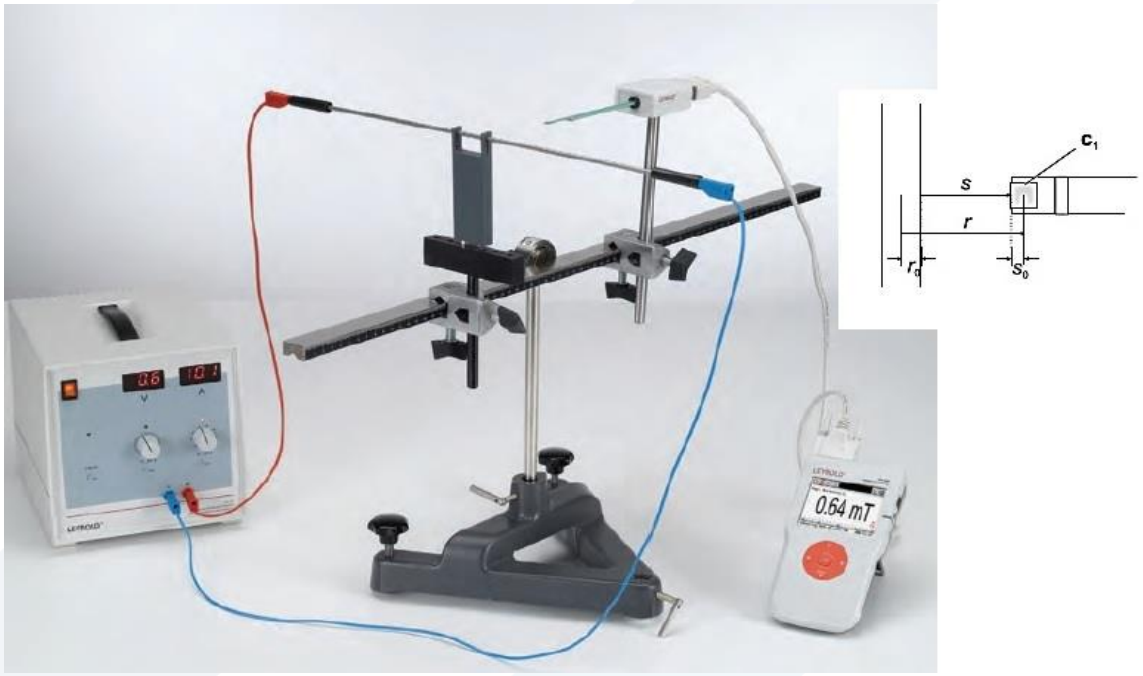
عملي فيزياء 2 " الروبوت والأنظمة الذكية " في مخبر الفيزياء



إعداد : م. علي اسماعيل

2024-2025

جَـامعة
المَـنارة
MANARA UNIVERSITY

الفهرس

رقم التجربة	اسم التجربة
1	قياس الحقل المغناطيسي المتولد عن ناقل مستقيم Measuring the magnetic field for a straight conductor
2	قياس الحقل المغناطيسي المتولد عن حلقات دائرية ناقلة Measuring the magnetic field for a circular conductor loops
3	تحديد المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي Determining the magnetic field longitude component of the earth
4	قياس الخطوط الطيفية لغاز خامل و أبخرة المعادن باستخدام الموشور كمحلل طيفي Measuring the line spectra of inert gases and metal vapors using a prism spectrometer
5	التمدد الحراري الطولي للأجسام الصلبة Linear thermal expansion of solid bodies
6	الحرارة النوعية للأجسام الصلبة Determing the specific heat of solid
7	دراسة شحن و تفريغ المكثفة Studying the charging and discharging of a capacitor

التجربة الأولى.

قياس الحقل المغناطيسي المتولد عن ناقل مستقيم

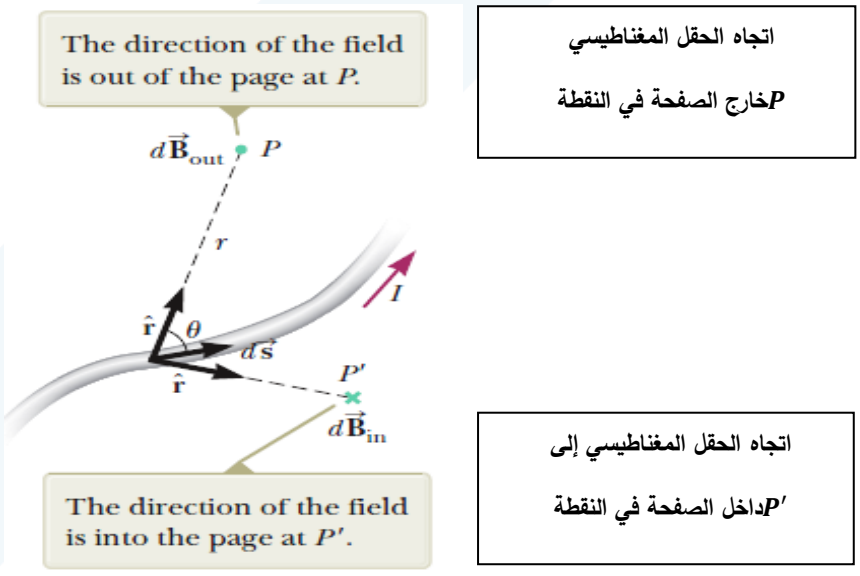
Measuring the magnetic field for a straight conductor

1–أهداف التجربة: Objects of the Experiment

- قياس الحقل المغناطيسي المتولد عن ناقل مستقيم كتابع لشدةالتيار، ثم كتابع للمسافة عن محور الناقل.	- Measuring the magnetic field for a straight conductor as a function of the current, thenas a function of the distance from the axis of the conductor.

2- مفاهيم أساسية: Principles

الحقل المغناطيسي $\vec{B}$المتولد في أي نقطة P تبعدعن ناقل مسافة r يمر خلاله تيار كهربائي Iكما هو موضح في الشكل (1)، يحسب بالاعتماد على قانون بيو سافارBio-Savart.



اتجاه الحقل المغناطيسي

خارج الصفحة في النقطة P

اتجاه الحقل المغناطيسي إلى

داخل الصفحة في النقطة P'

الشكل (1): الحقل المغناطيسي $d\vec{B}$ في نقطة

بسبب التيار المار عبر الطول العنصري $d\vec{s}$ يُعطى بقانون بيو-سافار

في نقطة $d\vec{B}$الشكل (1): الحقل المغناطيسي

.

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{Id\vec{s}\times\hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{Id\vec{s}.\sin\theta}{r^2} \qquad (1)$$

حيث المقدار $d\vec{s}\times\hat{r}$ يعبر عن الجداء الخارجي للشعاع العنصري $d\vec{s}$ وشعاع الواحدة $\hat{r}$:

$$d\vec{s}\times\hat{r} = |d\vec{s}|.|\hat{r}|.\sin\theta = ds.1.\sin\theta = ds.\sin\theta$$

- $d\vec{B}$ شعاع الحقل المغناطيسي عمودي على كل من $d\vec{s}$ (اتجاه التيار) وشعاع الواحدة $\hat{r}$ الموجه من $d\vec{s}$ إلى النقطة P.
- قيمة (مقدار) $d\vec{B}$ تتناسب عكساً مع r^2، حيث r بعد $d\vec{s}$ عن النقطة P.
- قيمة $d\vec{B}$ تتناسب طرداً مع التيار ومع القيمة العددية ds لطول العنصر التفاضلي $d\vec{s}$.
- قيمة $d\vec{B}$ تتناسب طرداً مع $sin\theta$، حيث θ الزاوية بين الشعاع $d\vec{s}$ وشعاع الواحدة $\hat{r}$.

حيث μ_0 ثابت يُدعى بنفاذية المغناطيسيةللفراغ (الخلاء) ويساوي:

$$\mu_0 = 4\pi.10^{-7}\left[\frac{Tesla.meter}{Amp\grave{e}re}\right] = 4\pi.10^{-7}\left[\frac{T.m}{A}\right]$$

لحساب الحقل المغناطيسي الكلي يجب مكاملة العلاقة (1) على طول الناقل:

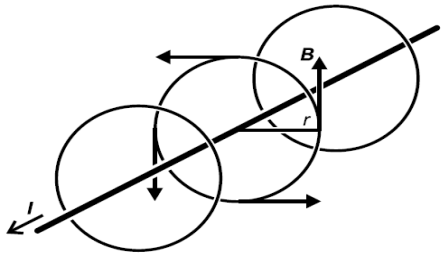
$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\int\frac{Id\vec{s}\times\hat{r}}{r^2} \qquad (2)$$

2-1- شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن ناقل مستقيم متجانس وطوله لانهائي:

القيمة العددية للحقلالمغناطيسي (أي شدة الحقل المغناطيسي)المتولد في نقطة، تبعد مسافة rعن محور الناقل المستقيم الذي يمر فيه تيار شدته Iتُعطى بالعلاقة التالية:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = 2.10^{-7}\frac{I}{r}(3)$$

وتكون خطوط الحقل المغناطيسي متحدة المركز حول محور الأسطوانة، كما هو موضح في الشكل (2).



الشكل (2): الحقل المغناطيسي المتولد عن ناقل مستقيم طويل (لانهائي).

