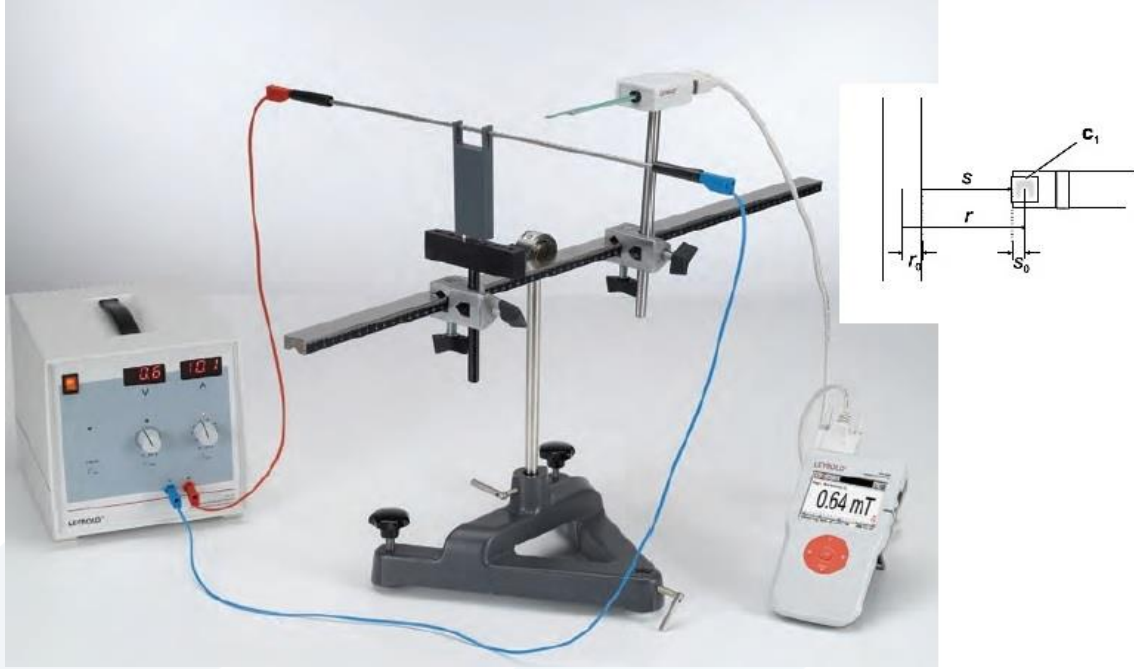


عملي فيزياء 2 "الروبوت والأنظمة الذكية" في مخبر الفيزياء



أ. ديانا قوجا

أ. غادة جبور

م. علي اسماعيل

2022-2023

الفهرس

الصفحة	اسم التجربة	رقم التجربة
3	قياس الحقل المغناطيسي المتولد عن ناقل مستقيم Measuring the magnetic field for a straight conductor	1
8	قياس الحقل المغناطيسي المتولد عن حلقات دائرية ناقلة Measuring the magnetic field for a circular conductor loops	2
13	تحديد المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي Determining the magnetic field longitude component of the earth	3
20	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	4
28	التمدد الحراري الطولي للأجسام الصلبة Linear thermal expansion of solid bodies	5
32	الحرارة النوعية للأجسام الصلبة Determining the specific heat of solid	6
37	استخدام أدوات القياس The use of measuring tools	7

قياس الحقل المغناطيسي المتولد عن ناقل مستقيم

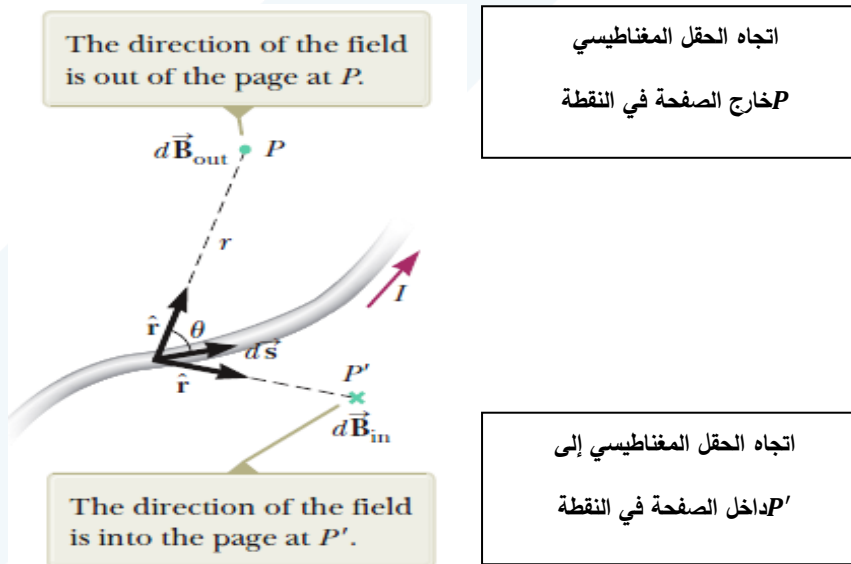
Measuring the magnetic field for a straight conductor

1- أهداف التجربة: Objects of the Experiment

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

2- مفاهيم أساسية: Principles

الحقل المغناطيسي \vec{B} المتولد في أي نقطة P تبعد عن ناقل مسافة r يمر خلاله تيار كهربائي I كما هو موضح في الشكل (1)، يحسب بالاعتماد على قانون بيو-سافار Bio-Savart.



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

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

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

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

• $d\vec{B}$ شعاع الحقل المغناطيسي عمودي على كل من $d\vec{s}$ (اتجاه التيار) وشعاع الوحدة \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 طردياً مع التيار ومع القيمة العددية ds لطول العنصر التفاضلي $d\vec{s}$.

• قيمة $d\vec{B}$ تتناسب طردياً مع $\sin\theta$ ، حيث θ الزاوية بين الشعاع $d\vec{s}$ وشعاع الوحدة \hat{r} .

حيث μ_0 ثابت يُدعى بنفاذية المغناطيسية للفراغ (الخلاء) ويساوي:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \left[\frac{\text{Tesla.meter}}{\text{Ampere}} \right] = 4\pi \cdot 10^{-7} \left[\frac{T.m}{A} \right]$$

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

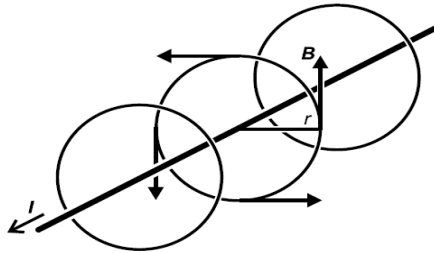
$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{Id\vec{s} \times \hat{r}}{r^2} \quad (2)$$

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

القيمة العددية للحقل المغناطيسي (أي شدة الحقل المغناطيسي) المتولد في نقطة، تبعد مسافة r عن محور الناقل المستقيم الذي يمر فيه تيار شدته I تُعطى بالعلاقة التالية:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I}{r} \quad (3)$$

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

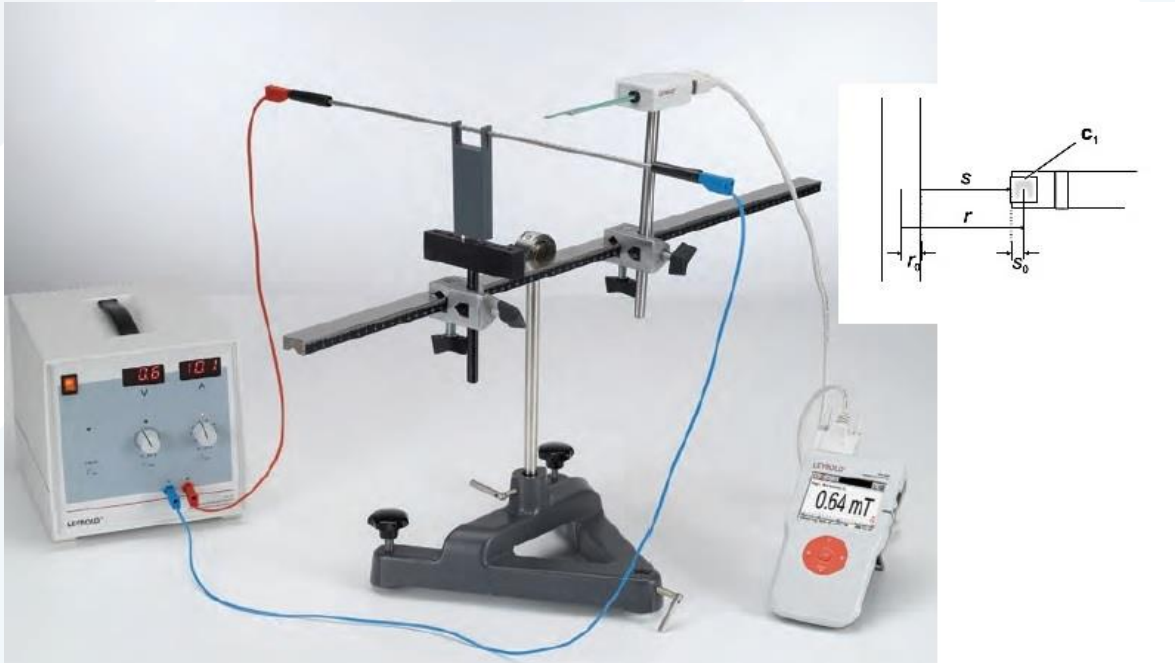
1 Set of 4 current conductors.	1 مجموعة من أربع نواقل.
1 teslameter.	1 مقياس تسلا.
1 axial B-probe.	1 كابل محوري حساس.
1 tangential B-probe.	1 كابل مماسي حساس.
1 multicore cable, 6-pole.	1 أسلاك توصيل متعدد.
1 high current power supply.	1 منبع تغذية ذات تيار مرتفع.
1 small optical bench.	1 مقعد ضوئي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

