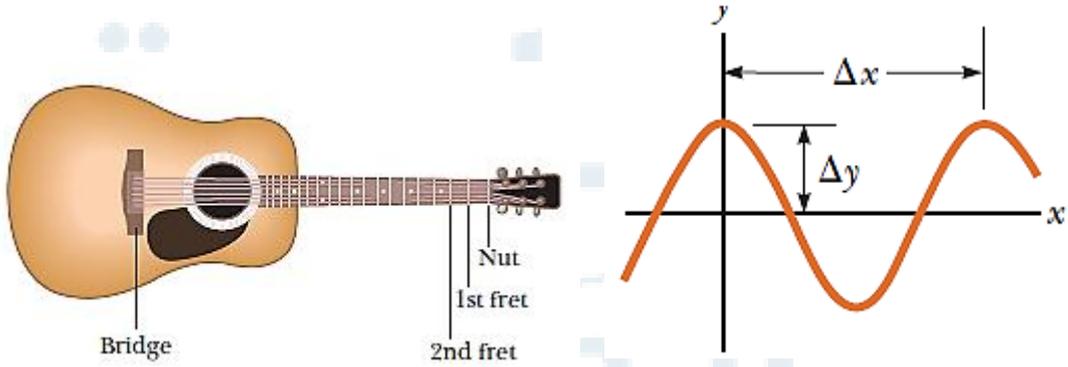
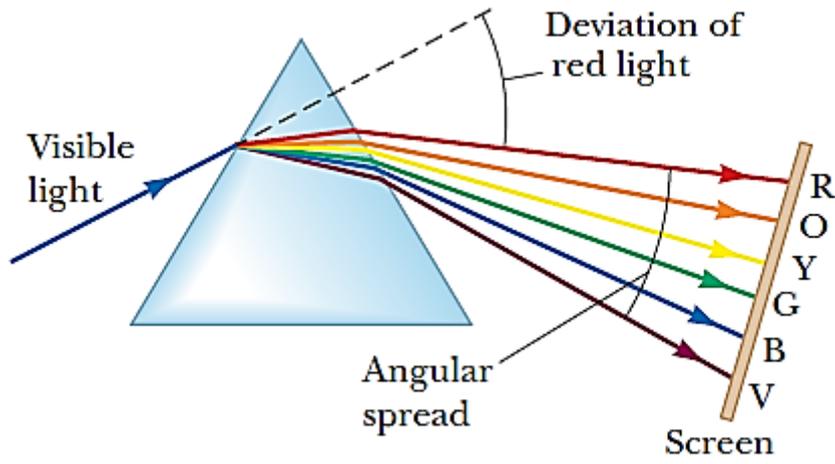


تجارب في الفيزياء

كلية هندسة العمارة - طلاب السنة الأولى



الأستاذ الدكتور جبور جبور

2021 - 2020

الفهرس

رقم الصفحة	
3	مقدمة.....
5	التجربة الأولى: استخدام أدوات القياس.....
16	التجربة الثانية: جمع وتحليل القوى.....
23	التجربة الثالثة: دراسة النواس البسيط كمثال عن الحركة التوافقية البسيطة (تحديد تسارع الجاذبية الأرضية بوساطة النواس البسيط)
30	التجربة الرابعة: تجربة راسم الأشعة المهبطي.....
43	التجربة الخامسة: مبدأ الصدى الصوتي (السونار) (حساب سرعة الصوت)
47	التجربة السادسة: انعكاس الضوء على المرايا المستوية والمنحنية
54	التجربة السابعة: تحديد البعد المحرقي للعدسات المقربة باستخدام طريقة بيسيل.....
65	التجربة الثامنة: قياس مقاومة مجهولة بوساطة جسر واطسطن.....
72	التجربة التاسعة: التحقق من صحة قانون أوم.....
78	التجربة العاشرة: قياس الخطوط الطيفية لغاز حامل وأبخرة المعادن باستخدام الموشور كمحلل طيفي.....

مُقدِّمة الكتاب

إن الكلمة اليونانية "physis" تعني "الطبيعة"، لذا أصبح العلم عن الطبيعة يُسمى "الفيزياء". ومهتم علم الفيزياء بدراسة الظواهر الطبيعية على مختلف أشكالها وأنواعها، وفهمها والبحث عن القوانين الناظمة لها أو القوانين التي تُنظِّم هذه الظواهر. فالفيزياء تهتم مثلاً بدراسة جميع الحوادث التي تنجم عن وجود الجاذبية الأرضية كسقوط الأجسام وحركة الكواكب وغيرها، وتهدف إلى القانون الطبيعي الذي تخضع له هذه الحوادث. وتهتم الفيزياء أيضاً بدراسة الحوادث الضوئية كالانكسار والانعكاس والتداخل والانعراج وتبديد الضوء وسائر الظواهر الضوئية الأخرى. وتسعى الفيزياء أيضاً لكشف العلاقة الموجودة بين طبيعة الضوء وهذه الظواهر كلها. كما أن دراسة تحولات الطاقة من شكل لآخر وتحول المادة إلى طاقة، وكذلك تحول الطاقة إلى مادة تشكل جزءاً هاماً من الفيزياء. والخلاصة أن الفيزياء تحاول سبر غور الطبيعية وفهم ما يجري من حوادث وظواهر وما تنطوي عليه هذه من قوانين عامة.