3 – الأجهزة والأدوات: Equipment

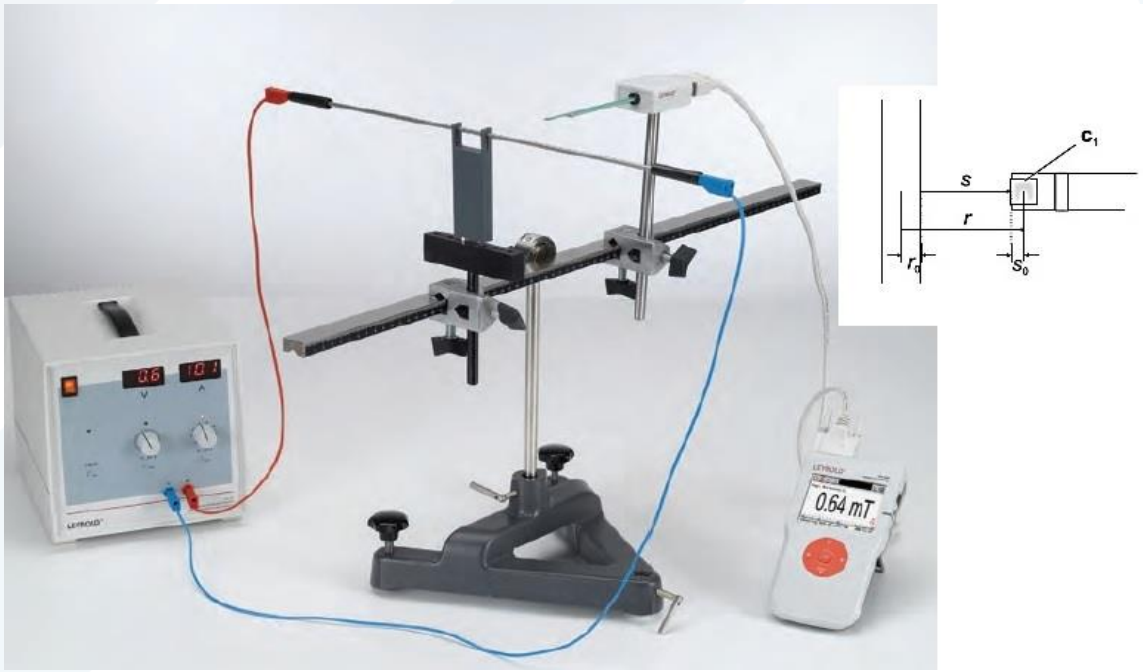
1 مجموعة من أربع نواقل. 1 مقياس تسلا. 1 كابل محوري حساس. 1 كابل مماسي حساس. 1 أسلاك توصيل متعدد. 1 منبع نغذية ذات تيار مرتفع. 1 مقعد ضوئي صغير. 1 ممسك (حامل) للعناصر. 2 ملازم ليبولد. 1 قاعدة حمل على شكل حرف V بطول 28 سم.	1 Set of 4 current conductors. 1 teslameter. 1 axial B-probe. 1 tangential B-probr. 1 multicore cable, 6-pole. 1 high current power supply. 1 small optical bench. 1 holder for plug-in elements. 2 Leyboldmulticlamps. 1 stands base, V-shape, 28 cm.

4- خطوات العمل وتنفيذ التجربة:Setup and carrying out the experiment

أولاً –الحقل المغناطيسي المتولد عن ناقل مستقيم: Magnetic field of a straight conductor

a) الحقل المغناطيسي المتولد عن ناقل مستقيم في النقطة $s = 0$ كتابع لشدة التيار.

(1) صل الدارة كما في الشكل (3).



Experiment setup for measuring the magnetic field at a straight conductor.

الشكل (3): طريقة وصل التجربة من أجل الحقل المغناطيسي المتولد عن سلك ناقل.

(2) شغل الجهاز المتصل بحساس الحقل المغناطيسي وضعه على وضع قياس الحقل المغناطيسي.

(3) يتم تفعيل الحساس المماسي للمقياس من خلال menu أو ضغط ok ومن ثم أتباع الخطوات التالية:

1- وضع sensor على وضعtangential.
2- وضع rang على الوضع automatic.
3- عند التسجيل recording نختار الوضع RMS.
4- نضع options على وضع 0.
5- نعود بالأسهم.
6- نعاير أو نضع الـ correction على القيمة الموجودة بالجدول من أجل $I = 20\ A$ (في حالات خاصة قد لا نحتاجها).

(4) أضبط المسافة بين الحساس والسلك $s = 0$ أي الحساس يلامس السلك، كما هو موضح في الشكل(3)، مع الأخذ بعين الاعتبار أن $r = r_0 + s_0 + s$، حيث أن $2r_0 = 4mm$ يمثل قطر السلك، $s_0 =$ $2mm$ تمثل بعد مركز الحساس عن سطح السلك، r تمثل المسافة من منتصف الحساس إلى منتصف السلك.

(5) غير قيم شدة التيار كما هو موجود بالجدول (1) وسجل قيم شدةالحقل المغناطيسي، ثم أحسب قيم شدة الحقل المغناطيسي نظرياً باستخدام العلاقة (3).

جدول (1): الحقل المغناطيسي المتولد عنناقل مستقيم كتابع لشدة التيار I، في النقطة $s = 0$،

$I[A]$	$B[mT]$ تجريبياً من المقياس	$B[mT]$ نظرياً
0		
2		
4		
6		
8		
10		
12		
14		
16		
18		
20		

(6) ارسم الخط البياني الذي يعبر عن تغيرات شدة الحقل المغناطيسي(B(mT بتابعية شدة التيار (I(A.

(7) احسب ميل الخط البياني، ماذا يمثل الميل؟ وبالاعتماد على قيمة الميل،استنتج قيمة μ_0،أكتب واحدة قياسها.

b) الحقل المغناطيسي المتولد عن ناقل مستقيم يمر فيه تيار ثابت، كتابع للمسافة S عن الناقل.

(1) أضبط قيمة التيار $I = 20A$.

(2) أضبط المسافة S بين الحساس والناقل، على القيم المبينة في الجدول (2)، وسجل قيم شدة الحقل المغناطيسي، ثم أحسب قيم شدة الحقل المغناطيسي نظرياً باستخدام العلاقة (3).

الجدول (2): تغير اتشدة الحقل المغناطيسي المتولدة عن ناقل مستقيم يمر فيه تيار ثابت، كتابع للمسافة S.

$B[mT]$ نظرياً	$r = r_0 + s_0 + s$ $[mm]$	$B[mT]$ تجريباً	$s[mm]$
			0
			2
			4
			6
			8
			10
			15
			20

(3) ارسم الخط البياني الذي يعبر عن تغيرات شدة الحقل المغناطيسي B(mT) بتابعية المسافة $s(mm)$، ماذا تلاحظ؟

(4) استنتج من الجدولين (1) و (2)، تأثير تغير كل من شدة التيار، والمسافة، على شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن ناقل مستقيم، ثم وضح طبيعة العلاقة التي تربط بينها.

(5) ما هي أهداف التجربة.

(6) اكتب العلاقة المستخدمة في قياس شدة الحقل المغناطيسي المتولد عن ناقل مستقيم مع ذكر دلالة الرموز وواحدة قياس كل منها في الجملة الدولية.

5- خطوات إضافية مقترحة :

التجربة الثانية.

قياس الحقل المغناطيسي المتولد عن حلقات دائرية ناقلة

Measuring the magnetic field for a circular conductor loops

1–أهداف التجربة: Objects of the Experiment

- قياس الحقل المغناطيسي المتولد عن حلقة دائرية الشكل كتابع لشدة التيار. - قياس الحقل المغناطيسي المتولد عن حلقات دائرية الشكل كتابع لتغير نصف قطر الحلقة والمسافة عن مركز الحلقة.	- Measuring the magnetic field for a circular conductor loops as a function ofthe current. - Measuring the magnetic field of circular conductor loops as a function of the the loop radius and the distance from the loop.

2- مفاهيم أساسية: Principles

تُحسب شدة الحقل المغناطيسيBالمتولد عن حلقة ناقلة دائرية الشكل من العلاقة التالية:

$$B = \frac{\mu_0}{2}.I.\frac{R^2}{(R^2+X^2)^{3/2}} = 2\pi.10^{-7}.I.\frac{R^2}{(R^2+X^2)^{3/2}} \quad (4)$$

حيث إن:

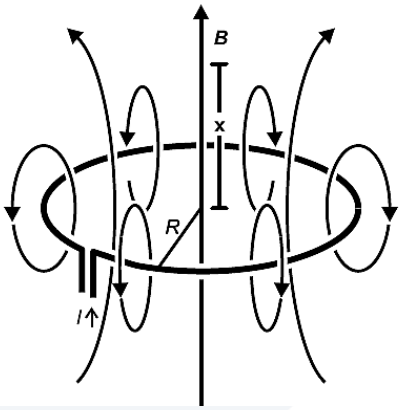
X: تمثل البعد عن مركز الحلقة (أي النقطة المراد تعيين الحقل المغناطيسي فيها).

R: نصف قطر الحلقة.

لحساب الحقل المغناطيسي المتولد في مركز الحلقة (أي عندما $X = 0$) تصبح العلاقة السابقة على الشكل التالي:

$$B = \frac{\mu_0}{2R}.I = 2\pi.10^{-7}\frac{I}{R} \quad (5)$$

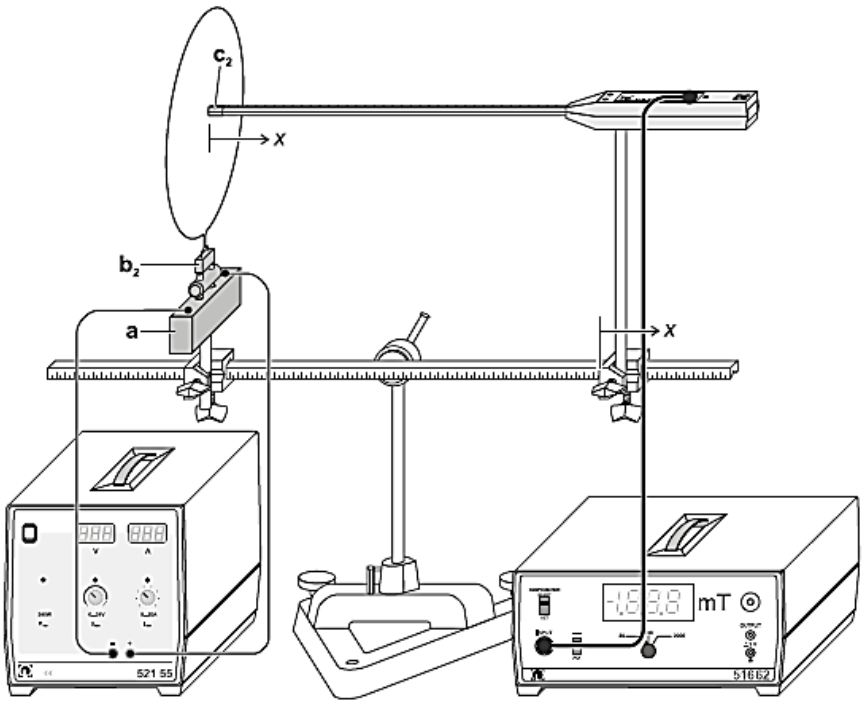
الحقل المغناطيسي المتولد عن حلقة ناقلة دائرية الشكل: Magnetic field of at a straight circular conductor loops:



الشكل (4): يبين خطوط الحقل المغناطيسي في ناقل على شكل دائرة نصف قطره R

a) الحقل المغناطيسي المتولد في مركز الحلقة $X = 0$ كتابع لشدة التيار.

(1) ضع الحلقة التي قطرها(2R=40 mm)، في المكان المخصصكما هو موضح في الشكل (5).



Experiment setup for measuring the magnetic field at a circular conductor loops.

الشكل (5): طريقة وصل التجربة من أجل الحقل المغناطيسي المتولد عن سلك على شكل دائرة.

(2) أضبط الحساس المحوري axial لحساس مقياس تسلا في مركز الحلقة $X = 0$.