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 وضع tangential.
 - 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 ال correction على القيمة الموجودة بالجدول من أجل $I = 20 \text{ A}$ (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 $2r_0 = 4 \text{ mm}$ يمثل قطر السلك، $s_0 = 2 \text{ mm}$ 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 شدة الحقل 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 $B(mT)$ بتابعة شدة التيار $I(A)$.
- (7) احسب ميل الخط البياني، ماذا يمثل الميل؟ وبالاتماد 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 .

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

(3) ارسم الخط البياني الذي يعبر عن تغيرات شدة الحقل المغناطيسي $B(mT)$ بتابعة 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 وضع 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 ووحدتها 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

<ul style="list-style-type: none"> - Measuring the magnetic field for a circular conductor loops as a function of the current. - Measuring the magnetic field of circular conductor loops as a function of the the loop radius and the distance from the loop. 	<ul style="list-style-type: none"> - 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.
--	--

2- مفاهيم أساسية: Principles

تُحسب شدة الحقل المغناطيسي B المتولد عن حلقة ناقلة دائرية الشكل من العلاقة التالية:

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

حيث إن:

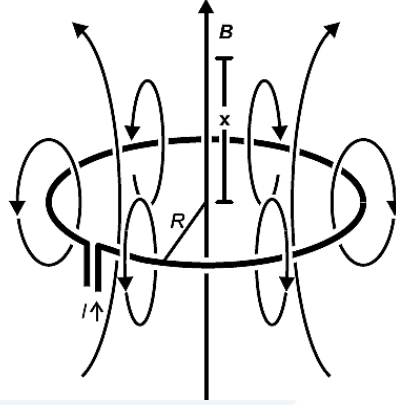
X : تمثل البعد عن مركز الحلقة (أي النقطة المراد تعيين الحقل المغناطيسي فيها).

R : نصف قطر الحلقة.

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

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

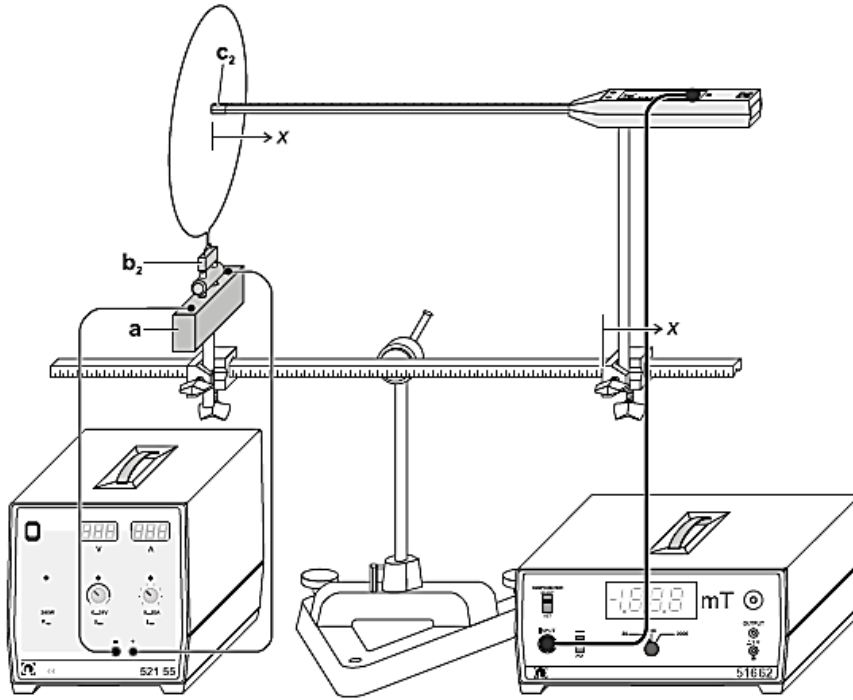
الحقل المغناطيسي المتولد عن حلقة ناقلة دائرية الشكل: Magnetic field of at a straight circular conductor loops



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

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

(1) ضع الحلقة التي قطرها $(2R=40 \text{ mm})$ ، في المكان المخصص كما 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 تسلا من خلال menu أو ضغط ok ومن ثم أتباع الخطوات التالية:

1- وضع sensor على وضع axial.

- 2- وضع rang على الوضع automatic.
- 3- عند التسجيل recording نختار الوضع RMS.
- 4- نضع options على وضع 0.
- 5- نعاير أو نضع ال correction على القيمة الموجودة بالجدول من أجل $I = 20 \text{ A}$ (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 $X = 0$)، كنابع 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) كنابع لشدة التيار I ، في مركز الحلقة الدائرية.
- (8) احسب ميل الخط البياني، ماذا يمثل الميل؟ وبالاتماد على قيمة الميل، استنتج قيمة μ_0 ، أكتب واحدة قياسها.

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

- (1) ضع الحلقة التي قطرها (2R=80 mm)، في المكان المخصص.
- (2) أضبط قيمة التيار $I = 20 \text{ A}$.
- (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، كنابع للمسافة X عن مركز الحلقة.

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

ماذا تستنتج ؟

(4) كرر الخطوات (2)، (3)، من أجل الحلقة التي قطرها ($2R=120 \text{ mm}$) و سجل النتائج في الجدول (3)
الجدول (3): الحقل المغناطيسي المتولد عن حلقة يمر فيها تيار ثابت، كتابع للمسافة X عن مركز الحلقة.

$2R = 120 \text{ mm}$		
$X[\text{cm}]$	$B[\text{mT}]$ تجريبياً	$B[\text{mT}]$ 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

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

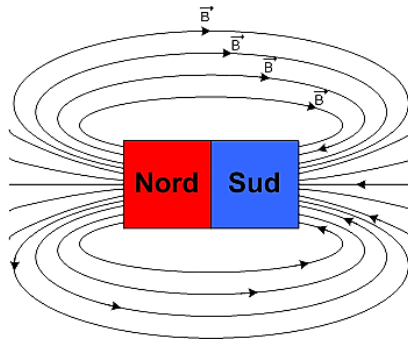
2- مفاهيم أساسية: Principles

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.

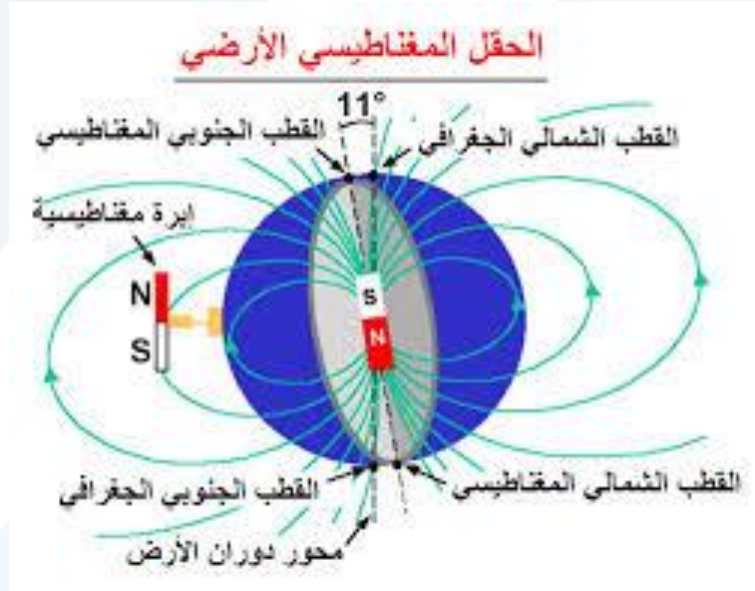
يملك المغناطيس قطبين، شمالي وجنوبي وتخرج خطوط الحقل المغناطيسي للمغناطيس من قطبه الشمالي وتدخل في قطبه الجنوبي، انظر الشكل (2).



