiment Theory*

لقد أثبت العالم تومسون *J.J Thomson* في العام الميلادي *1897* أن الذي يؤدي إلى توهج جدران الأنبوب المفرغ في الهواء – في تجربته التي تحتوي على أنبوبة تومسون والتي سنوضحها فيما بعد – هو تحديداً جسيمات تحمل شحنة كهربائية سالبة عرفت بعد ذلك بالإلكترونات *electrons*، وقد تمكن هذا العالم من قياس النسبة بين شحنة الإلكترون وكتلته، والتي يطلق عليها الشحنة النوعية أو النسبية للإلكترون (e) والتي تسمى الشحنة الأولية، وذلك لأن كتلة الإلكترون (m) معروفة.

أما أنبوبة تومسون المفرغة من الهواء فتحتوي على فتيلة *Filament* يتم توصيلها بتيار كهربائي مناسب لتسخينها حتى تنطلق الإلكترونات منها بعد ذلك باتجاه شق ضيق تمر خلاله متوجهة إلى جدار الأنبوبة المقابل والتي تحتوي على القطب الموجب *Anode* ذي فولتية موجبة تشد الإلكترونات نحوها، يتم بعد ذلك تسليط مجال مغناطيسي منتظم (B) بواسطة ملفات هيلمولتز *Helmholtz Coils* وبشكل عمودي على الإلكترونات المتجهة إلى جدار الأنبوبي وبسرعة (ϑ)، عندئذٍ سوف تنشأ قوة مغناطيسية *Magnetic Force* (F_B) تؤثر على خط الإلكترونات

المستقيم وتجعله يأخذ مساراً دائرياً *Closed Circular Track*، هذه القـــوة هـــي عبارة عن:

$$F_B = Be\vartheta \qquad \ldots\ldots (1)$$

حيث :

(B) هي شدة المجال المغناطيسي

(e) شحنة الإلكترون

(ϑ) سرعة الإلكترون

واتجاه هذه القوة يكون عمودياً على متجه سرعة الإلكترونات؛ ولذا فـــإن تأثيرهـــا يصبح كتأثير القوة المركزية *Centripetal Force*، أي أن:

$$F_B = ma = \frac{m\vartheta^2}{r} \qquad \ldots\ldots (2)$$

ومن المعادلتين (1) و (2) نجد أن:

$$Be\vartheta = \frac{m\vartheta^2}{r}$$

$$\left(\frac{e}{m}\right) = \frac{\vartheta}{Br} \qquad \ldots\ldots (3)$$

إلا أن الطاقة الحركية التي يمتلكها الإلكترون الخاضع لتأثير فولتية المهبط *Anode* (V) تساوي :

$$\frac{1}{2} m\vartheta^2 = eV$$

$$\vartheta^2 = \frac{2eV}{m}$$

$$\vartheta = \left(\frac{2eV}{m}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \ldots\ldots (4)$$

وبتعويض المعادلة (4) في المعادلة رقم (3) نجد أن :

$$\left(\frac{e}{m}\right) = \frac{2V}{(Br)^2} \quad \ldots\ldots (5)$$

حيث :

(B) شدة المجال المغناطيسي

(V) هي فولتية المهبط

(r) نصف قطر المسار الدائري

وهي المعادلة التي نستخدمها لغرض إيجاد النسبة (e/m).

(24.2) الغرض من التجربة *Experiment Goal*

تحديد النسبة بين شحنة الإلكترون (e) وكتلته (m).

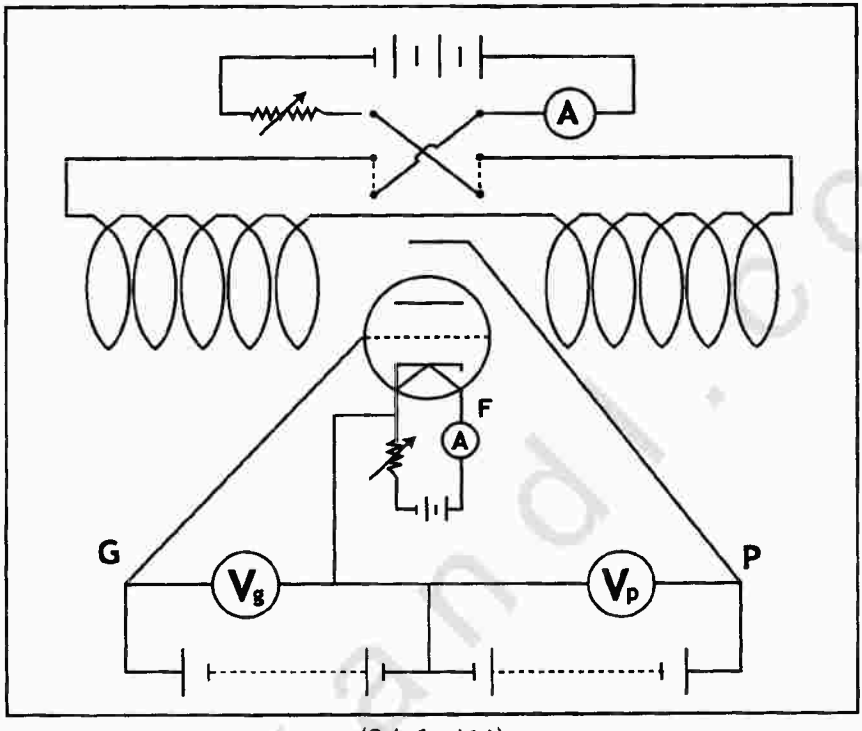
Estimation of the specific charge (e/m) for electrons.