(3) شغل الجهاز المتصل بحساس الحقل المغناطيسي وضعه على وضع قياس الحقل المغناطيسي.

(4) يتم تفعيل الحساس المحوري لمقياس تسلامن خلال menu أو ضغط ok ومن ثم أتباع الخطوات التالية:

1- وضع sensor على وضعaxial.

2- وضع rang على الوضع automatic.

3- عند التسجيل recording نختار الوضع RMS.

4- نضع options على وضع 0.

5- نعاير أو نضع الـ correction على القيمة الموجودة بالجدول من أجل $I = 20\ A$ (في حالات خاصة قد لا نحتاجها).

(5) غير في قيم شدة التيار كما هو موجود بالجدول (1)، وسجل قيم شدة الحقل المغناطيسي التجريبية من مقياس تسلا، في الجدول.

(6) أحسب شدة الحقل المغناطيسي B في مركز الحلقة (أي عندما $X = 0$) نظرياً، باستخدام العلاقة(5).

الجدول (1):شدة الحقل المغناطيسي B في مركز الحلقة (أي عندما $X = 0$)، كتابع لشدة التيار I.

$I[A]$	$B[mT]$ تجريباً	$B[mT]$ نظرياً
0		
2		
4		
6		
8		
10		
12		
14		
16		
18		
20		

ماذا تستنتج ؟

(7) أرسم تغيرات الحقل المغناطيسي B المتولد عن الحلقة التي قطرها (40 mm) كتابع لشدة التيار I، في مركز الحلقة الدائرية.

(8) احسب ميل الخط البياني، ماذا يمثل الميل؟ وبالاعتماد على قيمة الميل،استنتج قيمة μ_0،أكتب واحدة قياسها.

c) الحقل المغناطيسي المتولد عن حلقات بأقطار مختلفة يمر فيها تيار ثابت، كتابع للمسافة X عن مركز الحلقة.

(1) ضع الحلقة التي قطرها(2R=80 mm)، في المكان المخصص.

(2) أضبط قيمة التيار $I = 20A$.

(3) أضبط المسافة X بين منتصف الحساس المحوري ومركز الحلقة ، وسجل قيم شدة الحقل المغناطيسي من مقياس تسلا في الجدول (2).

الجدول (2): الحقل المغناطيسي المتولد عن حلقة يمر فيها تيار ثابت، كتابع للمسافة X عن مركز الحلقة.

$2R = 80\ mm$		
$X[cm]$	$B[mT]$ تجريبياً	$B[mT]$ نظرياً
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

ماذا تستنتج ؟

(4) كرر الخطوات (2)، (3)، من أجل الحلقة التي قطرها (2R=120 mm) و سجل النتائج في الجدول (3)

الجدول (3): الحقل المغناطيسي المتولد عن حلقة يمر فيها تيار ثابت، كتابع للمسافة X عن مركز الحلقة.

$2R = 120\ mm$		
$X[cm]$	$B[mT]$ تجريبياً	$B[mT]$ نظرياً
0		
1.5		
3		
4.5		
6		
7.5		
9		

أرسم المنحني البياني الذي يعبر عن تغيرات B بتابعية X من أجل الحلقات السابقة على نفس المحاور الاحداثية، ماذا تستنتج؟

خطوات إضافية مقترحة :

التجربة الثالثة.

تحديد المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي

Determining the magnetic field longitude component of the earth

1–أهداف التجربة: Objects of the Experiment

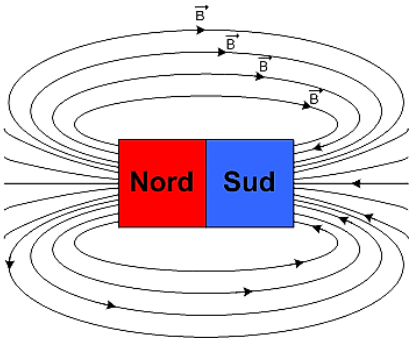
تعيين المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي B_H باستخدام مقياس غلفانومتر الظل.	Determing the magnetic field longitude component of the earth B_H using the Tangent Galvanometer.

2- مفاهيم أساسية: Principles

تمتلك الكرة الأرضية التي نعيش عليها حقلاً مغناطيسياً، وقد استعمل الإنسان أثره منذ القديم في التوجه وذلك بوساطة البوصلة، انظر الشكل (1). حيث يتجه القطب الشمالي لإبرتها نحو الشمال الجغرافي تقريباً.

شكل (1): بوصلة.

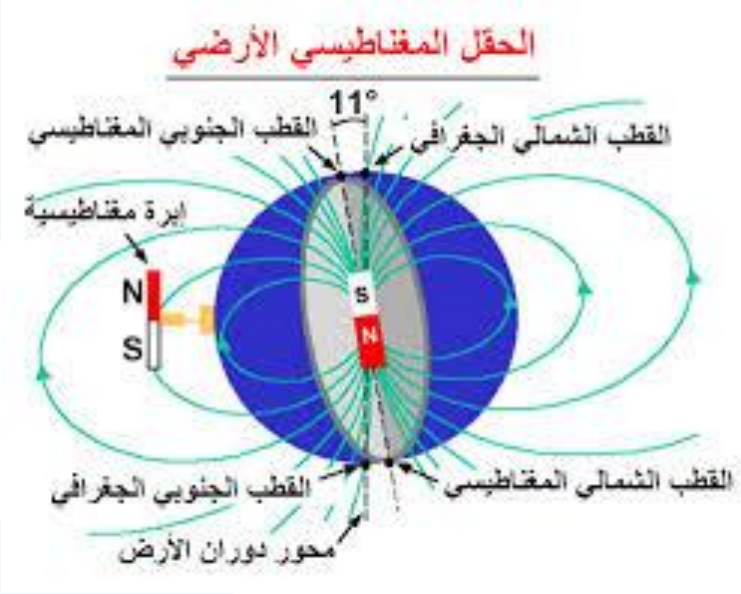
يملك المغناطيس قطبين، شمالي وجنوبي وتخرج خطوط الحقل المغناطيسي للمغناطيس من قطبه الشمالي وتدخل في قطبه الجنوبي، انظر الشكل (2).



شكل (2): خطوط الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ لمغناطيس.

جنوب	≡	Sud	South
شمال	≡	Nord	North

تتنافر الأقطاب المغناطيسي المتشابهة بينما تتجاذب الأقطاب المغناطيسي المختلفة. وهكذا يجب أن تمتلك الأرض قطباً مغناطيسياً جنوبياً في شمالها الجغرافي لأنها تجذب القطب الشمالي المغناطيسي للإبرة، وأن تملك قطباً مغناطسياً شمالياً في جنوبها الجغرافي. من أجل إزالة التشويش في استعمال الشمال المغناطيسي والشمال الجغرافي اصطلح على تسمية القطب الجنوبي المغناطيسي للأرض بالقطب الشمالي ليكون في جهة الشمال الجغرافي لها، وعلى تسمية قطبها الشمالي المغناطيسي بالقطب الجنوبي ليكون في جهة الجنوب الجغرافي لها، وهذا يفسر خروج خطوط حقلها المغناطيسي من القطب الجنوبي ودخولها في القطب الشمالي للأرض، انظر الشكل (3).



شكل (3): اتجاه خطوط الحقل المغناطيسي الأرضي.

ملاحظة:

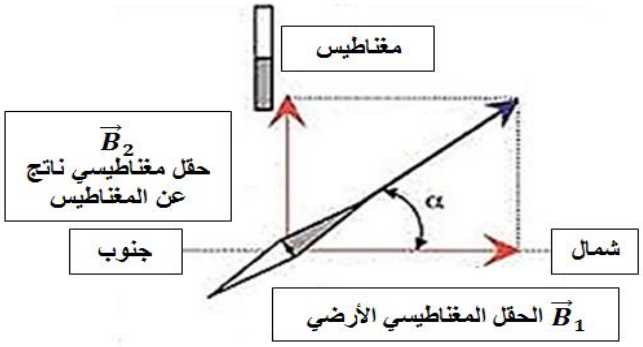
يُستخدم المغناطيس الدائم المغنطة كبوصلة. إن المغناطيس الدائم المغنطة سواء كان معلقاً أو قابلاً للدوران بحرية، أو مُرَكباً فوق إبرة مؤنفة فإن إحدى نهايتيه تشير دائماً إلى الشمال، وهذه النهاية تُدعى القطب الشمالي للمغناطيس، والنهاية الأخرى تُدعى القطب الجنوبي. وبأي طريقة أزحنا فيها المغناطيس الدائم المغنطة أو الإبرة المغناطيسية عن وضع الاستقرار فسوف يعودان دائماً إلى الاستقرار باتجاه شمال جنوب، وأي مغناطيس قابل للحركة بحرية سوف يشير قطبه الشمالي إلى القطب الشمالي الجغرافي للأرض الذي هو في الحقيقة قطب مغناطيسي جنوبي. ويمكن التحقق من ذلك تجريبياً بسهولة.

إذا طبقنا حقل مغناطيسي ناظمي (عمودي) معلوم الشدة B_2 على إبرة مغناطيسية فإنها ستدور بزاوية α، انظر الشكل (4)، تستقر عندها، ويتعلق وضع التوازن بكل من المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي $\vec{B}_1 = \vec{B}_H$ والحقل المغناطيسي المطبق $\vec{B}_2$، وتكون محصلة الحقل المطبق هي:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 \qquad (1)$$

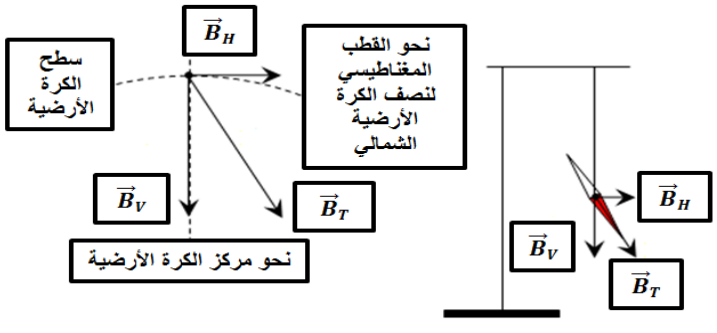
أما العلاقة بين طويلتي الحقلين B_1 و B_2 فهي:

$$B_2 = B_1 . tg\alpha \qquad (2)$$



شكل (4): انحراف إبرة بوصلة بزاوية α تحت تأثير حقل مغناطيسي ناتج عن مغناطيس.

يمكن أيضاً أن نُمثل الحقل المغناطيسي الأرضي الكلي $\vec{B}_T$ وفق الشكل (5).