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

South	Sud	≡	جنوب
North	Nord	≡	شمال

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 مغناطيسياً 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:

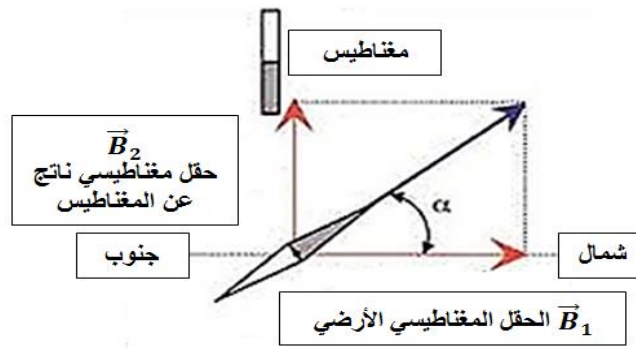
يُستخدم المغناطيس الدائم المغنطة كبوصلة. إن المغناطيس الدائم المغنطة سواء كان معلقاً أو قابلاً للدوران بحرية، أو مُركباً فوق إبرة مؤنفة فإن إحدى نهايتيه تشير دائماً إلى الشمال، وهذه النهاية تُدعى القطب الشمالي للمغناطيس، والنهاية الأخرى تُدعى القطب الجنوبي. وبأي طريقة أرحنا فيها المغناطيس الدائم المغنطة 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:

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

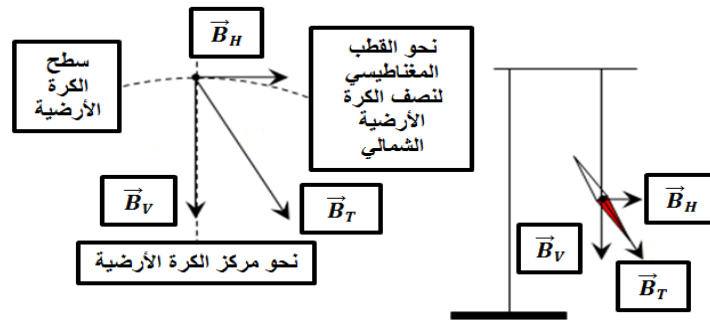
أما العلاقة بين طويلتي الحقلين B_2 و B_1 فهي:

$$B_2 = B_1 \cdot \tan \alpha \quad (2)$$



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 النازمية (العمودية) المتجهة نحو مركز الكرة الأرضية.

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

$$B_2 = n \cdot \frac{\mu_0 I}{2a} \quad (3)$$

حيث أن:

عدد لفاتها n .

شدة التيار المار فيها I .

نصف قطرها a .

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

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

$$n \cdot \frac{\mu_0 I}{2a} = B_1 \cdot \tan \alpha \rightarrow B_1 = n \cdot \frac{\mu_0 I}{2a \cdot \tan \alpha} \quad (4)$$

ولكن نعلم أن:

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

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

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

من المعادلة (5) نجد:

$$I = \frac{a \cdot B_H}{2\pi \cdot 10^{-7} \cdot n} \tan \alpha \quad (6)$$

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

$$m = \frac{a \cdot B_H}{2\pi \cdot 10^{-7} \cdot n} \quad (7)$$

ومنه نستطيع حساب المركبة الأفقية للحقل المغناطيسي الأرضي.

نعلم أن:

$$1T = 10^4 \text{ Gauss}$$



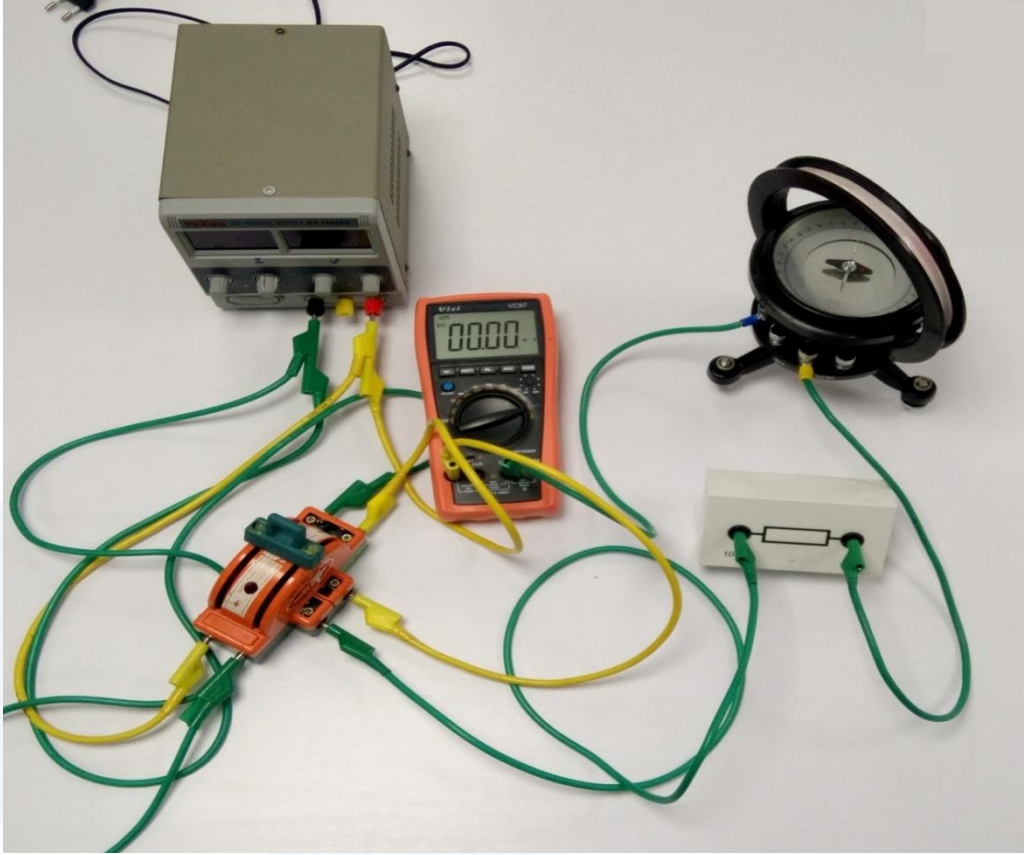
شكل (6): يُبين شكلين لغلغانومتر الظل.

3- الأجهزة والأدوات:

- (1) جهاز غلغانومتر 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:

يُبين 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° و 60° .
- (9) كرر الطلب (6)، (7)، (8)، السابق من أجل قيم مختلفة لـ I .

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

جدول (1).

$I(A)$	الأنحراف في الاتجاه المباشر	الأنحراف في الاتجاه العكسي	$\bar{\alpha}^\circ$	$tg\bar{\alpha}$	$B_H(T)$	$B_H(G)$
	α_1°	α_2°				
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 الميليمترية المنحني البياني $I = f(tg\alpha)$ ، ماذا تلاحظ؟

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

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

ملاحظة:

يبين 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 بضعة 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

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

2- مفاهيم اساسية Principles:

نضع الغاز وبخار المعدن، الذي أثر 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.

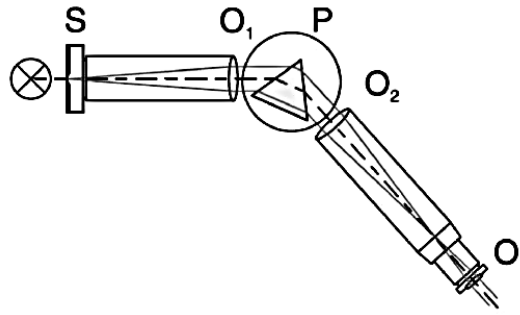
الأشعة المنكسرة من الموشور قد قسمت ونشرت بأطياف متباعدة بالاعتماد على أطوالها الموجية، حيث الأطوال الموجية القصيرة هي الأكثر انحرافاً من الأطوال الموجية الطويلة.

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 المحرق، 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.