(24.3) الأجهزة المستخدمة *Apparatus*

أنبوبة تومسون ذات ثلاثة أقطاب لتوليد حزمة من الإلكترونات *Thomson Tube*، ملف هيلمولتز *Helmoltz*، جهازي قياس تيار متناوب ومستمر *Ammeters*، مقاومتان متغيرتان، مجموعة من مزودات القدرة ($d.c$) ذوات مقاومات متغيرة *Power Supplies*.

(24.4) طريقة العمل *Procedure*

1- نربط الدائرة الكهربائية على النحو التالي :



(شكل 24.1)

2- نسمح للتيار المستمر بالمرور خلال الفتيلة لمدة دقيقتين حتى تسخن، ثم تبدأ الإلكترونات بالانبعاث.

3- نسلط الفولتية المستمرة $(d.c)$ بين المصعد والمهبط لتمكين الإلكترونات من المرور خلال ثقب في وسط الشبكة، ثم نبدأ بتغيير تيار الفتيلة وفولتية المصعد *Anode* حتى نحصل على حزمة دقيقة من الإلكترونات، ثم نحدد فولتية الشبكة (V_g) ونثبتها عند القيمة المناسبة شريطة أن لا تزيد عن فولتية المصعد.

4- نسلط القوة المغناطيسية (F_B) على حزمة الإلكترونات حتى تأخذ الإلكترونات مساراً دائرياً بواسطة ملفي هيلمولتز، ثم نثبت قيمة التيار (I) المار في الملفات، ثم نحدد نصف قطر الدائرة التي تحددها الإلكترونات (r). بعد ذلك نقوم بحساب شدة المجال المغناطيسي (B) من المعادلة:

$$B = \frac{8\mu_o I N}{\sqrt{125}\, R}$$

حيث :

(N) عدد لفات ملف هيلمولتز

(I) التيار المار خلال الملف

(μ_o) نفاذية الفراغ *Permitivity of free space* وتساوي:

$$4\Pi \times 10^{-7} Wb / A.m$$

(R) فهو نصف قطر ملف هيلمولتز

ثم نعوض في المعادلة (5) لحساب النسبة (e/m).

1- لماذا يجب أن يكون المجال المغناطيسي (B) عمودياً على مسار الإلكترونات في هذه التجربة.

2- بعد أن عرفت عملياً مقدار (e/m)، قارن هذه القيمة بالقيم التي تعودت استخدامها لكلٍ من (e) و (m) للإلكترون.

3- إذا تعرض الإلكترون إلى سرعة مقدارها (ϑ) نتيجة لتأثير جهد مقداره $(15.5\times10^{6}V)$، أوجد مقدار السرعة (ϑ).

4- أوجد حسابيا نسبة الخطأ في النتيجة العملية التي حصلت عليها في هذه التجربة.

5- ما هي أهمية معرفة النسبة (e/m) عن الإلكترون ؟ هل لها علاقة بمكونات الذرة الأخرى ؟ وضّح ذلك.

6- ما هي العلاقة الكهربائية بين شحنة الإلكترون وباقي مكونات الذرة ؟ ومتى تكون الذرة متعادلة كهربائياً ؟ ومتى لا تكون كذلك ؟ وضّح ذلك.

Experiment No (25) تجربة رقم (25)

اسم التجربة : قياس القوة الدافعة الكهربائية الناشئة عن حلقة مغلقة تتحرك في مجال مغناطيسي

Experiment Name: Measuring the induction (e.m.f) in a conductor loop moved through a magnetic field

Experiment Theory (25.1) نظرية التجربة

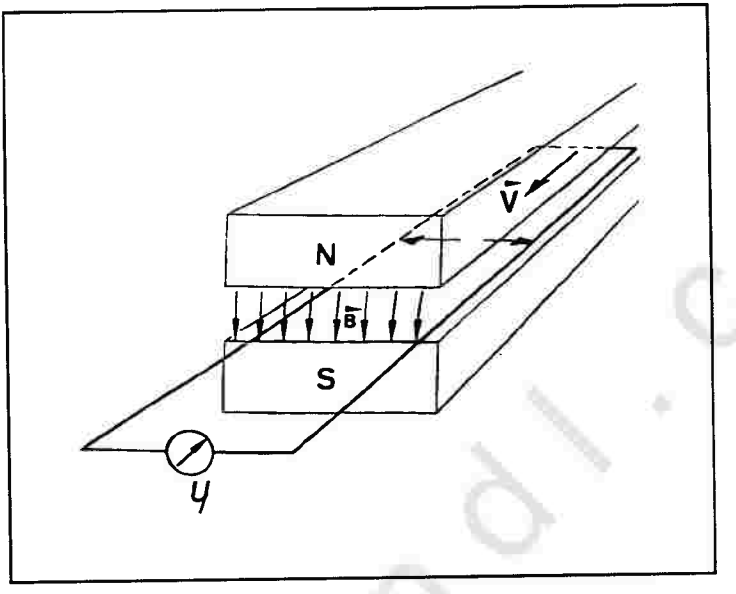
عندما تتعرض حلقة مغلقة للشد بسرعة وهي واقعة تحت تأثير مجال مغناطيسي منتظم ($\vec{B}$)، وتسير بسرعة ثابتة (ϑ)، هذا يعني أن قوةً ثابتةً يجب أن تؤثر على الحلقة المغلقة تساوي القوة التي يؤثر بها المجال المغناطيسي على الحلقة وباتجاه معاكس لها انظر الشكل (25.1).