شكل (5): توضيح الحقل المغناطيسي الأرضي الكلي $\vec{B}_T$: حيث $\vec{B}_H$ المركبة الأفقية المتجهة نحو القطب المغناطيسي لنصف الكرة الأرضية الشمالي، و $\vec{B}_V$ المركبة الناظمية (العمودية) المتجهة نحو مركز الكرة الأرضية.

يُعتمد عادةً على هذه العلاقة لحساب شدة المركبة الأفقية للحقل المغناطيس الأرضي، وذلك باستخدام **جهاز غلفانومتر الظل(Tangent Galvanometer)**ويتألف منوشيعة شاقولية دائرية قطرها$(2a = 15.10^{-2}m)$، وعدد لفاتها قابل للتغيير بحسب وضع المربطين اللذين نأخذهما للوشيعة وهو$(n = 2\ ,\ 50\ ,500)$.يوجد في مركز الوشيعة علبة تحوي قرصاً مُدرجاً حتى 360^o، ويوجد في مركزه إبرة مغناطيسية مُثبت عليها مؤشر. ويرتكز جهاز الغلفانومتر على قاعدة ذات ثلاثة أرجل لولبية، انظر الشكل (6). تولد الوشيعة حقلاً مغناطيسياً معامداً لمستويها شدته تُعطى بالعلاقة الآتية:

$$B_2 = n.\frac{\mu_0 I}{2a} \qquad (3)$$

حيث أن:

n.عدد لفاتها

I.شدة التيار المار فيها

a .نصف قطرها

B.شدة الحقل المغناطيسي تقاس في الجملة الدولية بـ$(Tesla)$.

بتعويض المعادلة (3) بالمعادلة (2) نجد أن المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي $B_1 = B_H$ تعطى بالمعادلة التالية:

$$n.\frac{\mu_0 I}{2a} = B_1.tg\alpha \rightarrow \quad B_1 = n.\frac{\mu_0 I}{2a.tg\alpha} \qquad (4)$$

ولكن نعلم أن:

$$\mu_0 = 4\pi.10^{-7}\frac{T.m}{A}$$

وأن نصف قطر الوشيعة a معطى بـ cm نحول إلى m نعوض في المعادلة (4) نجد:

$$B_1 = B_H = n.\frac{4\pi.10^{-7}I}{2atg\alpha} = \frac{2\pi.10^{-7}.n.I}{a.tg\alpha} \quad (T) \qquad (5)$$

من المعادلة (5) نجد:

$$I = \frac{a.B_H}{2\pi.10^{-7}.n}\ tg\alpha \qquad (6)$$

برسم المنحني البياني $I = f(tg\alpha)$، فإننا نحصل على خط مستقيم ميله يساوي:

$$m = \frac{\mathrm{a}.B_H}{2\pi.10^{-7}.n} \qquad (7)$$

ومنه نستطيع حساب المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي.

نعلم أن:

$$1T = 10^4\ Gauss$$

شكل (6): يُبين شكلين لغلفانومتر الظل.

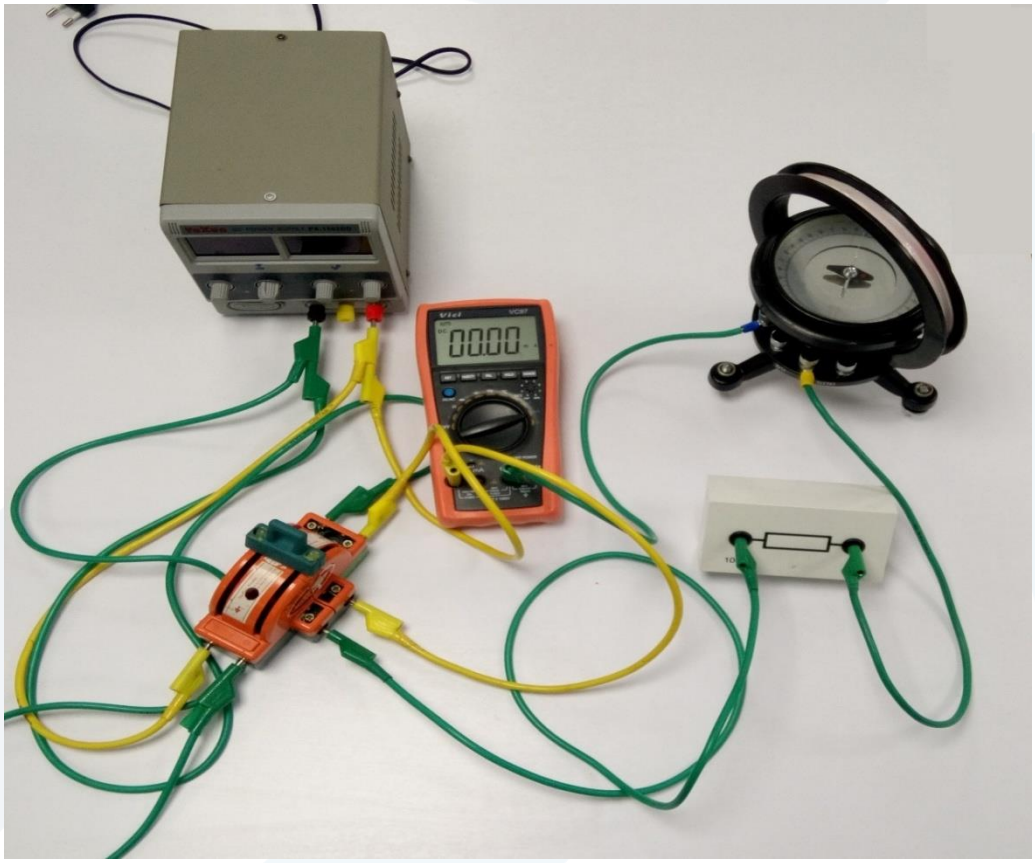
3- الأجهزة والأدوات:

(1) جهاز غلفانومتر الظل، شكل (6).
(2) مولد جهد مستمر، ومقياس آفو متعدد الأغراض لقياس شدة التيار.
(3) علبة مقاومات.
(4) قاطعة عاكسة.

أسلاك توصيل.

4- خطوات العمل وتنفيذ التجربة:Setup and carrying out the experiment

يُبيّن الشكل(7) الدارة المستخدمة في القياسات التجريبية.



شكل (7): الدارة المستخدمة في القياسات التجريبية.

(1) دور قاعدة غلفانومتر الظل بحيث تقع الإبرة المغناطيسية في مستوى الحلقة (المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي يقع في مستوى الحلقة).

(2) دور القرص المدرج بحيث يشير مؤشر الإبرة على التدريج صفر.

(3) صل الدارة كما هو موضح في الشكل (7).

(4) أدخل الوشيعة ذات اللفات $n = 50$ في الدارة.

(5) أغلق القاطعة.

(6) طبق فرقاً في الكمون قدره عدّة فولتات، إلى أن يمر في الدارة تيار قدره $I = 0.02A$.

(7) سجل الانحراف الموافق لغلفانومتر الظل α_1.

(8) اعكس القاطعة فتنحرف الإبرة بالاتجاه المناظر للسابق، وسجل الانحراف المناظر α_2، مع مراعاة كون الانحرافات محصورة بين 20^o و 60^o.

(9) كرر الطلب (6)، (7)، (8)، السابق من أجل قيم مختلفة لـ I .

(10) احسب قيمة $\mathrm{B_H}(Tesla)$ من العلاقة (5) مع العلم أن قطر الملف 15cm .

جدول (1).

$I(A)$	الأنحراف في الأتجاه المباشر α°_1	الأنحراف في الأتجاه العكسي α°_2	$\bar{\alpha}^{\circ}$	$tg\bar{\alpha}$	$B_H(T)$	$B_H(G)$
0.02						
0.03						
0.04						
0.05						
0.06						
0.07						
0.08						

(11) أحسب الأخطاء المرتكبة في قياس المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي B_H بطريقة المتوسط الحسابي.

(12) أرسم على الورقة الميلمترية المنحني البياني $I = f(tg\alpha)$، ماذا تلاحظ؟

(13) أحسب ميل الخط البياني، ماذا يمثل الميل، أذكر واحدة قياسه، ثم أستنتج بيانياً قيمة المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي. ماذا تلاحظ؟

(14) أحسب الأخطاء المرتكبة في قياس المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي بالطريقة اللوغاريتمية.

ملاحظة:

يبيّن الجدول (2) بعض القيم للحقل المغناطيسي.

جدول (2): بعض القيم للحقل المغناطيسي.

المنبع (أو المصدر)	قيمة الحقل المغناطيسي
الحقل المغناطيسي لدماغ الكائن البشري (مُقاس عند سطح الجمجمة)	$B = 10^{-15}T$
الحقل المغناطيسي الأرضي (مُقاس عند سطح الكرة الأرضية)	$B = 4{,}7.10^{-5}T \cong 0{,}5G$
الحقل المغناطيسي لمغناطيس دائم المغنطة (مُقاس على بعد بضع ميليمترات من سطحه)	$B = [0{,}1 - 1]T$

تنويه:

$$1[T] = 10^4[G]$$

5– ماذا تستنتج مما سبق؟

خطوات إضافية مقترحة:

التجربة الرابعة.

قياس الخطوط الطيفية لغاز خامل وأبخرة المعادن باستخدام الموشور كمحلل طيفي

Measuring the line spectra of inert gases and metal vapors

using a prism spectrometer

1–أهداف التجربة: Objects of the Experiment

• ضبط الموشور الطيفي.	• Adjusting the prism spectrometer
• معايرة الموشور الطيفي مع المنبع الضوئي لضوء الهليوم.	• Calibrating the prism spectrometer with an He-lamp.
• قياس الخطوط الطيفية غير المعروفة.	• Measuring an "unknown" line spectrum.
• التعرف على مصدر الضوء المجهول.	• Identifying the unknown light source
• حساب قرين انكسار الموشور و طاقة الخطوط الطيفية	• Calculating the prism refractive index and spectral lines energy

2- مفاهيم اساسية Principles:

نضع الغاز وبخار المعدن، الذي أثير لكي يشع (أي أن المادة اكتسبت طاقة أدت إلى انتقال إلكترون إلى السويات الطاقية الأعلى أي أصبحت المادة مثارة Excited).

ستصدر المادة طيف خطي بأطوال موجية، التي تكون متعلقة بطبيعة وخصائص السويات الطاقية للمادة، بقياس هذه الأطوال الموجية، يمكننا أن نخلص إلى استنتاجات حول طبيعة المادة.

يمكننا استخدام الموشور لفصل الأطياف الخطية، إن الأطوال الموجية تتعلق بقرينة انكسار الموشور n (**المصنوع من مادة زجاج فلينت –flint glass**) في هذه التجربة.