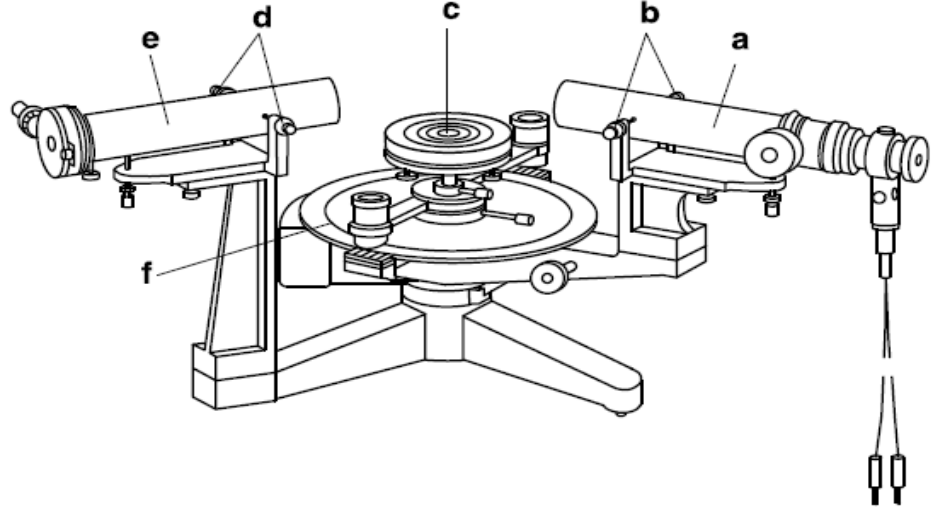
الشكل (1): مسار الشعاع الضوئي في الموشور الطيفي.

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 الطيفية 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.

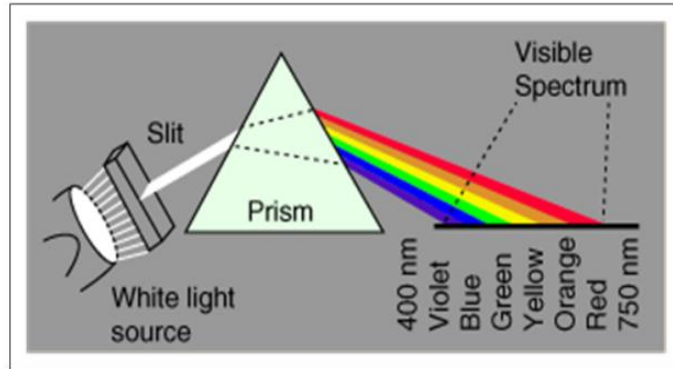
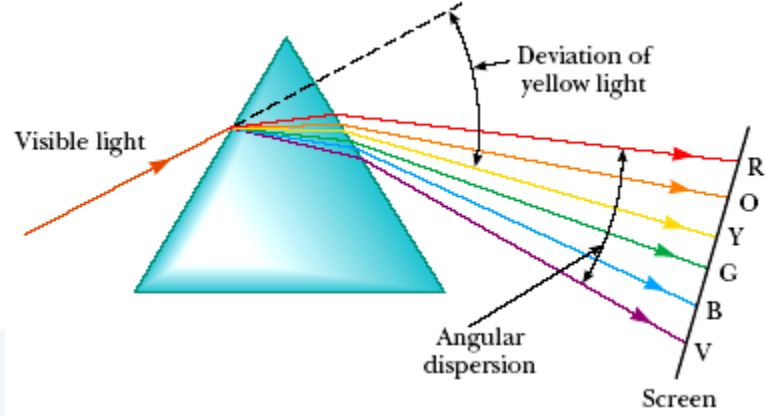


الشكل (2): المحلل الطيفي.

(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): تبديد الضوء الأبيض أثناء مروره عبر موشور.

لدراسة سير الأشعة في الموشور، نفترض وجود الموشور الذي مقطعه PQS، يرد عليه الشعاع الضوئي وفق المنحنى AB على الوجه PQ (السطح الفاصل بين الوسطين الشفافين هواء - زجاج) في النقطة C صانعا زاوية θ_1 . ينكسر هذا الشعاع داخل الموشور وفق المنحنى CE، محدثا زاوية θ_1 مع الناظم في PS (سفيرد على الوجه PS (السطح الفاصل بين الزجاج و الهواء) محدثا زاوية θ_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 تغيراً خطياً 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:

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

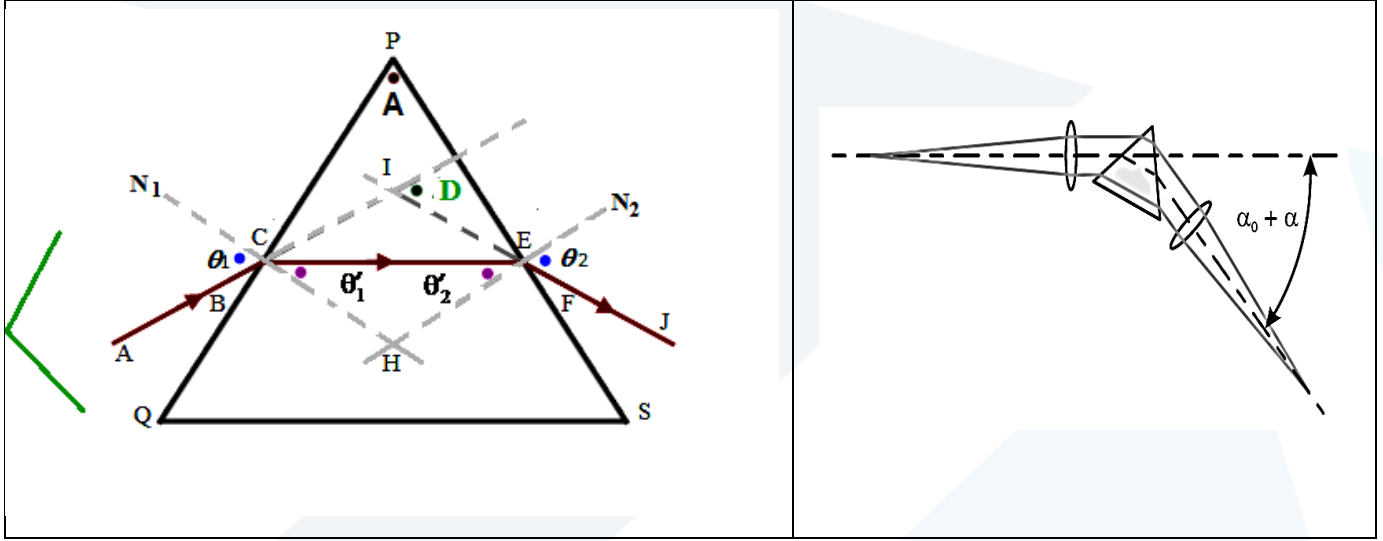
حيث أن:

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 وبالاتمرار، 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^0 الشكل (4): يوضح انكسار الضوء في المنشور و مخطط تعيين وتحديد زاوية الانحراف ، أي الزاوية المرجعية، وانطلاقاً منها تُحسب بقية الزوايا $\alpha_0^0 = 0,00^0$ موافقاً للزاوية صفر $\lambda = 706,5 \text{ nm}$ اللون الأحمر للألوان الأخرى.

4- الأجهزة والأدوات: Equipment (Apparatus)

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

- 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 التصلاب الموجود على المنظار مطابقاً للضوء الأصفر.
- 6- حرك القرص المدرج بالدرجات، لي مطابق صفر القرص مع صفر الفرنيه، ثم ثبت القرص بشكل جيد.
- 7- ضع المؤشور على المكان المخصص له.
- 8- حدد زاوية الانحراف الأصغري δ_m ، عملياً متبعاً الخطوات التالية:
 - (a) حرك المنظار باتجاه اليسار مع تحرك القاعدة التي تحمل المؤشور ببطء حتى تظهر ألوان الطيف المتحلل.
 - (b) استمر في تحريك قاعدة المؤشور 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 التصلاب الموجود في المنظار على اللون الأحمر $\lambda = 706,5 \text{ nm}$.
 - (e) احسب زاوية الانحراف 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 الانحراف α° لهذا اللون، وسجل قيمتها في الجدول (1).

11- احسب زوايا الانحراف 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°	δ_m°	n_λ	\bar{n}_λ	$E = \frac{hc}{\lambda} (J)$	$E = \frac{hc}{\lambda} (eV)$
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 طرذاً مع درجة حرارته (T)، وذلك وفق العلاقة الرياضية التالية:

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

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 بوحدة $^{\circ}\text{C}$.

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 (200mm ، 400mm ، 600mm)، 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:

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

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:

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

L_0 : length at laboratory temperature

ΔT : refers to the given temperature difference between room temperature T_1 and steam temperature 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 steam 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 ($\Delta L = L - L_0$).