لقد قطعت الفيزياء أشواطاً كبيرة في التقدم حيث أصبح حجم المعرفة فيها كبيراً لدرجة بات معها من المستحيل على المرء أن يحيط بها حتى لو أمضى كل حياته في الدراسة. وعلى الرغم من هذا التقدم الكبير فإن الفيزياء لم تأت بعد على جميع أسرار الطبيعة وقوانينها، فلم تزال أمامها أشواط أخرى طويلة لا يمكن التنبؤ بمداها.

وقد كانت مغامرة العقل الأولى للإنسان هي محاولته إيجاد تلك القوانين. عزاها في البداية، من خلال أساطيره، إلى قوى خارقة أبطالها الآلهة يمثل كل واحد منهم ظاهرة بعينها. وتعلّم وجزّب وأصبح خبيراً في بعض الظواهر فعُدل في أساطيره وأصبح مشاركاً للآلهة في صنع العناصر الطبيعية. ومن خلال فهمه للحوادث الطبيعية أصبح سيدها وتخلّص من خوفه منها. فالإنسان تراكمات لمحصلة التجارب التي مرّت بها الإنسانية كلها بالإضافة إلى فضوليته. وهكذا يمكن القول إنه من خلال غاليليه (Galilée) وممن سبقوه صاغ نيوتن (Newton) قوانينه الثلاثة التي استطاعت أن تفسّر معظم الظواهر الميكانيكية. وبالطريقة نفسها صاغ ماكسويل (Maxwell) معادلاته الأربع التي فسّرت الظواهر الكهروضوئية. وجاء أينشتاين (Einstein) بعد ذلك ليعمم قوانين نيوتن على الجمل العطالية المتحركة بعضها بالنسبة لبعض كما أدخل شرودنغر (Schrödinger) وهايزنبرغ (Heisenberg) ولوي دوبري (Louis de Broglie) أسس ميكانيك الكم (أو الكوانتي) لتفسير وجود الذرات وثباتها.

كان طريق الإنسانية شائكاً ومعقداً في الوصول إلى ما وصل إليه الآن. وأهم الطرق التي اتبعها الإنسان هي التجربة، وهذا هو الأمر الذي حدا بي كي أقدم هذا الكتاب العملي ساعياً من خلاله إلى إثارة الرغبة في التفكير في المفاهيم التي يعرفها الطالب وتعميده على استخدام الأجهزة واتقان تقدير الأخطاء.

انطلاقاً من هذه الاعتبارات سأهتم من خلال هذا الكتاب بالناحية التجريبية أملاً أن تلامس معظم محتويات المقرر النظري للفيزياء المخصص لطلاب السنة الأولى في كلية هندسة العمارة في جامعة المنارة الخاصة.

يُغطي هذا الكتاب الجانب التجريبي من مادة "الفيزياء" لطلاب السنة الأولى في كلية هندسة العمارة. يتألف هذا الكتاب من مقدمة و (10) عشرة تجارب تغطي الجانب التجريبي لمعظم مفردات هذا المقرر.

حاولت في كل تجربة اعطاء فكرة نظرية عن الهدف منها وأهم القوانين الناظمة لها والأسس العملية التي تقوم عليها مع مثالٍ للإيضاح، وأعطيت وصفاً مفصلاً لطريقة استخدام أجهزة القياس. كما حاولت توخي الشمولية والإيجاز قدر الإمكان.

وكلني أمل أن يلقي هذا الكتاب قبولاً حسناً لدى زملائنا من أساتذة الفيزياء، وكذلك طلبتنا الأعزاء. وسأكون شاكراً لمن يدلي بدلوه في إغناء هذا الكتاب والتقليل من العيوب والهفوات إن وجدت فيه، فأنا لا أدعي فيه الكمال بل واجب عليّ. أديته على قدر ما أستطيع.

والله ولي التوفيق

المؤلف

الأستاذ الدكتور جبور جبور



التجربة الأولى استخدام أدوات القياس The use of measuring tools

1- أهداف التجربة: Objects of the Experiment

التدرب على استخدام أدوات القياس الدقيقة للأبعاد الصغيرة مثل:

<ul style="list-style-type: none"> Using both the Vernier caliper and the micrometer caliper to measure the small dimensions of different objects. 	<ul style="list-style-type: none"> استخدام كلا من القدم القنوية (Vernier caliper) و الدوارة اللولبية (micrometer caliper) لقياس الأبعاد الصغيرة لأجسام مختلفة.
---	---

2- المبدأ النظري: Principles

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

- ثخانة خط التدرج بحدود (0,2mm).