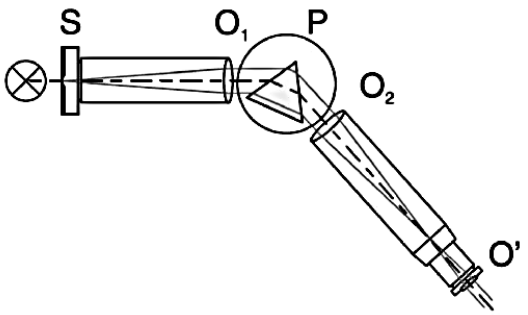
الأشعة المنكسرة من الموشور قد قسمت ونشرت بأطياف متباعدة بالاعتماد على أطوالها الموجية، حيث الأطوال الموجية القصيرة هي الأكثر انحرافاً من الأطوال الموجية الطويلة.

في مطياف الموشور ينتشر الضوء الناشئ بطريقة متباينة من خلال شق S، حيث يمكن معايرة طول وعرض هذا الشق، ويسلط الضوء على عدسة O_1 تبعد عن الشق مسافة تساوي بعدها المحرقي، انظر الشكل (1).

الشق والعدسة تُشكلان المجمع (Collimator) (أي تسمحان بتجميع الحزمة الضوئية وجعلها متوازية)، وراء العدسة، يسقط الضوء على الموشور P كأشعة متوازية، أي أن كل الأشعة الواردة على الموشور لها زاوية ورود واحدة.

سوف يعاني الضوء من انكسار بالموشور، وكل طول موجي سينحرف بزاوية مختلفة، بالنهاية العدسة الثانية O_2 ستجمع كل الأشعة التي لها طول موجي محدد كصورة عن الشق S في سطح المحرق للعدسة.

يمكننا ملاحظة ذلك باستخدام العدسة العينية O'. عدسة الهدف O_2 والعدسة العينية O' يشكلان تلسكوب فلكي (منظار فلكي) يجمع الأشعة في اللانهاية.



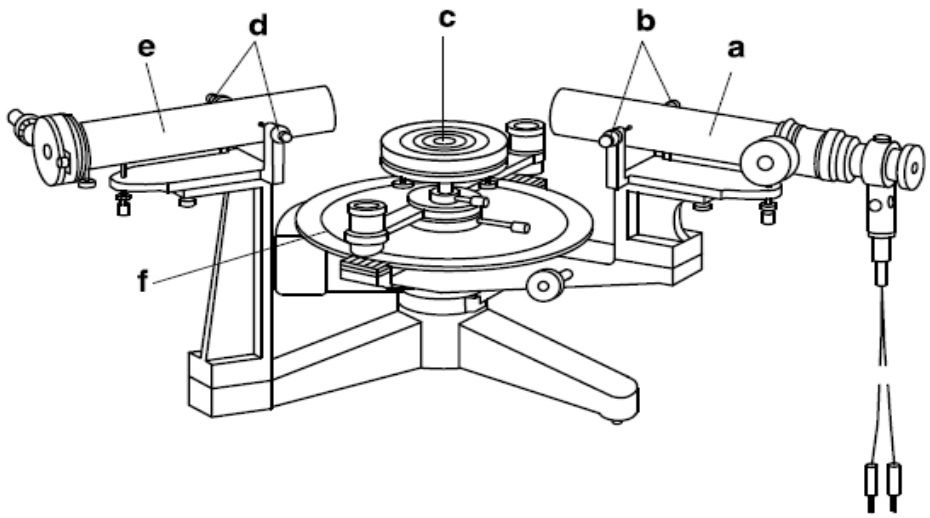
الشكل (1): مسار الشعاع الضوئي في الموشور الطيفي.

Beam path in a prism spectrometer.

يتم وضع الموشور بحيث يكون مسار الحزمة الضوئية متناظرة من أجل الطيف المتوسط، وبالتالي فإن الانحراف ضئيل، وهذا بدوره يعطي أعلى دقة للقياسات الطفيفة أو الدقيقة (فصل دقيق للخطوط الطيفية).

يتم تركيب التلسكوب (المنظار) على ذراع وحلقة ربط بحيث يمكن قياس زوايا الانحراف، عندما يتم تشغيل التلسكوب، تشاهد من العينية خطين متقاطعين ومتعامدين يتم تحريك التلسكوب ليكون الخط الطيفي منطبق على الخط الشاقولي، لنتمكن من قياس الزوايا، وبالتالي موضع كل خط طيفي.

إن التلسكوب مجهز بقرص دائري مدرجة (القرص مدرج بأصغر تدريجة تساوي نصف درجة) وفرنيه تساعد في القياس التي تدل على الخط الطيفي بشكل دقيق.

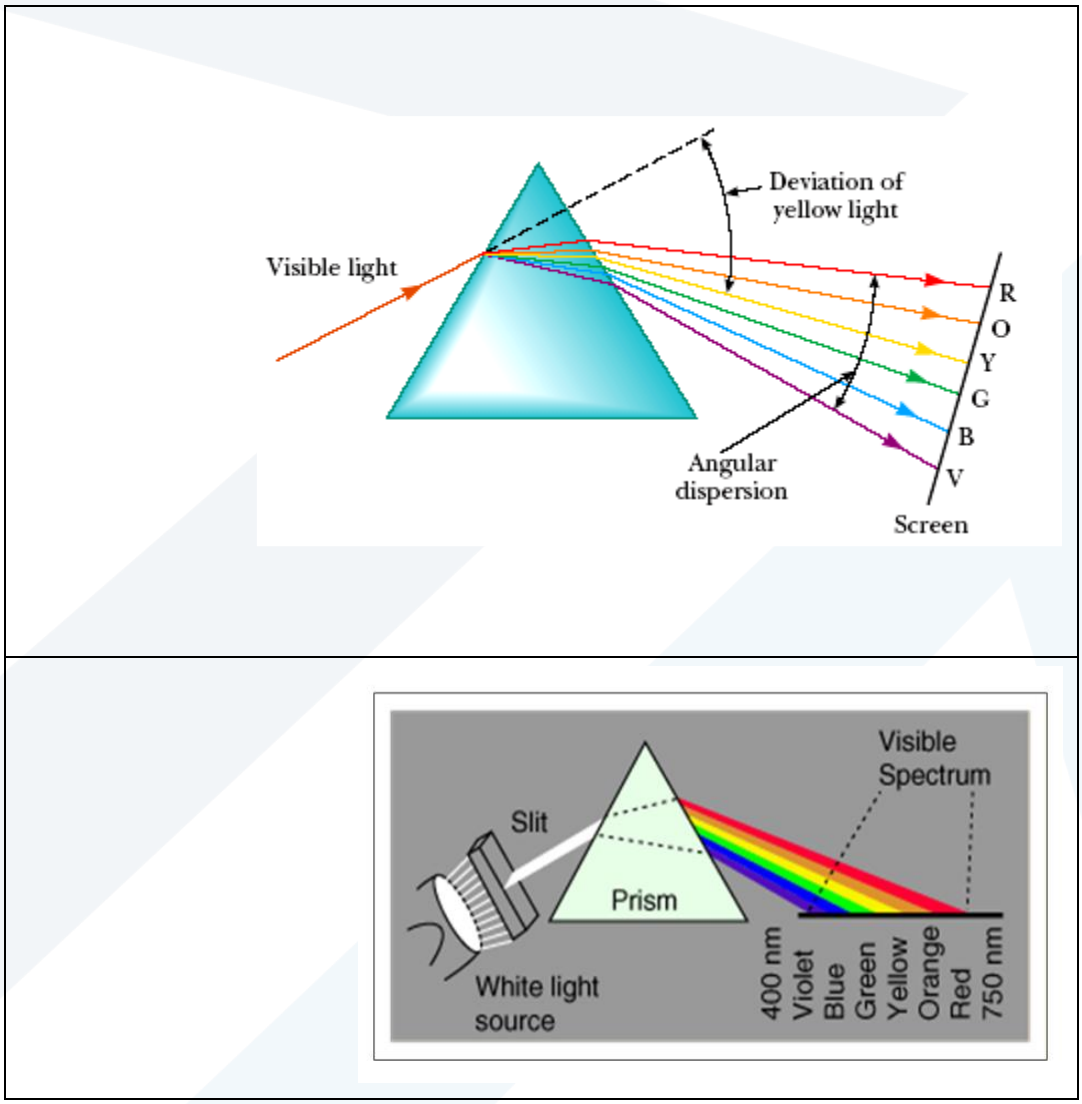


الشكل (2): المحلل الطيفي.

(a)	Telescope	المنظار
(b)	Adjusting screw for laterally displacing the collimator	ضبط المسار لإزاحة المجمع أفقياً
(c)	Prism table	حامل الموشور
(d)	Adjusting screw for laterally displacing the telescope	ضبط المسار لإزاحة التلسكوب أفقياً
(e)	Collimator	المجمع
(f)	Spectrometer base unit	وحدة القياس للمحلل الطيفي

3- – تحديد زاوية الانحراف:

إذا سقطت على أحد وجهي موشور ثلاثي حزم متوازية من ضوء مركب كما هو موضح في الشكل (3)، برزت منه حزمة تنحرف أشعتها بزوايا انحراف مختلفة، وذلك لتغير قرينة انكسار الموشور بتغير طول موجة الضوء الساقط أو الوارد عليها، أي بتغير لونه.



شكل (3): تبدد الضوء الأبيض أثناء مروره عبر موشور.

لدراسة سير الأشعة في الموشور، نفترض وجود الموشور الذي مقطعه PQS , يرد عليه الشعاع الضوئي وفق المنحى AB على الوجه PQ (السطح الفاصل بين الوسطين الشفافين هواء – زجاج) في النقطة C صانعا زاوية θ_1 . ينكسر هذا الشعاع داخل الموشور وفق المنحى CE ، محدثا زاوية $\grave{\theta}_1$ مع الناظم في PS) –فيرد على الوجه PS (السطح الفاصل بين الزجاج و الهواء) محدثا زاوية $\grave{\theta}_2$ ثم ينكسر ثانية بارزا من الموشور صانعا زاوية البروز θ_2 .

يكون الموشور عادة مصنوعاً من زجاج قرينة انكساره المطلقة n ومحاطا بالهواء الذي تعد قرينة انكساره المطلقة مساوية للواحد, أي أن قرينة الانكسار المطلقة لمادة الموشور أكبر من قرينة الانكسار المطلقة للوسط المحيط , و بحسب خواص الانكسار يكون

$$\theta_2' < \theta_2 \text{ و } \theta_1' < \theta_1.$$

من قانون سنيل ديكارت :

$$\sin\theta_1 = n.\sin\theta_1'$$

$$\sin\theta_2 = n.\sin\theta_2'$$

و يمكن برهان أن :

$$A = \theta_1' + \theta_2'$$

$$\delta_m = \theta_1 + \theta_2 - A$$

تبين التجربة أن تغير زاوية الانحراف ليس تغيرا خطيا مع كل من زاوية الورود و قرينة انكسار مادة الموشور و إنما تمر بنهاية صغري نرمز لها D_m , تسمى زاوية الانحراف الأصغري .و تحصل عندما يكون $\theta_1 = \theta_2$.