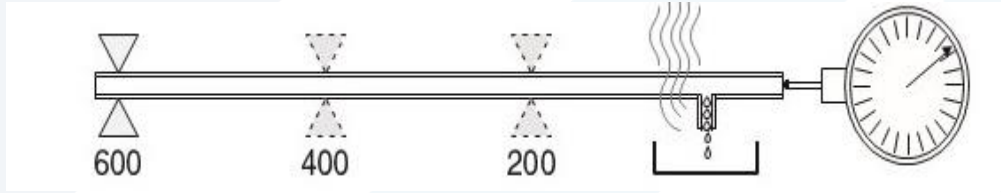
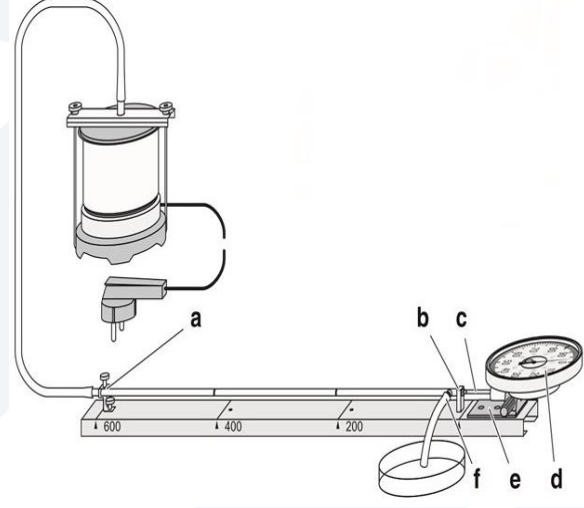
Solving equation (1) gives the linear expansion coefficients of the used brass tube.

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

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 × 1.5 mm) وطوله 1m.
6. طبق مخبري (150 × 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 أنابيب السيليكون الموصولة إلى النقطتين (a) و (b) في الشكل (1) مثبته بشكل جيد، وذلك لتفادي أية مخاطر ناتجة عن تسرب الماء أو البخار الساخن.**
7. إحسب قيمة عامل التمدد α بالاعتماد على العلاقة (2).
 8. قم بتغيير مكان حامل الأنبوب ليصبح عند الرقم 400. ثبت الحامل باحكام على الأنبوب 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 الأنبوب 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

Determining the specific heat of solid

الغاية من التجربة

- Determining the specific heat of copper , lead and glass.

- حساب الحرارة النوعية للعينات
(النحاس , الرصاص , الزجاج)



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 إلى درجة حرارة θ_m من خلال التبادل الحراري.

$$\Delta Q_1 = c_1 m_1 (\theta_1 - \theta_m)$$

حيث m_1 كتلة العينة و c_1 الحرارة النوعية للعينة المدروسة.

$$\Delta Q_2 = c_2 m_2 (\theta_m - \theta_2)$$

حيث m_2 كتلة الماء.

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

حيث c_2 الحرارة النوعية للماء.

$$C_k = c_2 m_k$$

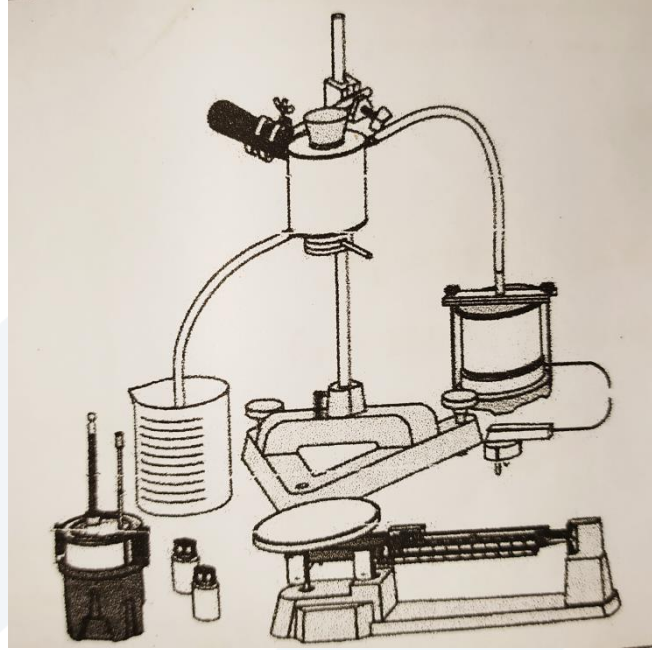
إن المسعر سيمتص جزء من حرارة العينة فالسعة الحرارية تساوي m_k سيأخذ بالحسبان فتصبح العلاقة

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

الأجهزة والأدوات

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

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 العينة m_1
- 4- املاً 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 أن: 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	$\frac{C}{K.Kg}$ $\frac{KJ}{K.Kg}$

خطوات اضافية مقترحة :

التجربة الساعة :

استخدام أدوات القياس

The use of measuring tools

1- أهداف التجربة: Objects of the Experiment

التدرب على استخدام أدوات القياس الدقيقة للأبعاد الصغيرة مثل:

_ Using both the vernier caliper and the micrometer caliper to measure the small dimensions of different objects.

_ استخدام كلا من القدم القنوية (vernier caliper) و الدوارة اللولبية (micrometer caliper) لقياس الأبعاد الصغيرة لأجسام مختلفة.

2- المبدأ النظري: Principles

تُستخدم المسطرة المدرجة بالمليمترات، أو أنصاف المليمترات لقياس الأطوال مباشرة، إلا أن دقتها محدودة، ولا يمكن تصغير أقسام التدريج أكثر من ذلك (أي لا يمكن زيادة دقتها) لأن:

- ثخانة خط التدريج بحدود (0,2mm).

- كما أن العين المجردة لا تستطيع قراءة أقسام أصغر من (0,1mm).

فإذا أردنا أن تكون دقة القياس أكبر من ذلك وجب الاستعانة بأدوات أخرى تمتاز بدقة عالية، كالقدم القنوية (Vernier caliper)، الدوارة اللولبية (Micrometer caliper).

أولاً - القدم القنوية

1- تعريفها:

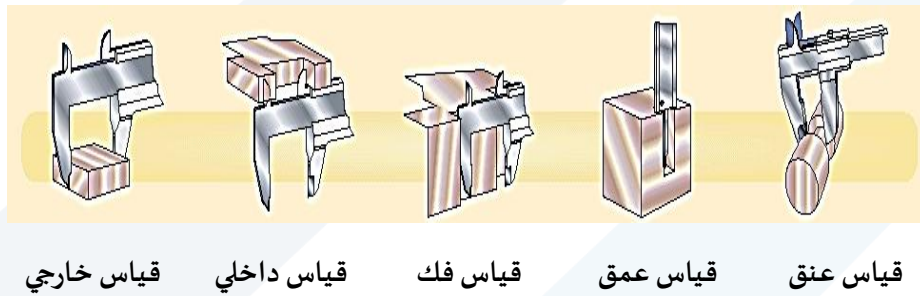
هي أداة تُستعمل للقياسات الدقيقة في الميكانيك بشكل خاص، مثل قياس أطوال و ثخن الأجسام، والأقطار الداخلية والخارجية للأنايبب وأعماقها... إلخ.

2- تركيبها:

تتألف كما هو مبين في الشكل (1) من مسطرة معدنية ثابتة مدرجة بالمليمترات أو أنصاف المليمترات.

ينتهي أحد طرفيها بمسند مؤلف من فك وسيف يقابلهما فك وسيف مثبتان على زالقَة تحمل فرنيه تنزلق على المسطرة الثابتة. كما أن هذه الزالقَة تحمل قضيباً رفيعاً يبرز من الطرف الثاني للمسطرة يُستخدم عند قياس الأعماق، ومُجهزة بزر لتسهيل عملية الانزلاق.

والفرنیه جزء من القدم القنوية وهي عبارة عن مسطرة إضافية مُتحركة تنزلق على المسطرة الثابتة، وتتميز عنها باختلاف تقسيماتها. يوضح الشكل (2) استخدامات مختلفة للقدم القنوية.