إن الهدف هنا في حقيقة الأمر هو إيجاد الطاقة اللحظية التي تؤثر على الحلقة بواسطة كل من المجال المغناطيسي ($\vec{B}$) والتيار المار في المسار المغلق نتيجة حركته داخل المجال المغناطيسي، (i) والمقدار (L) الذي يمثل عرض الحلقة المغلقة.

يمكننا ذلك بدأً من إيجاد الفيض المغناطيسي الناتج عن حركة الحلقة داخل المجال من العلاقة الرياضية:

$$\Phi = BLX = BA$$

$$\Phi = BLX$$



(شكل 25.1)

حيث (L) هو عرض الحلقة، (X) المسافة الطويلة من الحلقة التي اعتمدناها لحظة إيجاد الفيض المغناطيسي (Φ). إذاً سوف ينشأ عن حركة الحلقة نقصان في الفيض المغناطيسي يرافقه نشوء للقوة الدافعة الكهربائية (ξ) والتي تساوي :

$$\xi = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d}{dt}(BLX)$$

$$= BL\frac{dX}{dt}$$

$$\xi = BL\vartheta$$

(25.2) الهدف من التجربة *Experiment Goal*

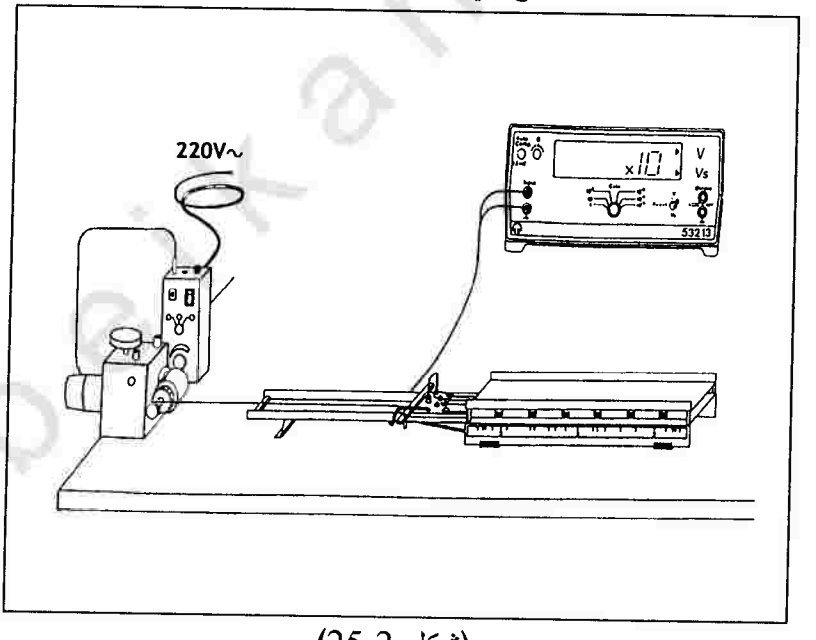
قياس القوة الدافعة الكهربائية كتابع لكل من المجال المغناطيسي ($\vec{B}$)وعرض الحلقة المغلقة (L)، وسرعة الحلقة داخل المجال (ϑ).

(25.3) الأدوات المستخدمة *Apparatus*

أجهزة الحث الكهرومغناطيسي *Induction apparatus* (انظر الصورة) مكونة من صفيحتين متوازيتين يمر بينهما مجال مغناطيسي، مجموعة من الحلقات الموصلة *Conducting Loops*، موتور صغير لتحريك الحلقة داخل المجال المغناطيسي *Electric motor*، فولتميتر (*micro voltmeter*).

(25.4) طريقة العمل والحسابات *Procedure*

1- اربط الدائرة كما هو موضح في الشكل (25.2) أدناه.



(شكل 25.2)

2- استعمل الحلقة رقم (1)، ثم ابدأ تدريجياً بزيادة سرعة حركتها داخل المجال المغناطيسي ، وفي كل مرة سجل مقدار قراءة الفولتميتر مستخدماً الجدول (25.1):

No	*υ m/s*	*ξ Volt*
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

(جدول 25.1)

3- استعمل الحلقتين الثانية والثالثة مكرراً القراءات نفسها في الخطوة (2).

4- يمكنك الآن رسم خط بياني يبين سرعة تحرك الحلقة المغلقة داخل المجال المغناطيسي على المحور السيني، وقراءة الفولتميتر على المحور الصادي (والذي يعبّر عن القوة الدافعة الكهربائية)، لكل حلقة من الحلقات الثلاثة.