في هذه الحالة الخاصة ينتج أن : $\theta_1 = \frac{1}{2}(\delta_m + A)$

و بالتالي تُعطى قرينة انكسار الموشور بالعلاقة التالية:

$$n_\lambda = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta_m}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

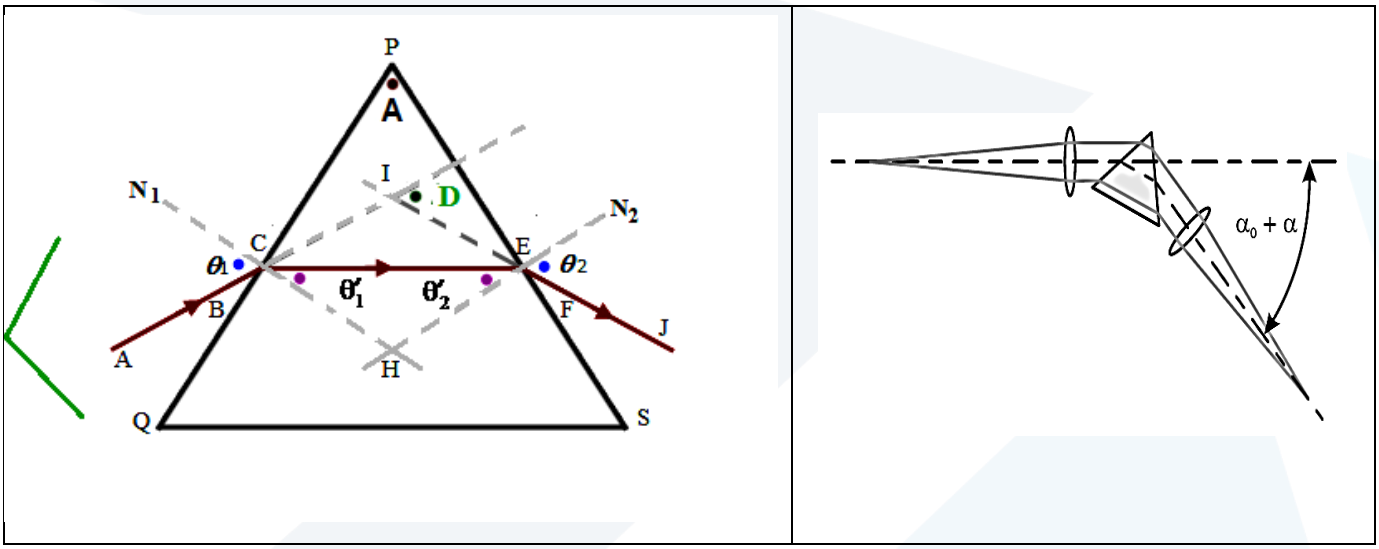
حيث أن:

D: زاوية الانحراف.

A : زاوية رأس الموشور.

δ_m : قياس زاوية الانحراف الأصغرية من أجل طول موجة خاص.

لتعيين D_{min}المبين في الشكل (4) حرك القاعدة التي تحمل الموشور ببطء بأي اتجاه حتى تجد الخط الطيفي، فتجد أنه يسير باتجاه معين وبالاستمرار، دور الموشور إلى أن تلاحظ أن هذا الخط الطيفي يغير اتجاه سيره، توقف عن التدوير في النقطة التي يبدأ فيها بتغيير اتجاه سيره ثم ضع الخط الشاقولي من التصالب الموجود في المنظار على اللون الأحمر.



تجريبياً، بحيث تم اختيار طول موجة α^oالشكل (4): يوضح انكسار الضوء في الموشور و مخطط تعيين وتحديد زاوية الانحراف ، أي الزاوية المرجعية، وانطلاقاً منها تُحسب بقية الزوايا $\alpha_0^o = 0,00^o$ موافقاً للزاوية صفر $\lambda = 706,5\ nm$اللون الأحمر للألوان الأخرى.

4- الأجهزة والأدوات: Equipment (Apparatus)

1 محلل طيفي مع مقياس الزوايا.	1 Spectrometer and goniometer.
1 مصباح هيدروجيني مع أداة التثبيت.	1 Spectral lamp He, pin contact.
1 مصباح كادميوم مع أداة التثبيت.	1 Spectral lamp Cd, pin contact.
1 بيت لحماية المصباح مع أداة التثبيت.	1 Housing for spectral lamps with pin contact.
1 مأخذ (فيش) شوكو 230 فولت و50 هرتز.	1 Universal choke, 230 V, 50 Hz.
1 محول 6V/12V.	1 Transformer 6V AC, 12V AC.
1 قاعدة حاملة على شكل حرف.	

5- خطوات العمل وتنفيذ التجربة: Carrying out the experiment

1- قم بوضع مصباح الهليوم He في المكان المخصص له، ثم صِل التجربة كما هو موضح في الشكل.

شكل (3): مخطط التجربة العملية بعد الضبط أو المعايرة.

Complet experiment setup after adjustement

2- اضئ المصباح على الشق، وتأكد من موضع المصباح على المحور الضوئي للتجربة.

3- لاحظ أن وضوح الطيف يزداد مع نقصان عرض الشق، وبالتالي فإن شدة إضاءة الطيف ستنقص.

4- عاير عرض الشق بشكل مناسب.

5- ضع الخط الشاقولي من التصالب الموجود على المنظار مطابقا للضوء الأصفر.

6- حرك القرص المدرج بالدرجات، ليطابق صفر القرص مع صفر الفرنيه، ثم ثبت القرص بشكل جيد.

7- ضع الموشور على المكان المخصص له.

8- حدد زاوية الأنحراف الأصغري δ_m، عملياً متبعاً الخطوات التالية:

a) حرك المنظار باتجاه اليسار مع تحرك القاعدة التي تحمل الموشور ببطء حتى تظهر ألوان الطيف المتحلل.

b) استمر في تحريك قاعدة الموشور إلى أن تلاحظ أن هذا الخط الطيفي يغير اتجاهه.

c) توقف عن التدوير في النقطة التي يبدأ فيها الطيف بتغيير اتجاهه.

d) ضع الخط الشاقولي من التصالب الموجود في المنظار على اللون الأحمر $\lambda = 706{,}5\ nm$.

e) احسب زاوية الأنحراف الأصغري δ_m باستخدام العلاقة المناسبة.

9- طابق صفر الفرنية مع صفر القرص، ثم حرك المنظار بحيث يطابق الخط الشاقولي من المنظار على لون الأحمر الغامق، احسب زاوية الأنحراف α° لهذا اللون، وسجل قيمتها في الجدول (1).

11- احسب زوايا الأنحراف لبقية خطوط الطيف، وسجل القيم في الجدول (1).

13- احسب قرينة انكسار الموشور، موضحاً آلية حساب إحدى القيم.

جدول رقم (1)

اللون Color	$\lambda(nm)$	α^{o}	$\delta_m{}^{\circ}$	n_λ	$\overline{n_\lambda}$	$E=\frac{hc}{\lambda}\ (J)$	$E=\frac{hc}{\lambda}\ (eV)$
الأحمر	706,5	0.00°					
الأحمر	667,8						
الأصفر	587,6						
الأخضر	501,6						
الأخضر	492,2						
الأزرق	471,3						
بنفسجي	447,1						

14- احسب طاقة كل شعاع ضوئي E.(وضح آلية حساب قيمة واحدة فقط).

- قم بوضع الكادميوم cd في المكان المخصص بعد أن يبرد مصباح الهليوم .

خطوات إضافية مقترحة :

التجربة الخامسة:

التمدد الحراري الطولي للأجسام الصلبة

Linear thermal expansion of solid bodies

1. الهدف من التجربة:

1. قياس التمدد الحراري الطولي لأنبوب من النحاس الأصفر، كتابع لطول هذا الأنبوب.
2. تحديد معامل التمدد الطولي للنحاس.

1. Objects of the experiment:

1. Measuring the linear thermal expansion of brass tube, as a function of the overall length.
2. Determining the linear expansion coefficients of brass.

2. مبادئ أساسية:

يتناسب طول (L) جسم صلب ما طرداً مع درجة حرارته (T), وذلك وفق العلاقة الرياضية التالية:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \qquad (1)$$

L_0: هي طول الجسم في درجة الحرارة المختبر.

ΔT: هو الفرق ما بين درجة حرارة المختبر T_1 ودرجة حرارة البخار T_2 المار عبر الأنبوب ويقاس بواحدة $^\circ C$.

α: هو معامل التمدد الطولي للجسم، ويتعلق بالتركيب الكيميائي لهذا الجسم.

سيتم في هذه التجربة قياس التمدد الطولي لأنبوب رفيع من النحاس، حيث يتم تسخين الماء حتى درجة الغليان تقريباً باستخدام جهاز ترموستات، ومن ثم إرسال بخار الماء عبر أنبوب النحاس كما هو موضح في الشكل(1). يمكن تغيير طول الأنبوب المدروس ليأخذ ثلاثة قيم وهي $(600mm\ .400mm\ .200mm)$, وذلك عبر توصيله بطريقة مناسبة.

تقاس التغيرات في طول الأنبوب $(\Delta L\ = L\ -\ L_0)$, باستخدام مقياس للأطوال مدرج بفاصلة تقدر بـ $0.01mm$.

بحل المعادلة (1) نحصل على المعادلة التالية:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot \frac{1}{(T_2 - T_1)} \qquad (2)$$

تعطي هذه المعادلة قيمة معامل التمدد الطولي للأنبوب المستخدم في التجربة.

2. Principles:

The length *s* of a solid body is linearly dependent on its temperature T, according to the following equation:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \qquad (1)$$

: length at laboratory temperature L_0

: refers to the given temperature difference between room temperature T_1 and steam temperature ΔT T_2.

α: is the linear expansion coefficient, and is determined by the material of the solid body.

In this experiment, a thermostat is used to heat the water, and then the stream will be send to flow through a brass tube, as it is represented in Fig.1. The effective length L_0 of each tube can be set as 200, 400 or 600 mm by mounting it in a corresponding manner. A dial gauge with 0.01 mm scale graduations is used to measure the change in length $(\Delta L = L - L_0)$.