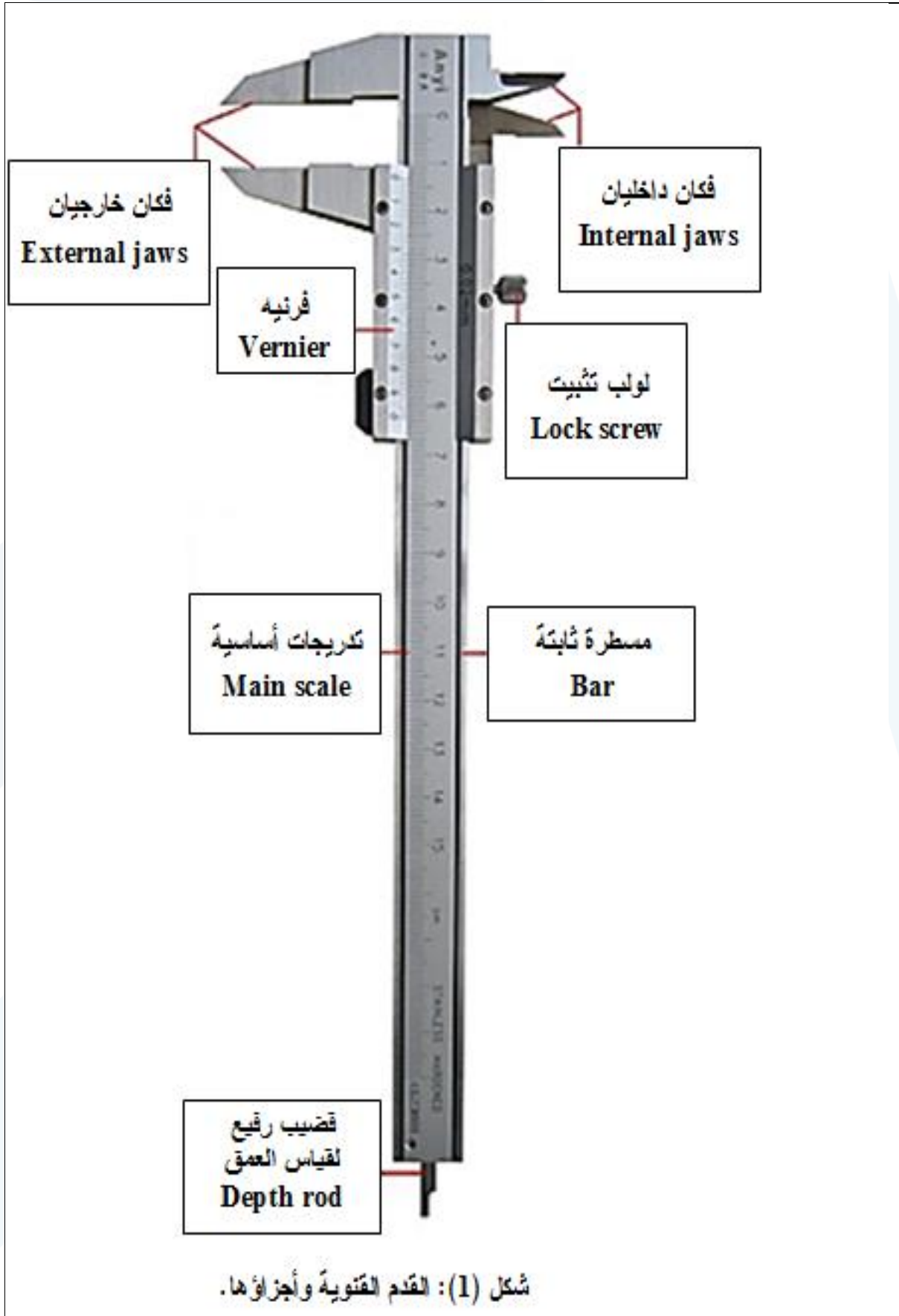


شكل (2): استخدامات مختلفة للقدم القنوية.

3- دقتها:

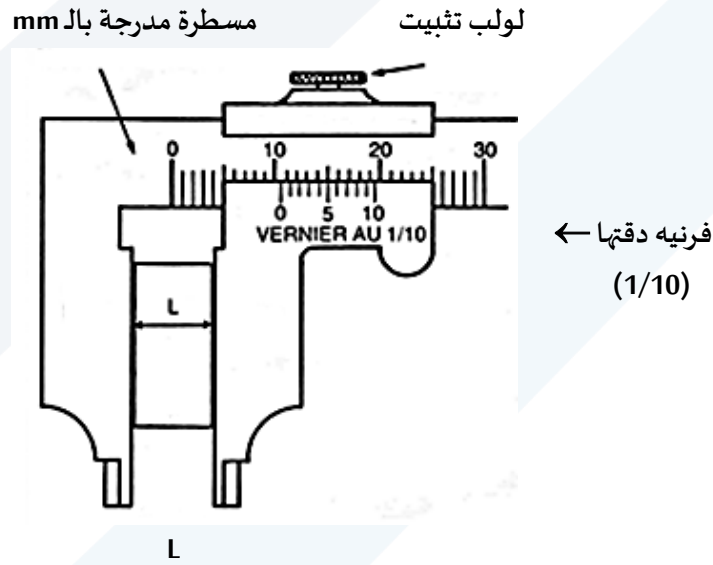
تسمح القدم القنوية بقياسات دقيقة، تتغير دقتها بحسب نموذج الفرنيه المستخدمة. ويمكن أن تكون الفرنيه مُقسّمة إلى (10) أو (20) أو (50) تدريجة، وتسمح بدقة تُقدَّر بـ:

- الدقة (1/10): أي أن دقة القدم القنوية تساوي (1/10mm) أو (0,1mm).
 - الدقة (1/20): أي أن دقة القدم القنوية تساوي (1/20mm) أو (0,05mm).
 - الدقة (1/50): أي أن دقة القدم القنوية تساوي (1/50) من المليمتر، أي (0,02mm).
- وغالباً ما تكون القدم قنوية مدرجة بالمليمترات أو بالإنش، ويجب الانتباه إلى اختيار الوحدة بشكل صحيح، علماً أن (1inch = 2,54cm).



4- طريقة استخدامها:

لقياس طول جسم ما نجعل نهايته الأولى بمحاذاة صفر المسطرة الثابتة ونزلق المسطرة المتحركة حتى يصبح صفر الفرنيه محاذياً لنهايتها الأخرى، أي يجب أن يكون الجسم أو القطعة المراد قياسها مشدودة بشكل معتدل بين السيف المتحرك والسيف الثابت للقدم. ويجب أن يكون السيفان موازيان لطرفي القطعة أو الجسم، الشكل (4).



القطعة المراد قياس طولها

شكل (4): قياس طول جسم L.

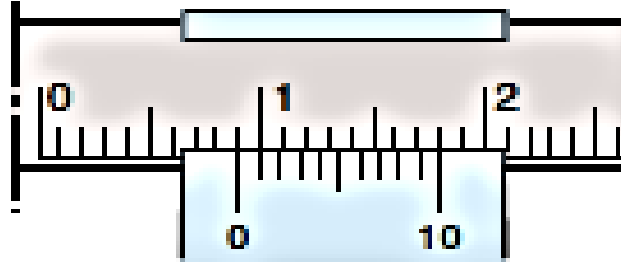
ونميز هنا حالتين:

الحالة الأولى:

صفر الفرنيه يحاذي تماماً تدريجاً معيناً من تدريجات المسطرة الثابتة، في هذه الحالة يكون طول الجسم مساوياً للقراءة التي يُحددها صفر الفرنيه على المسطرة الثابتة.

مثال: (فرنیه دقتها 1/10)

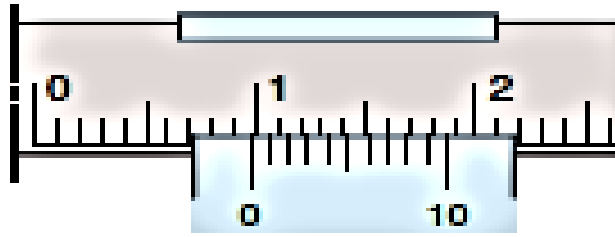
يبين الشكل (5) فرنیه ذات دقة (1/10) حيث نلاحظ أن صفر الفرنيه يقابل تماماً التدريج (9) على المسطرة الثابتة، أي أن طول الجسم يساوي 9 تدريجات، هذا يعني (9mm).



شكل (5): فرنه دقتها (1/10)، طول الجسم يساوي: (9mm).

الحالة الثانية:

صفر الفرنيه في وضع لا يقابل تماماً تدريجاً معيناً من تدريجات المسطرة الثابتة، أي أنه في وضع متوسط بين تدريجتين من تدريجات المسطرة الثابتة، انظر الشكل (6).



الشكل (6): فرنه دقتها (1/10)، طول الجسم يساوي:

$$(9mm + 0,7 = 9,7mm)$$

مثال: (فرنه دقتها 1/10)

لقراءة القيمة المقاسة في الشكل (6) نتبع الخطوات التالية:

- 1- نقرأ القيمة الصحيحة التامة مقدرة بالمليمتر قبل صفر الفرنيه، فهي تساوي (9mm).
- 2- نبحث عن تدريجة من تدريجات الفرنيه محاذية تماماً لتدريجة من تدريجات المسطرة ثابتة. تُشير كل تدريجة من تدريجات الفرنيه إلى عشر المليمتر، ومنه فإن القيمة المقروءة تساوي: $(7 \times 0,1mm = 0,7mm)$
- 3- الجواب: $(9mm + 0,7mm = 9,7mm)$.