5- قم الآن بالتحقيق العملي لقانون القوة الدافعة الكهربائية (ξ) المحتثة لكل من الحالات الثلاثة.

$$\xi = BL\vartheta$$

1- ما هي علاقة قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي ، بالقوة الدافعة الكهربائية التي تأكدت من وجودها عملياً في هذه التجربة ؟ وضح ذلك.

2- ماذا تتوقع أن يحدث في القانون ($\mathcal{E} = BL\vartheta$) إذا كانت الحلقة المغلقة على شكل سلك عرضه قليل جداً ؟ وضح ذلك.

3- هل يؤثر اتجاه المجال المغناطيسي على مقدار القوة الكهربائية المحتثة؟ وضح ذلك.

4- أوجد حسابيا نسبة الخطأ في النتيجة العملية التي حصلت عليها في هذه التجربة.

obeikandl.com

obeikandl.com

Experiment No (26)　　تجربة رقم (26)

اسم التجربة : راسم الاهتزازات المهبطي
قياس الفولتية المتناوبة

Experiment Name : The cathode ray oscilloscope measurement of a.c. voltages

(26.1) نظرية التجربة　　*Experiment Theory*

يعتبر جهاز راسم الأشعة (الاهتزازات) المهبطية (*Cathode ray oscilloscope*) واختصاراً يشار إليه بالأحرف الثلاثة (*C.R.O.*) جزءاً أساسياً في المعامل (المختبرات) التي تهتم بدراسة دوائر التيار المتناوب (*a.c. Circuits*)، وهو الذي يمكننا من مشاهدة الفولتيات المتناوبة على شاشته بدقة ووضوح في الوقت ذاته دون تغيير.

إن وصف هذا الجهاز الهام بشكل تخطيطي هو التعبير المباشر عن حقيقة تركيبه الداخلي، انظر الشكل (26.1) لتلاحظ الأجزاء الآتية:

1- (C) هو عبارة عن المهبط (*Cathode*) الذي يتم تسخينه بواسطة المسخن (*H*) (*Heater*).

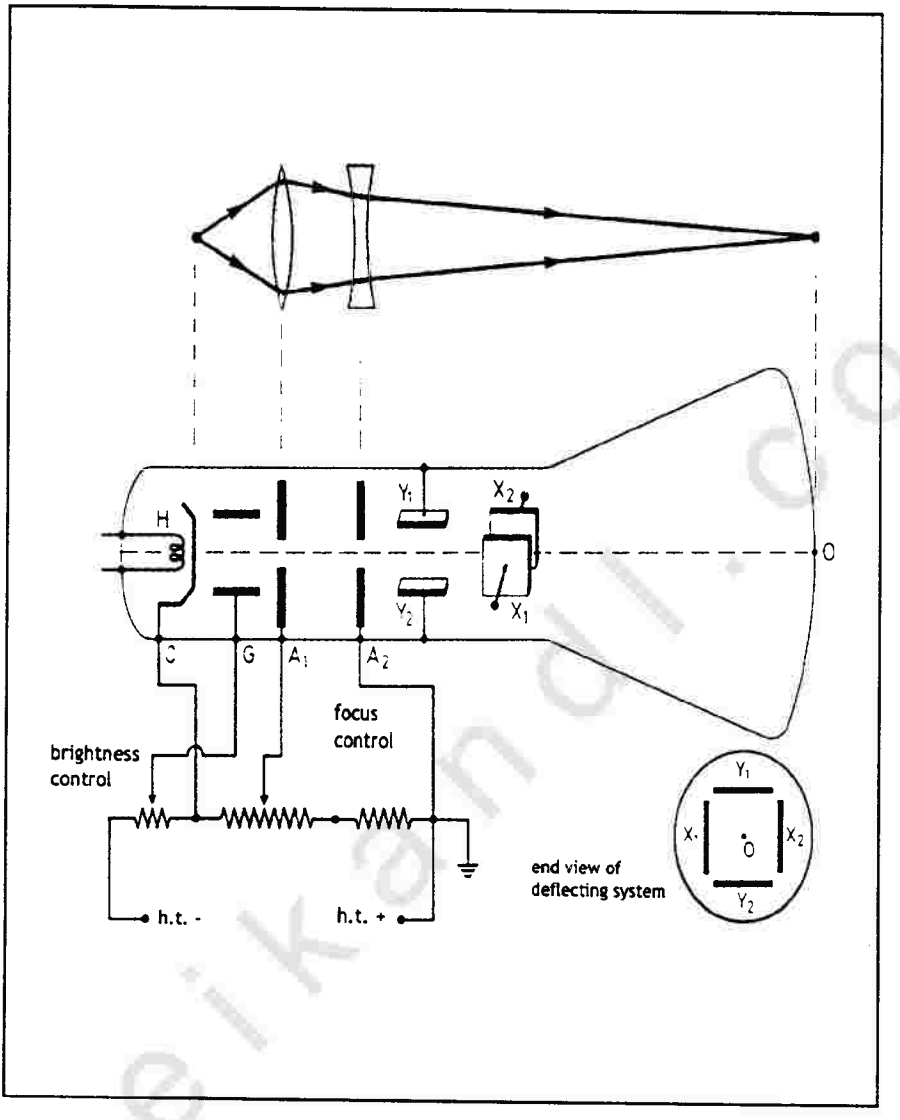
2- (A_1) و (A_2) هما عبارة عن مهبطين (*Two anodes*) تستخدمان لتسريع وتعجيل الإلكترونات المنطلقة من المهبط، وطبيعي جداً أن تكون فولتيتهما موجبتان وذلك لجذب الإلكترونات ذات الشحنة السالبة. وهما تعملان تماماً كعدستين مقعرة (*Concave*) ومحدبة (*Convex*)، انظر الشكل (26.1)، وذلك كي يصل سيل الإلكترونات إلى النقطة (O) مركزاً وحاداً.