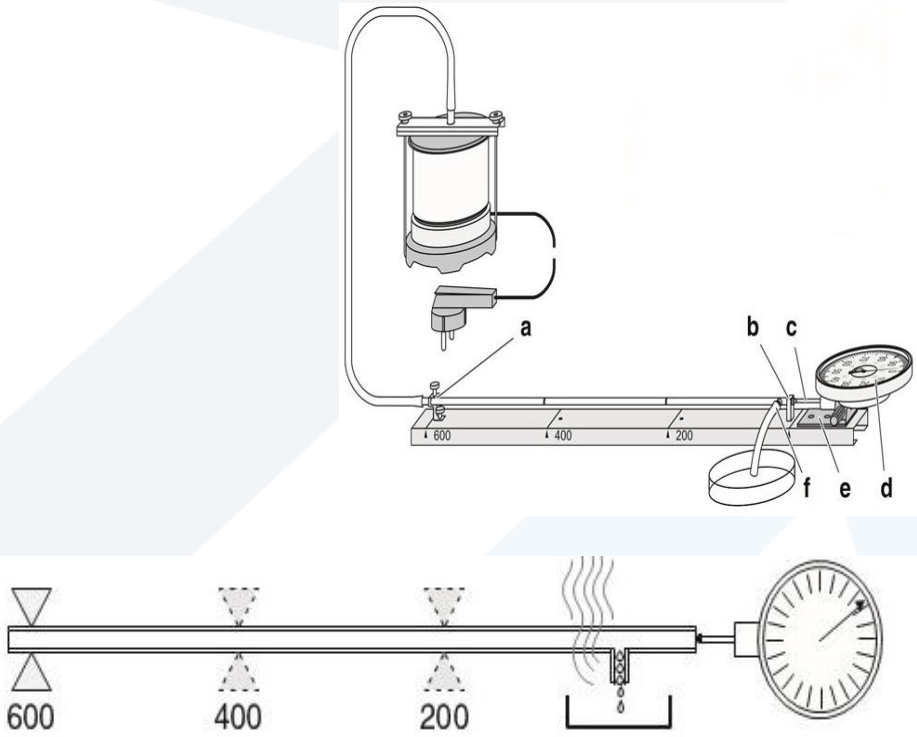
Solving equation (1) gives the linear expansion coefficients of the used brass tube.

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot \frac{1}{(T_2 - T_1)} \qquad (2)$$

3. الأجهزة والأدوات المستخدمة:

1. أنبوب من النحاس الأصفر.
2. مقياس لتمدد الأطوال.
3. حامل للمقياس.
4. مولد بخار ماء $(550W/230V)$.
5. أنبوب سيليكون $(7 \times 1.5\ mm)$ وطوله 1m.
6. طبق مخبري $(150 \times 25\ mm)$.

7. ميزان حرارة (-10 ... +110°C).



الشكل(1): رسم تخطيطي للأدوات المستخدمة في تجربة لقياس التمدد الطولي لأنبوب النحاس، كتابع لطول الأنبوب.

3. Apparatus:

1. Longitudinal expansion apparatus.
2. Dial gauge.
3. Holder for dial gauge.
4. Steam generator (550 W/230 V).
5. Silicone tubing, (dia. 7×1.5 mm), 1 m long.
6. Petri dish, 150 × 25 mm.
7. Thermometer -10 ... +110°C.

4. تنفيذ التجربة (Carrying out the experiment):

1. إضبط مقياس التمدد على الصفر وذلك باستخدام المفتاح المخصص.
2. قم بقياس درجة الحرارة الداخلية T_1, أي درجة حرارة المختبر، وسجل هذه القيمة.
3. املأ مولد البخار بكمية كافية من الماء النقي (حتى ارتفاع 2cm)، وتأكد من إغلاقه بأحكام شديد.

4. صل الجهاز بالتيار الكهربائي وانتظر حتى يبدأ الماء بالغليان.
5. عند بدء غليان الماء راقب انحراف مؤشر مقياس التمدد وسجل القيمة العظمى L التي يصل إليها المقياس، ثم أحسب القيمة $\Delta L = (L - L_0)$.
6. إفصل الجهاز عن التيار الكهربائي ثم أنتظر قليلاً حتى تنخفض درجة حرارة أنبوب النحاس إلى القيمة الابتدائية (درجة حرارة المختبر).

ينبغي التأكد دوماً وفي كل مرحلة من مراحل التجربة من أن انابيب السيليكون الموصولة إلى النقطتين (a) و (b) في الشكل(1) مثبتة بشكل جيد، وذلك لتفادي أية مخاطر ناتجة عن تسرب الماء أو البخار الساخنين.

7. إحسب قيمة عامل التمدد α بالاعتماد على العلاقة (2).
8. قم بتغيير مكان حامل الأنبوب ليصبح عند الرقم 400 . ثبت الحامل باحكام على الانبوب و اضبط مقياس التمدد على الصفر ثم أعد تنفيذ التجربة و احسب معامل التمدد
9. أعد تنفيذ الخطوة السابقة بعد وضع حامل الأنبوب على العلامة 200.
10. ارسم تغيرات $\Delta L = f(L_0)$ و استنتج معامل التمدد بيانياً.
11. استبدل أنبوب النحاس بأنبوب الفولاذ و قم بتغيير مكان حامل الأنبوب ليصبح عند الرقم 600 . ثبت الحامل باحكام على الانبوب و اضبط مقياس التمدد على الصفر ثم أعد تنفيذ التجربة و احسب معامل التمدد .
12. بالاعتماد على العلاقة (1)، هل هناك طريقة أخرى لحساب معامل التمدد الطولي للأنبوب المستخدم؟ اشرح ذلك.
10. **أعط مثال من الطبيعة على تمدد الأجسام الصلبة بفعل ارتفاع درجة الحرارة.**

5. المراجع (References):

1. Leybold, LD Physics Leaflets-**P2.1.1.2** (Thermal expansion of solid bodies).
2. Leybold, LD Physics Leaflets- **P2.1.1.3** (Measuring the linear expansion of solids as a function of temperature).

خطوات إضافية مقترحة :

التجربة السادسة:

الحرارة النوعية لجسم صلب

Determing the specific heat of solid

الغاية من التجربة

– حساب الحرارة النوعية للعينات (النحاس , الرصاص , الزجاج)	- Determining the specific heat of copper , lead and glass.

موجز نظري

إن كمية الحرارة التي يتم امتصاصها أو فقدانها عند تسخين الجسم أو تبريده تتناسب مع تغير درجة الحرارة $\Delta\theta$ والكتلة m .

$$\Delta Q = c.m.\Delta\theta$$

c ثابت التناسب ويدعى بالحرارة النوعية للمادة وهي كمية تعتمد على نوع المادة.

يتم في هذه التجربة قياس الحرارة النوعية لمواد مختلفة على شكل عينات صغيرة يتم في كل حالة وزن العينة من المادة المدروسة ومن ثم تسخينها إلى درجة حرارة θ_1 ثم تسكب في كمية من الماء التي يتم وزنها والتي لديها درجة حرارة θ_2 .
تصل درجة حرارة الخليط بعد أن يتم مزجه بعناية إل درجة حرارة θ_M من خلال التبادل الحراري .

إن تغير كمية حرارة العينة تساوي $\Delta Q_1 = c_1 m_1 (\theta_1 - \theta_m)$

حيث m_1 كتلة العينة و c_1 الحرارة النوعية للعينة المدروسة .

و كمية الحرارة الممتصة من قبل الماء: $\Delta Q_2 = c_2 m_2 (\theta_m - \theta_2)$

حيث m_2 كتلة الماء.

عند التوازن نحصل على علاقة الحرارة النوعية للعينة المدروسة $c_1 = c_2 \frac{m_2(\theta_m - \theta_2)}{m_1(\theta_1 - \theta_m)}$

حيث c_2 الحرارة النوعية للماء .

إن المسعر سيمتص جزء من حرارة العينة فالسعة الحرارية تساوي $c_k = c_2 m_k$

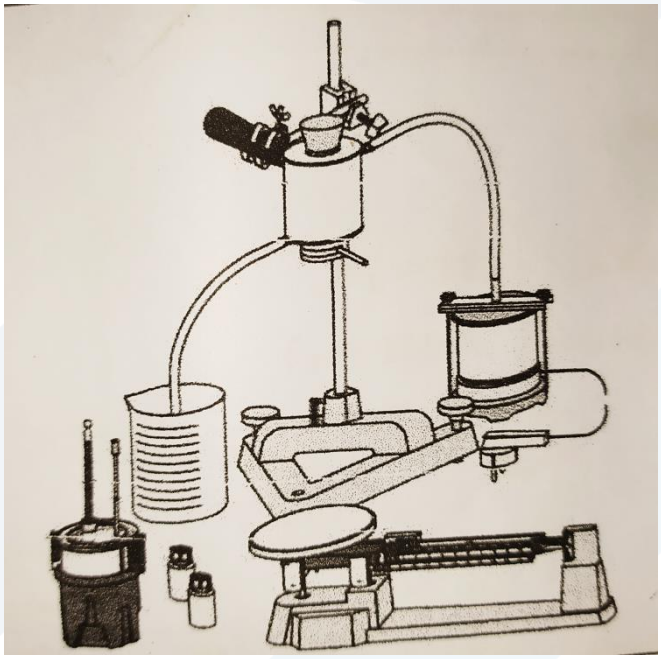
وبالتالي المكافىء المائي للمسعر m_k سيأخذ بالحسبان فتصبح العلاقة

$$c_1 = c_2 \frac{(m_2 + m_k)(\theta_m - \theta_2)}{m_1(\theta_1 - \theta_m)}$$

الأجهزة والأدوات

مسعر	Dewar vessel.
عينات من النحاس والرصاص والزجاج	copper , lead and glass.
ميزان مخبري	School and lab.
ميزان حرارة	Thermometer.
مولد بخار جهاز تسخين	Steam generator.
بيشر سعة 400 مل	Beaker.
قاعدة حمل على شكل حرف V	Stand base.
قضيب حمل طوله 47 سم	Stand rod , 47 cm.
أنبوب سيليكوني قطره الداخلي 1.5 × 7 ملم وطوله 1 م	Silicone tubing int. dia , 7 × 1.5 mm , 1m.
زوج من الكفوف للحماية من الحرارة	Pair of heat protective gloves.

تنفيذ التجربة



مخطط التجربة موضح في الشكل

1- ضع جهاز التسخين على الحامل.

2- ضع الماء في مولد البخار , أغلق الجهاز بعناية .