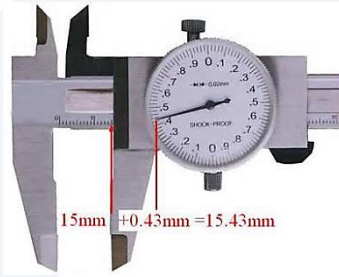
5- الطريقة المثلى لاستخدام القدم القنوية (للقيام بقياس).

- 1- التأكد من عدم تشوه القدم القنوية بسبب سقوطها.
- 2- تنظيف القدم عند الضرورة، وخاصة داخل السيفين.

- 3- يجب التأكد من ملاصقة السفين، أي أن صفر الفرنيه وصفر المسطرة الثابتة بمحاذاة تامة.
- 4- يجب ملاصقة سيفي القدم للجسم أو للقطعة المراد قياسها.
- 5- نشدّ بشكل معتدل السيفين على القطعة أو على الجسم.
- 6- نثبت السيف المتحرك بوساطة لولب التثبيت.
- 7- نقرأ على المسطرة الثابتة: عدد المليمترات الصحيحة التامة الموجودة على يسار صفر الفرنيه.
- 8- نبحت على الفرنيه عن أول تدريجة a والتي تحاذي تماماً إحدى تدريجات المسطرة الثابتة.
- 9- نعدّ عدد التدريجات الموجودة بين صفر الفرنيه والتدريجة التي تحاذي إحدى تدريجات المسطرة الثابتة m. ثمّ نضرب عدد هذه التدريجات بدقة القياس $\frac{1}{n}$ للقدم القنوية المستخدمة.
- 10- وأخيراً نعوض هذه القيم في العلاقة (1) ونعطي قيمة القياس مقدرة بالمليمتر.

$$(1)L = a + m \times \frac{1}{n}$$

نُعطي في الشكل (7) بعض نماذج من القدم القنوية: قدم قنوية بقرص، و قدم قنوية رقمية.



قدم قنوية ذات قرص مدرج



قدم قنوية رقمية Digital

شكل (7): نماذج للقدم القنوية.

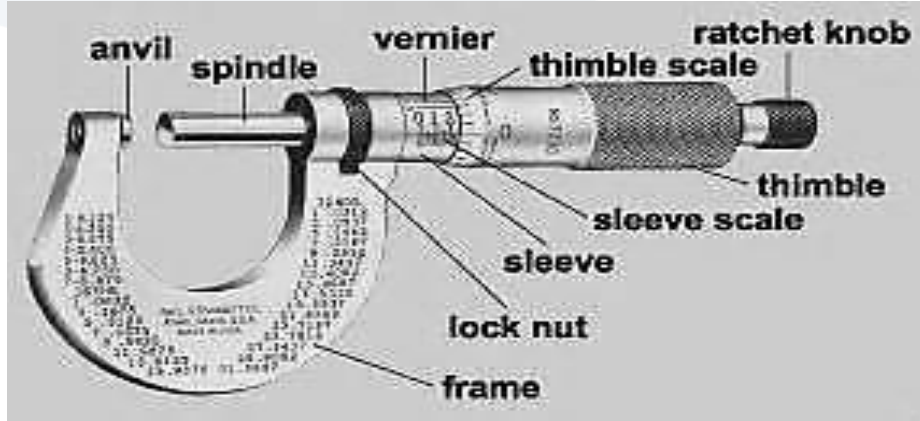
ثانياً – الدوارة اللولبية:

1- تعريفها:

هي أداة تُستخدم لقياس أقطار الأسلاك وهي أدق من القدم القنوية.

2- تركيبها:

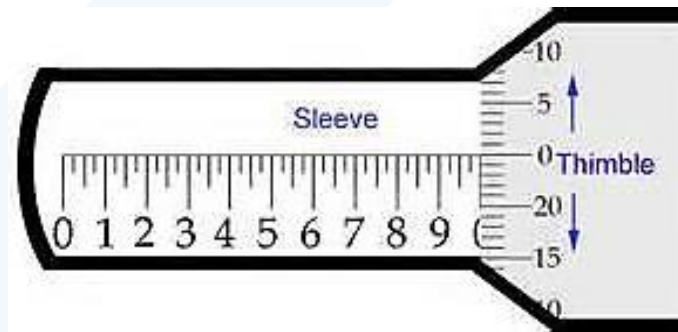
تتألف كما هو مبين في الشكل (9) من قطعة معدنية على شكل حرف U في إحدى طرفيها صامولة ثابتة يدور فيها بسهولة لولب ينتهي بأنبوب معدني قصير ومن ثم بقبضة محددة من طرفها العلوي ومقسّمة في الحالة العامة إلى n تدريجاً متساوياً، وفي الطرف الآخر مسند يقابل رأس اللولب، أي رأس محور الدوران. كما يوجد على طول الأنبوب المعدني مسطرة L مدرجة بأنصاف المليمتر، ومن ثم فرنيه.



شكل (9): دارة لولبية.

سندان (مسند) - Anvil، محور دوران - Spindle، أسطوانة معدنية تحتوي محور - Sleeve، فرنجه - Vernier، أسطوانة معدنية تحتوي محور مدرج - Sleeve scale، أنبوب معدني قصير مدرج - Thimble scale، مسكة، أنبوب معدني قصير - Thimble، قبضة - Ratchet knob، قاعدة - Frame، عزقة تثبيت - Lock nut.

ملاحظة هامة: إذا دار اللولب دورة كاملة انتقلت حالة الأسطوانة (Thimble) المحددة باتجاه تدريجات المسطرة مضافة تساوي عادة نصف ميليمتر (0,5mm) بحيث تعادل كل تدريجة من تدريجات الأسطوانة (1/n) من أصغر تدريجة على المسطرة الثابتة (Sleeve)، الشكل (10).



شكل (10): يوضح تدريجات الأسطوانة وتدرجات المسطرة.

إذا قُسمت الأسطوانة (Thimble) إلى 50 تدريجاً ($n_1 = 50$) وكانت كل دورة من دوراتها تعادل نصف ميليمتر (0,5mm) على المسطرة الثابتة (Sleeve) فإن دقة القياس تساوي:

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{n_1} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{50} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{100} \text{ mm}$$

وهكذا لقياس ثخن جسم ما، يُجعل هذا الجسم بين طرفي المسند (anvil) ومحور الدوران (Spindle)، وتُدور الأسطوانة (Thimble) حتى يلامس رأس المحور رأس المسند بضغط كافٍ لتجنب ضغط الجسم أو عطب الدوارة اللولبية.

وعندما يتم حصر الجسم بين المسند والمحور يُقرأ التدرج المكشوف من المسطرة الثابتة (Sleeve) وليكن مثلاً (خمسة) تدريجات $a = 5$ من أصغر تدريجة على المسطرة)، ثم يُقرأ تدرج حافة الأسطوانة (Thimble) المحاذي تماماً لامتداد خط المسطرة (Sleeve) ولنفرض أن المحاذاة كانت محققة عند التدرج $m = 25$.

فإذا كانت الأسطوانة مقسمة إلى 50 تدريجة ($n_1 = 50$) وكانت كل دورة من دوراتها تعادل نصف ميليمتر (0,5mm) على المسطرة الثابتة، الأشكال (11) و (12)، فعندئذٍ يمكن حساب ثخن الجسم من العلاقة التالية:

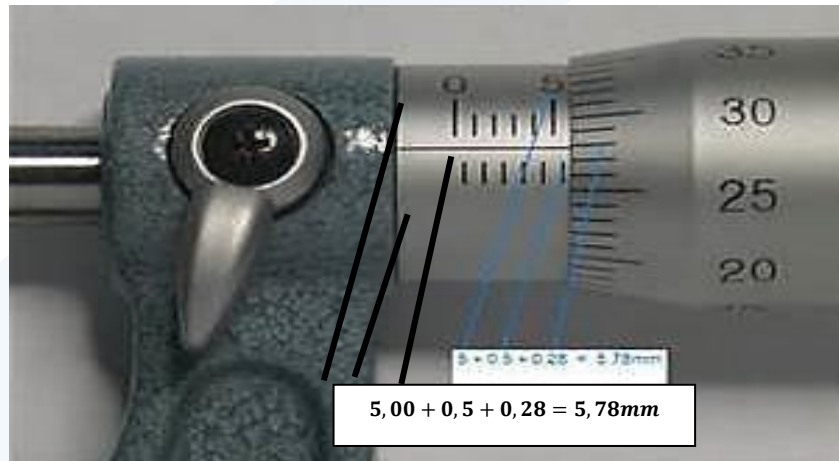
$$L = a + m \times \frac{1}{n}$$

حيث أن:

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{n_1} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{50} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{100} mm$$

$$L = a + 25 \times \frac{1}{100} = 5 + 0,25 = 5,25mm$$

ومنه نجد:



شكل (12): يُوضح القيمة المقاسة بواسطة الدوارة اللولبية:

$$5,00 + 0,5 + 0,28 = 5,78mm$$

3 – الأجهزة والأدوات: Apparatus

Precision caliper gauge. (1)	(8) قدم قنوية.
Precision micrometer screw guage. (2)	(9) دارة لولبية.
Wood cylinder. (3)	(10) أسطوانة معدنية مفرغة، أسطوانة خشبية.
Two thin wires. (4)	(11) سلكين ذات أقطار مختلفة.
Small ball. (5)	(12) كرة صغيرة.