3- المكونات (C , G , A_1 , A_2) تعمل جميعها على جعل حزمة أو سيل الإلكترونات المنطلقة من الكاثود نقطة مضيئة (*Bright Spot*) على الشاشة المفلورة، وغالباً ما تسمى بالبندقية الإلكترونية (*Electron Gun*).

4- (X_1 , X_2) وهما الصفيحتان المسؤولتان عن حرف النقطة المضيئة عن موقعها في منتصف الشاشة المفلورة أفقياً (*Horizontally*)، وذلك بتحريك حزمة الإلكترونات ذاتها.

5- (Y_1 , Y_2) وهما الصفيحتان المسؤولتان عن حرف النقطة المضيئة عن موقعها في منتصف الشاشة عمودياً (*Vertically*)، أيضاً بتحريك حزمة الإلكترونات ذاتها.

ومن الممكن التعرف على الشكل التخطيطي لموقعيهما (X_1 , X_2) و (Y_1 , Y_2) بمعاينة الجزء الذي يبين الشكل الأمامي لمجموعة السيطرة على انحراف حزمة الإلكترونات (*End view of deflecting system*)، كما يظهر في مركزها نقطة تجمع الأشعة (O).



(شكل 26.1)

(26.2) الغرض من التجربة *Experiment Goal*

استخدام راسم الأشعة المهبطية لقياس الفولتية المتناوبة.

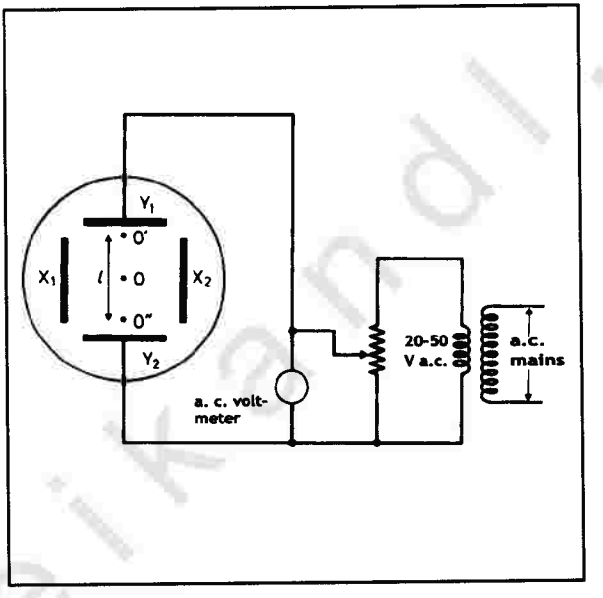
Measurement of a.c voltages using the cathode ray oscilloscope.

(26.3) الأجهزة المستخدمة *Apparatus*

راسم الأشعة المهبطية (*Oscilloscope*)، محولة كهربائية من (*20 – 50 volt*) (*a.c transformer*)، جهاز قياس فولتية (*a.c voltmeter*)، أسلاك توصيل (*Connection wires*).

(26.4) طريقة العمل *Procedure*

1- أربط الدائرة الكهربائية كما هو موضح بالشكل (26.2) .



(الشكل 26.2)

2- ضع مفتاح المؤقت الأساسي (*Time base*) على الوضع *-off-* حتى تحصل على نقطة مضيئة على الشاشة المفلورة، وإذا لم تظهر النقطة المضيئة شغل المفتاح الخاص بالبحث عن الشعاع الإلكتروني (*Beam finder*) حتى تحصل على الخط المستقيم أو النقطة المضيئة.

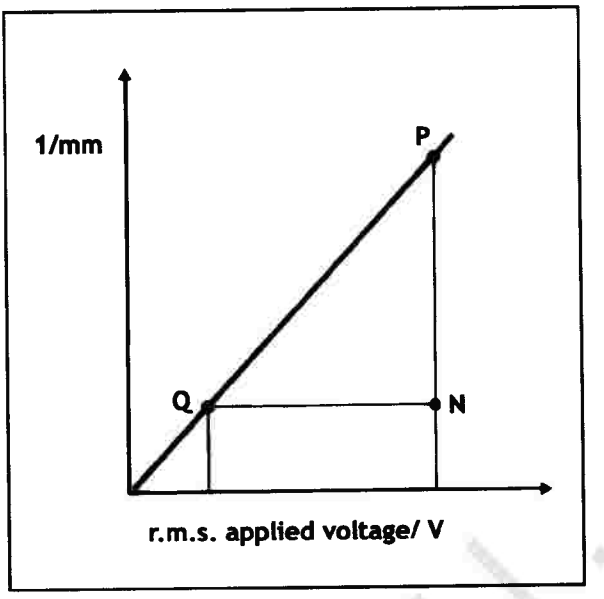
3- اربط مقداراً مناسباً من الفولتية المستمرة وذلك من خلال التحكم بالمقاومة المتغيرة الموصولة مع المحولة بالصفيحتين (Y_1, Y_2) حتى يظهر أمامك الخط العمودي $(O'O'')$.