3- عين كتلة العينه m_1

4- املأ الحجرة في جهاز التسخين بالعينة (رصاص...) واختم الحجرة بالسدادة

5- شغل جهاز التسخين وسخن العينات لمدة تتراوح بين 20 - 25 دقيقة

6- ضع كمية من الماء في المسعر $m_2 = 180\ g$

7- ضع الغطاء على الدورق وضع ميزان الحرارة في المكان المخصص له في المسعر

8- خذ قياس درجة حرارة الماء θ_2

9- ضع العينات من المادة التي ارتفعت درجة حرارتها إلى 100 درجة (θ_1) في الشبكة المخصصة لها في المسعر واغلق الغطاء وامزج الماء بالعينات بواسطة المخلط

10- اقرأ درجة حرارة المزيج عندما تستقر درجة الحرارة θ_m

11- ضع النتائج التي حصلت عليها في جدول مماثل للجدول المرفق ومن ثم كرر التجربة من أجل عينات أخرى , ماذا تستنتج ؟

(علماً أنّ: المكافئ الحراري للمسعر : $23g$

كتلة عينة الرصاص : $77g$

كتلة عينة النحاس : $69g$

كتلة عينة الزجاج : $19g$

كتلة الماء : $180g$)

نوع المادة	m_1 kg	θ_1	θ_2	θ_M	c $\frac{KJ}{K.Kg}$

خطوات اضافية مقترحة :

التجربة السابعة :

دراسة شحن وتفريغ مكثفة

Studying the charging and discharging of a capacitor

الغاية من التجربة

1- دراسة شحن وتفريغ مكثفة عبر مقاومة. 2- حساب الثابت الزمني للشحن والتفريغ. 3- رسم الخط البياني لشحن وتفريغ المكثفة.	- Studying the charging and discharging of a capacitor through resistor. - Determing the time constants. - Draw the curve of charging and discharging of a capacitor.

أولاً: شحن مكثفة: charging a capacitor :

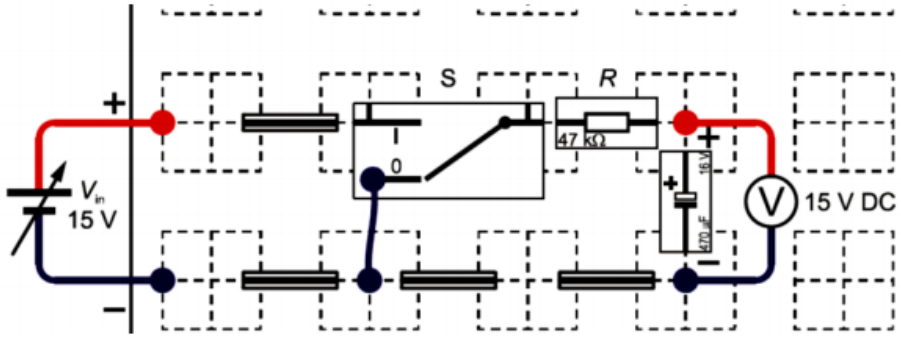
عندما نشحن مكثفة سعتها C عبر مقاومة R، بوساطة منبع للتيار مستمر فرق الكمون بين طرفيه V، فإنه بعد فترة من الزمن تابعة للجداء RC المسمى بـ(ثابت الزمن)، تكتسب هذه المكثفة شحنة كهربائية قدرها Q تُحقق العلاقة الآتية:

$$Q = C.V \qquad (1)$$

وخلال الشحن يمر تيار كهربائي شدته i تُعطى بالعلاقة الآتية:

$$i = \frac{dq}{dt} \qquad (2)$$

لنوصل الدارة المعطاة في الشكل (1)، ولنعتبر بدء الزمن لحضظة وضع القاطعة على وضع الشحن، أي الوضع (1)، فيمر تيار تيار شدته i ، وبتطبيق القانون الثاني لكيرشوف (قانون الشبكات /الحلقات/) نحصل على المعادلة التالية:



الشكل (1): الدارة المستخدمة بالتجربة.

$$V = Ri + \frac{q}{c} \quad (3)$$

وتُكتب هذه المعادلة على الشكل التالي:

$$R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{c} = V \quad (4)$$

نحصل بذلك على معادلة تفاضلية حلها من الشكل:

$$q = Q\left[1 - e^{-t/RC}\right] \quad (5)$$

وهكذا نحصل على شحنة المكثفة q بتابعية الزمن.

أما شدة التيار المار بالدارة فيُحسب من العلاقة التالية:

$$i = \frac{V}{R}e^{-t/RC} \quad (6)$$

ويُحسب فرق الجهد V_c بين طرفي المكثفة بالعلاقة التالية:

$$V_c = \frac{q}{c} = V\left[1 - e^{-t/RC}\right] \quad (7)$$

نُسمي المقدار RC بالثابت الزمن السعوي، ونرمز له بـ τ :

$$\tau = RC \quad (8)$$

وهو عبارة عن الزمن اللازم لنقص الشحنة بمقدار (1/e).

ثانياً: تفريغ مكثفة عبر مقاومة: discharging a capacitor through resistor

بعد أن يتم شحن المكثفة ننقل القاطعة إلى الوضع إلى الوضع 0 فنعزل منبع التغذية عن المكثفة وتقوم المكثفة بدور المولد فتفرغ شحنتها عبر المقاومة فيمر فيها تيار i ، ونحصل بتطبيق قانون كيرشوف الثاني على العلاقة التالية:

$$Ri + \frac{q}{c} = 0 \quad (9)$$

ونحصل أيضاً على معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى، ويُعطي حلها شحنة المكثفة بتابعية الزمن:

$$q = Qe^{-t/RC} \quad (10)$$

وفرق الجهد بين طرفي المكثفة يُعطى بالعلاقة:

$$V_c = Ve^{-t/RC} \qquad (11)$$

وشدة التيار المار فيها:

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{V}{R}e^{-t/RC} = \frac{V}{R}e^{-\frac{t}{\tau}} \qquad (12)$$

ثالثاً : الأجهزة والأدوات: Equipments

عناصر الدارة:	Circuit Components:
1- لوحة لوضع العناصر	1- Plug-in board
2- مقاومة 47 أوم	2- STE resistor, $47\ k\Omega$
3- مكثفة 470 ميكرو فاراد	3- STE capactor, $470\ \mu F$
4- مفتاح قطع وصل	4- STE changeover switch, single-pole
وحدة تغذية:	Power supply:
متناوب/مستمر مستقرة	AC/DC stabilizer
أسلاك التوصيل:	Connectors:
3 أزواج من الأسلاك بطول 50 سم، أحمر/أزوق	3 Pairs of connecting leads, red/blue, 50 cm
مجموعة من 10 جسور للتوصيل	1 Set of 10 bridging plugs
ميقاتية:	Miscellaneous:
ساعة ميقاتية للطالب	1 Student's stop-watch
أجهزة القياس:	Measurement Instruments:
جهاز لقياس الجهد، 15 فولت مستمر	1 Voltmeter, 15 V DC

خطوات تنفيذ التجربة وآلية كتابة النتائج

شحن مكثفة: charging a capacitor

1- صل الدارة كما في الشكل (1)، بدايةً قبل تطبيق فرق في الجهد من منبع التغذية ضع القاطعة على الوضع (0).
2- طبق من منبع التغذية فرقاً في الجهد قيمته $V_{SUPPLY} = 10V$.
3- أغلق القاطعة على الوضع (1) أي وضع شحن المكثفة.
4- شغل الميقاتية وخذ قيم الجهد بين طرفي المكثفة $V_C(V)$ كل $3s$ وسجلها بالجدول التالي:

$t(s)$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
$V_C(V)$	0												

5- ارسم على الورقة الميلمترية المنحني البياني $V_C = f(t)$.
6- استنتج من المنحني البياني قيمة ثابت الزمن السعوي τ ، مع ذكر واحدة قياسه.
7- أحسب قيمة ثابت الزمن السعوي نظرياً، باستخدام العلاقة $\tau = R.C$، مع العلم أن $R = 1M\Omega$، وأن $C = 10\mu F$. ثم قارن بين قيمتي τ العملية من المنحني البياني، والنظرية. ماذا تلاحظ؟

8- وضح كيفية استنتاج واحدة ثابت الزمن السعوي في الجملة الدولية، انطلاقا من العلاقة $\tau = R.C$.

تنويه: $Q = C.V \rightarrow C = \frac{Q}{V} = \frac{I.t}{I.R} = \frac{t}{R}$

تفريغ مكثفة: discharging a capacitor

1- أغلق القاطعة على الوضع (0) أي وضع تفريغ المكثفة.

2- شغل الميقاتية وسجل قيم فرق الجهد بيم طرفي المكثفة $V_C(V)$ كل $3s$ بالجدول التالي:

$t(s)$	0	3	6	9	12										
$V_C(V)$	10														
$\ln V_C$															

3- ارسم المنحني البياني $ln\, V_C = f(t)$.

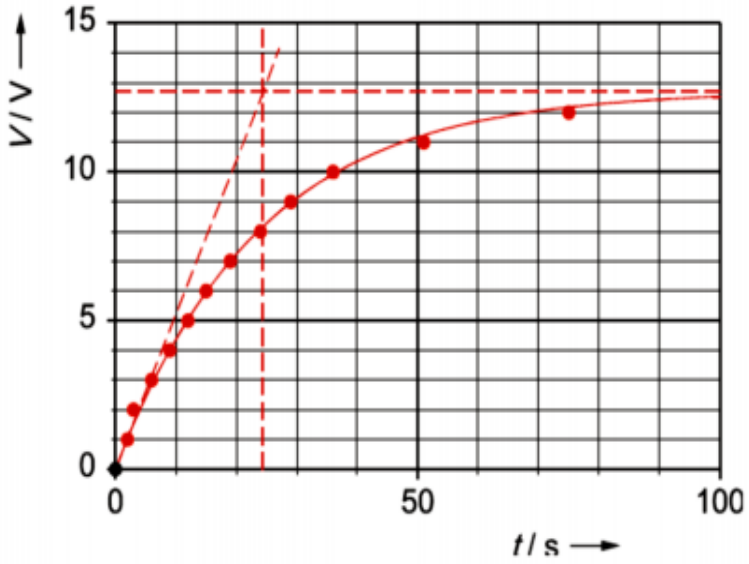
4- أوجد ميل الخط البياني، ثم وبالاعتماد على العلاقة $V_c = Ve^{-t/RC}$ بين ماذا يمثل هذا الميل؟

استفد من قيمة الميل، واستنتج قيمة ثابت الزمن السعوي τ.

ملاحظات عامة:

1- أثناء عملية شحن المكثفة، وعند رسم المنحني البياني $V_C = f(t)$، نحصل على منحني بياني كما هو موضح في الشكل (2).

2- ولاستنتاج قيمة τ نرسم المماس المار من مبدأ الإحداثيات أي من أجل $t = 0s$، ونرسم المستقيم المماس والموازي لمحور الزمن، فمسقط نقطة تقاطع المماسين على محور الزمن يسمح لنا باستنتاج قيمة τ بيانياً، وذلك كما هو موضح في الشكل (2).



الشكل (2): رسم المنحني البياني V