ملاحظة:

إذا كانت نتيجة الحسابات تُشير إلى أن للخطأ المطلق قيمة أصغر من نصف أصغر تدريج يمكن قراءته بوساطة القدم القنوية، عندئذ يجب: استبدال قيمة الخطأ المطلق بقيمة نصف أصغر تدريج يمكن قراءته. ففي حالة قدم قنوية تُعطي دقة في القياس حتى $[(1/10)\text{mm}]$ يكون نصف أصغر تدريج $[(1/20)\text{mm}]$ أو $(0,05\text{mm})$.

خطوات العمل Carrying out the experiment

أولاً – القدم القنوية:

- 1- تأكد قبل إجراء القياس أن صفر الفرنيه ينطبق على صفر المسطرة عندما يكون فكا القدم متماسين تماماً. فإذا لم يكن الأمر كذلك يجب اعتبار الفارق خطأ نظامياً يضاف أو يُطرح من جميع القياسات المسجلة وذلك بحسب الحالة.
- 2- قس القطر الخارجي للأسطوانة الخشبية $2r$ مرتين، في مواضع عدّة، ثم عين نصف قطرها r في كل مرة، باتباع الخطوات التالية:
 - (a) لامس سيفي القدم القنوية على الأسطوانة الخشبية.
 - (b) شدّ بشكل معتدل السيفين على الأسطوانة.
 - (c) اقرأ على المسطرة الثابتة: عدد المليمترات الصحيحة التامة الموجودة على يسار صفر الفرنيه، ويرمز لها بـ a .
 - (d) أبحث على الفرنيه عن أول تدريجة والتي تحاذي تماماً إحدى تدريجات المسطرة.
 - (e) عدّ عدد التدريجات الموجودة بين صفر الفرنيه والتدريجة التي تحاذي إحدى تدريجات المسطرة الثابتة ويرمز لها بـ m . ثمّ نضرب عدد هذه التدريجات أي m بـ $(\frac{1}{n} = \frac{1}{20} = 0.05\text{mm})$ ، فهذا يعطينا الجزء من المليمتر.
- 3- عوض قيمة المقادير السابقة في العلاقة $X = a + m \frac{1}{n}$ حيث $L = 2r$ ، سجل قيمة القياس مقدرة بالمليمتر.
- 4- أحسب الأخطاء المرتكبة في حساب نصف القطر الأسطوانة r ، بطريقة المتوسط الحسابي، ثم رتب نتائج جميع القياسات في الجدول المرفق.
- 5- أحسب مساحة قاعدة الأسطوانة $S = \pi \bar{r}^2$.
- 6- قس ارتفاع الأسطوانة الخشبية h ، ثم أحسب حجم الأسطوانة $V = S \cdot h$.

7- أحسب الأخطاء المرتكبة في عملية قياس الحجم بالطريقة اللوغاريتمية.

ثانياً: الدائرة اللولبية:

- 1- قس القطر الخارجي $2r$ للكرة المعدنية، ثم عين نصف قطرها r .
- 2- أحسب حجم الكرة المعدنية $V = \frac{4}{3}\pi r^3$.
- 3- أحسب الأخطاء المرتكبة في عملية قياس حجم الكرة بالطريقة اللوغاريتمية.

تنفيذ التجربة وآلية كتابة النتائج

أولاً – القدم القنوية:

- 1- حساب القطر الخارجي للأسطوانة الخشبية $2r$ مرتين ، ومن ثم تعيين نصف القطر r في كل مرة:
- 2- حساب الأخطاء المرتكبة في عملية قياس نصف القطر r بطريقة المتوسط الحسابي:

(a) يجب أولاً حساب \bar{r} أي المتوسط الحسابي لقيمة r .

$$\bar{r} = \frac{r_1 + r_2}{2}$$

(b) حساب الخطأ المطلق المرتكب في عملية القياس باستخدام العلاقة $\Delta r = |\bar{r} - r|$.
الخطأ المطلق المرتكب في أول عملية قياس Δr_1 .

$$\Delta r_1 = |\bar{r} - r_1|$$

و الخطأ المطلق المرتكب في ثاني عملية قياس Δr_2 .

$$\Delta r_2 = |\bar{r} - r_2|$$

(c) حساب المتوسط الحسابي للخطأ المطلق $\bar{\Delta r}$ المرتكب في عملية قياس نصف القطر.

$$\bar{\Delta r} = \frac{\Delta r_1 + \Delta r_2}{2}$$

(d) حساب الخطأ النسبي $\frac{\bar{\Delta r}}{\bar{r}}$ المرتكب في عملية القياس.

$$\frac{\bar{\Delta r}}{\bar{r}}$$

(e) حساب الخطأ النسبي المئوي $\frac{\bar{\Delta r}}{\bar{r}} \%$.

$$\frac{\bar{\Delta r}}{\bar{r}} \% = \frac{\bar{\Delta r}}{\bar{r}} \times 100 \%$$

(f) القيمة الحقيقية تحسب كما يلي:

$$\text{القيمة الحقيقية} = (\bar{r} \pm \Delta\bar{r})mm$$

رتب النتائج في الجدول التالي:

$r(mm)$	$\bar{r}(mm)$	$\Delta r(mm) = \bar{r} - r $	$\Delta\bar{r}(mm)$
r_1	$\bar{r} = \frac{r_1 + r_2}{2}$	$\Delta r_1 = \bar{r} - r_1 $	$\Delta\bar{r} = \frac{\Delta r_1 + \Delta r_2}{2}$
r_2		$\Delta r_2 = \bar{r} - r_2 $	

$\frac{\Delta\bar{r}}{\bar{r}}$	$\frac{\Delta\bar{r}}{\bar{r}} \% = \frac{\Delta\bar{r}}{\bar{r}} \times 100$
$\text{القيمة الحقيقية} = (\bar{r} \pm \Delta\bar{r})mm$	

4- مساحة قاعدة الأسطوانة $S = \pi\bar{r}^2$

5- حساب ارتفاع الأسطوانة الخشبية h

6- حساب حجم الأسطوانة $V = S \cdot h$

V حساب الأخطاء المركبة في حساب الحجم بالطريقة اللوغاريتمية:

(a) يجب أولاً كتابة العلاقة المستخدمة:

$$V = S \cdot h = \pi r^2 \cdot h$$

(b) نأخذ اللوغاريتم العشري لطرفي العلاقة:

$$\log V = \log(\pi r^2 \cdot h)$$

(c) نطبق خواص اللوغاريتم:

$$\log V = \log(\pi) + \log(r^2) + \log(h)$$

$$\log V = \log(\pi) + 2\log(r) + \log(h)$$

(d) نفاضل طرفي العلاقة:

$$\frac{dV}{V} = \frac{d\pi}{\pi} + 2\frac{dr}{r} + \frac{dh}{h}$$

ولكن تفاضل مقدار ثابت معدوم، أي $\frac{d\pi}{\pi} = 0$

(e) عندما تنتقل من التفاضل d إلى التغير Δ . نحول جميع إشارات (-) إلى (+) إن وجدت.

$$\frac{\Delta V}{V} = 2\frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta h}{h}$$

$$\Delta h = 0.025mm$$

$\frac{\Delta V}{V}$ تمثل هذه القيمة الخطأ النسبي المركب في عملية قياس الحجم.

(f) أما الخطأ النسبي المتوي فيحسب كمايلي:

$$\% \frac{\Delta V}{V} \text{ أما الخطأ المطلق فيحسب كمايلي:}$$

(g) القيمة الحقيقية:

$$= (V \pm \Delta V) \text{ mm}^3 \text{ القيمة الحقيقية}$$

ثانياً: الدائرة اللولبية:

1- قياس قطر الكرة $2r$ ومن ثم تحديد نصف قطر الكرة r .

2- حساب مساحة الكرة.

3- حساب حجم الكرة.

4- حساب الأخطاء المرتكبة في قياس حجم الكرة بالطريقة اللوغاريتمية.