4- خذ الآن فكرة عملية عن مدى علاقة طول هذا الخط العمودي مع مقدار الفولتية المتناوبة، ثم خذ ست أو سبع قراءات بين أصغر طول لهذا الخط وأكبر طول له مقاساً بالملي متر، مستخدما الجدول (26.1) :

No	*Length (mm)*	*r.m.s Voltage (Volt)*
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

(جدول 26.1)

5- ارسم خطاً بيانياً بين كلٍ من طول الخط العمودي $(O'O'')$ مقاساً بالملي متر على المحور الصادي $(y\text{-}axis)$ ومقدار الفولتية التي يقرؤها الفولتميتر مقاسه بالفولت على المحور السيني $(x\text{-}axis)$ لتحصل على خط مستقيم يمر بنقطة الأصل، انظر الشكل (26.3).



(شكل 26.3)

6- أوجد ميل الخط المستقيم ($Slope = PN / QN$) ومنه أوجد حساسية انحـراف راسم الأشعة المهبطية مقاسة بوحدة ($mm/r.m.s\ Volt$).

7- أوجد القيمة القصوى (العظمى للجهد) من العلاقة ($Maximum\ Voltage$).

$$V_{max} = 0.5\ V_{r.m.s}$$

8- أوجد القيمة الفعالة للجهد ($Effective\ Voltage$).

$$V\ eff = 0.707\ V_{max}$$

1- هل يمكنك استخدام راسم الأشعة المهبطية لقياس الفولتية المستمرة (*d.c Voltages*) ؟ وضّح ذلك.

2- هل هناك علاقة بين مبدأ عمل راسم الأشعة المهبطية والصمام الثلاثي (*Triode*) ؟ وضّح ذلك.

3- ناقش شكل الخط البياني الذي حصلت عليه ، ثم بيّن لماذا يمر بنقطة الأصل.

4- ما هو الفرق الرئيسي بين الفولتميتر العادي وراسم الأشعة المهبطية حيث استخدمناه لقياس الفولتية المترددة ؟ وضّح ذلك.

5- أوجد حسابيا نسبة الخطأ في النتيجة العملية التي حصلت عليها في هذه التجربة.

obeikandl.com

Experiment No (27) تجربة رقم (27)

اسم التجربة : رسم المجال المغناطيسي

Experiment Name: Magnetic field planing

Experiment No (28) تجربة رقم (28)

اسم التجربة : حساب المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار كهربائي

Experiment Name: Magnetic Field Due to an Electric Current

Experiment Theory **نظرية التجربة (27.1 & 28.1)**

سنقدم هنا النظرية المشتركة للتجربتين الخاصتين بالمجال المغناطيسي. أفاد العالم أورستد (*Orested*) أنه إذا مر تيار كهربائي خلال سلك معدني فإن مجالاً مغناطيسياً (*Magnetic field*) يتولد حوله، واستدل على ذلك من خلال انحراف إبرة بوصلة (*Compass*) مجاورة للسلك كما أنه وجد أن السلك إذا كان طويلاً ومستقيماً فإن إبرة البوصلة تستقر بوضع يكون طولها مماساً لدائرة مركزها مركز السلك، وهذا يشير إلى أن المجال المغناطيسي المتولد عن مرور التيار يكون على شكل دائرة حول السلك، أما العالم أمبير (*Ampere*) فقد وجد عملياً أن مقدار شدة المجال المغناطيسي ($\vec{B}$) على مسافة (r) من سلك طويل

---

* ملاحظة : هذه النظرية مشتركة بين التجربتين (27) و (28).

يحـــمل تياراً كهربائياً (I) يتناسب عكسياً مع (r) وطردياً مع (I) أي أن :

$$B \propto \frac{I}{r}$$

$$B = k\frac{I}{r}$$

حيث (k) هو ثابت التناسب، وقد وجد عملياً أنه يساوي ($\frac{\mu_\circ}{2\pi}$) حيث ($\mu_\circ$) تمثـل النفاذية المطلقة للفراغ : *Permeability Constant*

$$\mu_\circ = 4\pi \times 10^{-7}\, H/m$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_\circ}{2\pi}\ \frac{I}{r}$$

ويمكن تحديد اتجاهه باستخدام قاعدة اليد اليمنى حيث يشير الإبهام إلى اتجاه التيـــار وبقية أصابع اليد إلى اتجاه المجال المغناطيسي.

يمكننا عملياً رسم خطوط المجال المغناطيسي بدلالـــة تـــأثيره علـــى إبـــرة مغناطيسية، حيث إن الإبرة المغناطيسية (مغناطيس صغير جداً) سوف تصطف فـــي اتجاه المجال المغناطيسي مشيراً قطبها الشمالي إلى اتجاه المجال المغناطيسي، ومـــن المستحسن استخدام برادة الحديد بدلاً من البوصلة لخفة وزنها، كمـــا أن جزيئـــات الحديد تتمغنط بسهولة وتعمل كل منها عمل إبرة مغناطيسية صغيرة، ولهذا تجد أنها تترتب على شكل خطوط تمثل خطوط المجال المغناطيسي المؤثر.

الغرض من التجربة (27.2 & 28.2) *Experiment Goal*

التجربة الأولى : رسم خطوط المجال المغناطيسي الناشئ عن سلك عمودي يسري خلاله.

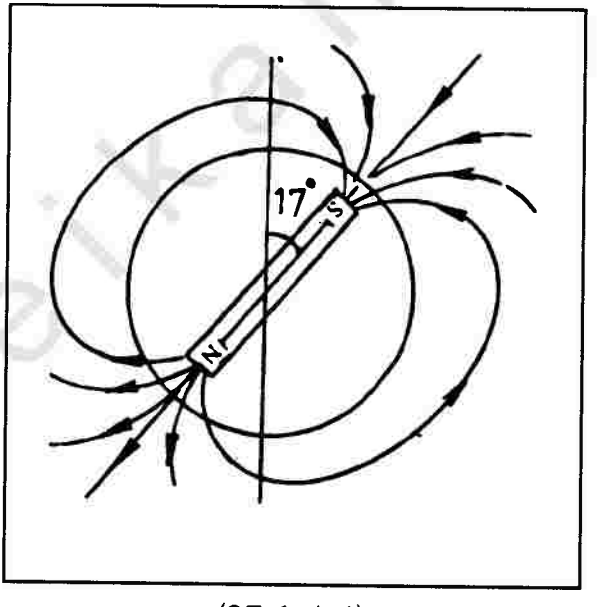
To plot the magnetic field lines round a current in a vertical wire.

التجربة الثانية : إيجاد المركبة الأفقية لشدة المجال المغناطيسي.

ملاحظة هامة *Important Note*

إن للأرض مجالاً مغناطيسياً يشبه إلى حد كبير المجال الذي يولده مغناطيس كبير داخل الأرض ينحرف محوره بزيادة مقدارها ($17°$) عن محور دوران الأرض إذا اعتبرنا محور دوران الأرض هو المحور الصادي في مجمل محاور متعامدة، انظر الشكل (27.1).

وسنتناول تجربتين من تجارب المجال المغناطيسي ذي الصلة بالتيار الكهربائي.



(شكل 27.1)

(27.3 & 28.3) الأجهزة المستخدمة *Apparatus*

مجهز قدرة مستمر (*d.c power supply*)، مقاومة متغيرة (*rheostat*)، مقياس تيار مناسب (*ammeter*)، سلك معدني لإمرار التيار الكهربائي (*metallic wire*)، قطعة من الكرتون (*carton Piece*)، أسلاك توصيل (*connecting wires*).

(27.4) التجربة الأولى : *First Experiment :*

رسم المجال المغناطيسي *Magnetic Field Planing*

(27.5) طريقة العمل *Procedure*

1- استعمل منضدة خالية من الأسلاك التي تحمل تياراً كهربائياً وبعيدة عن المواد القابلة للتمغنط (الأنابيب، النوافذ المعدنية المصنوعة من الحديد).

2- قم بتثبيت السلك النحاسي ويفضل أن يكون قطره (3-5 ملم) وهو داخل الأنبوبة بوضع عمودي على الأفق (يفضل استخدام حامل وماسك من الخشب)، انظر الشكل (27.2).

3- أدخل ورقة سميكة من الكرتون إلى منتصف الأنبوبة الزجاجية وثبتها بشكل يتعامد مع الأنبوبة.

4- قم بتوصيل الدائرة الكهربائية كما هو مبين في الشكل (27.2) مفتوحة واستخدم بوصلة لتحديد خط الزوال المغناطيسي (*N.S*).

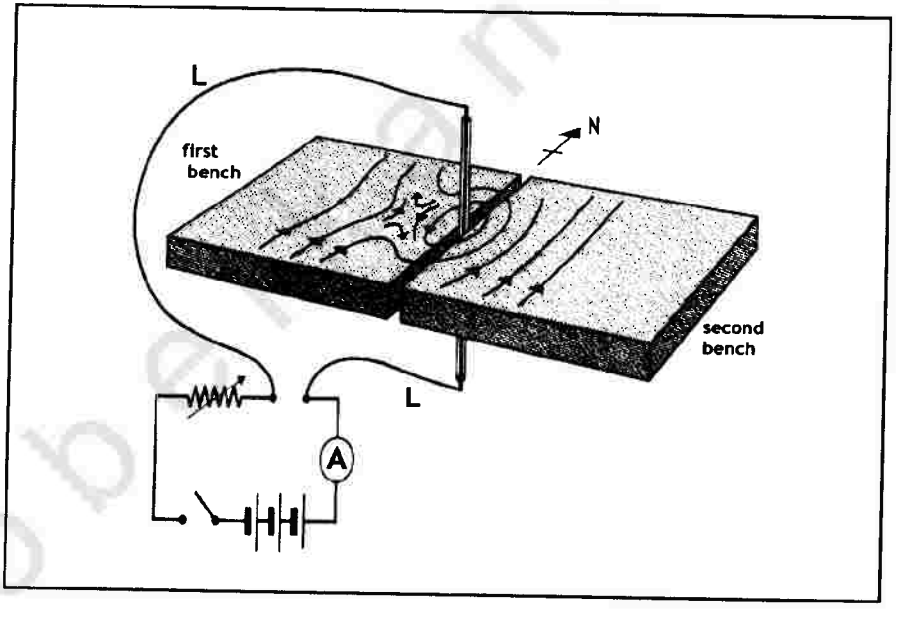
5- أغلق الدائرة وغيّر المقاومة (ريوستات) حتى تحصل على تيار مقداره (*I*) أمبير على الورقة برفق وباستمرار حتى تتمكن جزيئات الحديد من الاهتزاز.

6- بعد ذلك سوف نلاحظ كيف تصطف جزيئات برادة الحديد حول السلك على شكل دوائر منتظمة ومتحدة المركز مع السلك ، وفي المناطق الأبعد فالأبعد من السلك تكون الدوائر مشوهة بسبب تأثير المجال المغناطيسي للأرض. ارسم خطوط المجال المغناطيسي متتبعاً أثر برادة الحديد، ثم عين نقطة التعادل.

7- استخدم الآن بوصلة بدلاً من برادة الحديد لرسم خطوط المجال المغناطيسي ثم عين اتجاه المجال المغناطيسي باستخدام قاعدة اليد اليمنى.

8- اعكس اتجاه التيار وكرر الخطوات (8,7).

9- اعد التجربة عندما تكون قيمة التيار (2) أمبير بدلاً من (1) أمبير.



(شكل 27.2)

إن القطب المغناطيسي القريب من القطب الشمالي للأرض هـــو بالحقيقـــة قطب مغناطيسي جنوبي لأنه يجذب القطب الشمالي لأبرة البوصلة، كمـــا أن اتجـــاه المجال المغناطيسي للأرض يكون موازياً لسطح الأرض بالقرب من خط الاســـتواء وعمودياً على سطح الأرض في المناطق القريبة من القطبين، أما في بقية المنـــاطق الأخرى فيكون اتجاه المجال مائلاً بزاوية مع الأفق تدعى بزاويـــة الميـــل، وهـــي تختلف باختلاف المناطق المحصورة بين خط الاستواء والقطبين، وعندما تتســـاوى شدة المجال المغناطيسي في نقطة معينة مع شدة المجال المغناطيسي للأرض، فـــإن تلك النقطة تدعى نقطة التعادل لأن محصلة القوى المغناطيسية بها تكون صفراً.

في تجربتنا هذه إذا ما تساوت المركبة الأفقية لشدة المجـــال المغناطيســـي الأرضي مع شدة المجال المغناطيسي الذي يولّده التيار المار فـــي ســـلك عمـــودي تحصل على نقطة التعادل على مسافة (r) من السلك وبقياس شدة التيـــار (I) والمسافة (r) وباستخدام المعادلة :

$$B = \frac{\mu_o}{2\pi} \frac{I}{r}$$

نحصل على مقدار المركبة الأفقية لشدة المجال المغناطيسي (B) في المختبر.

(28.4) التجربة الثانية : *Second Experiment :*

حساب المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار كهربائي

Calculating of Magnetic Field Intensity (B)

(28.5) طريقة العمل *Procedure*

1- استخدم الدائرة السابقة في التجربة الأولى.

2- خذ تياراً مقداره (3 أمبير)، ثم ذر برادة الحديد واستخدم الطريقة نفسها في التجربة الأولى حتى تحصل على خطوط المجال المغناطيسي.

3- ارسم المجال المغناطيسي حول السلك.

4- ارسم المجال المغناطيسي حول السلك باستخدام البوصلة واستمر في تضييق المساحة التي تتضمن نقطة التعادل حتى تتمكن من تحديدها بصورة دقيقة، ولفرص التأكد من صحة الموقع مرر البوصلة من شمالها إلى جنوبها.

5- قم بقياس المسافة الفاصلة بين السلك النحاسي ونقطة التعادل (r).

6- احسب شدة المجال المغناطيسي (B) باستخدام المعادلة :

$$B = \frac{\mu_o}{2\pi}\ \frac{I}{r}$$

1- عرّف نقطة التعادل.

2- لماذا يكون شكل الدوائر الخاصة بالمجال المغناطيسي منتظماً كلما اقترب من السلك ومشوهاً كلما ابتعد عنه ؟

3- لماذا يكون القطب المغناطيسي الشمالي قريباً من القطب الجغرافي الجنوبي للأرض وكذلك العكس.

4- أوجد حسابيا نسبة الخطأ في النتيجة العملية التي حصلت عليها في هذه التجربة.

obeikandl.com