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

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

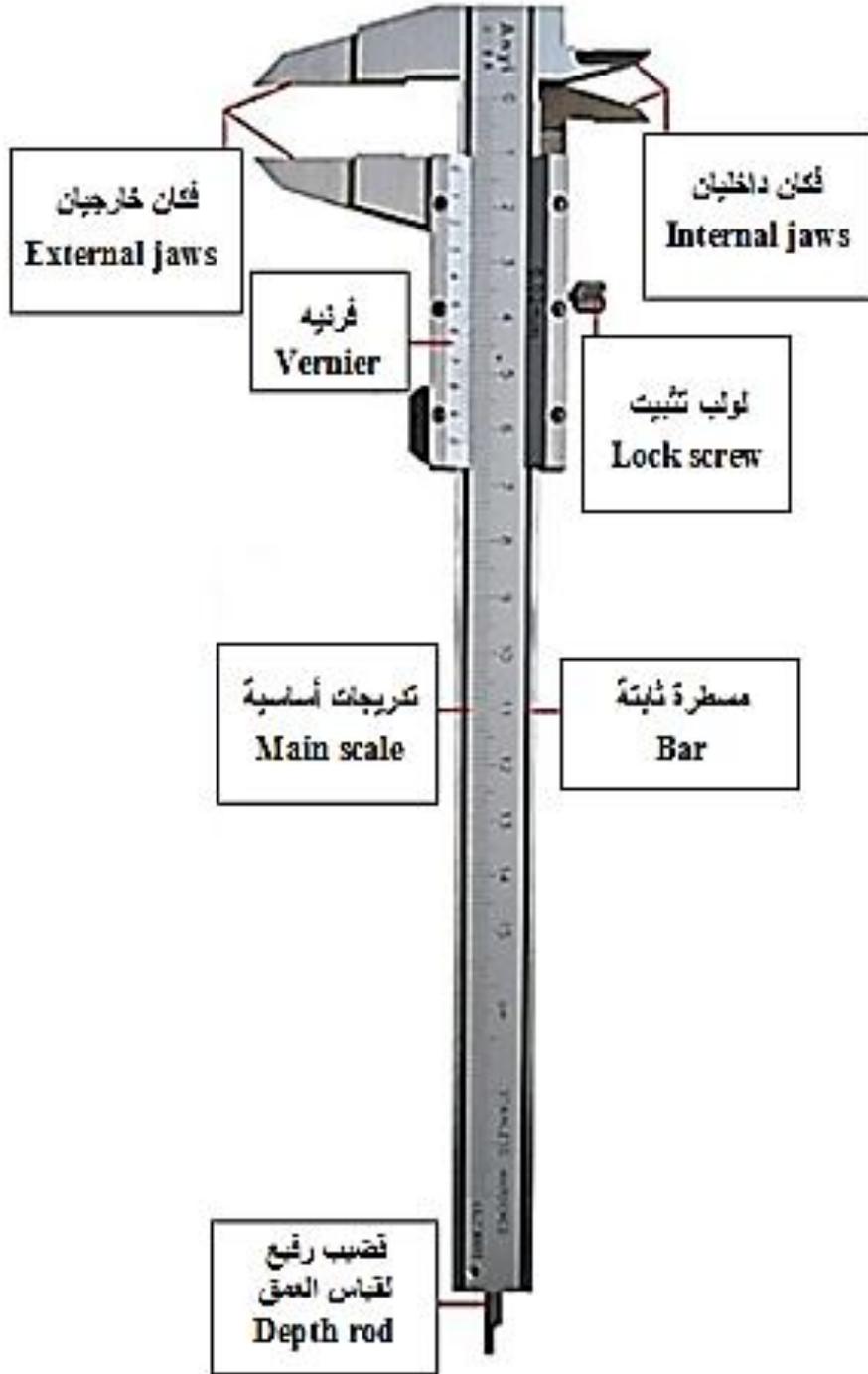
أولاً - القدم القنوية:

1- تعريفها:

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

2- تركيبها:

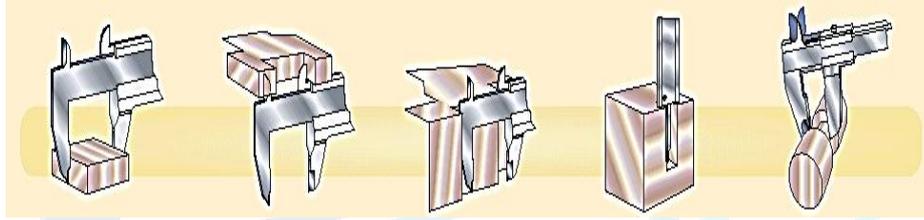
تتألف كما هو مبين في الشكل (1) من مسطرة معدنية ثابتة مدرجة بالمليمترات أو أنصاف المليمترات.



شكل (1): القدم القنوية وأجزاؤها.

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

والفرنيه 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.



قياس خارجي قياس داخلي قياس فك قياس عمق قياس عنق

شكل (2): استخدامات مختلفة للقدم القنوية.

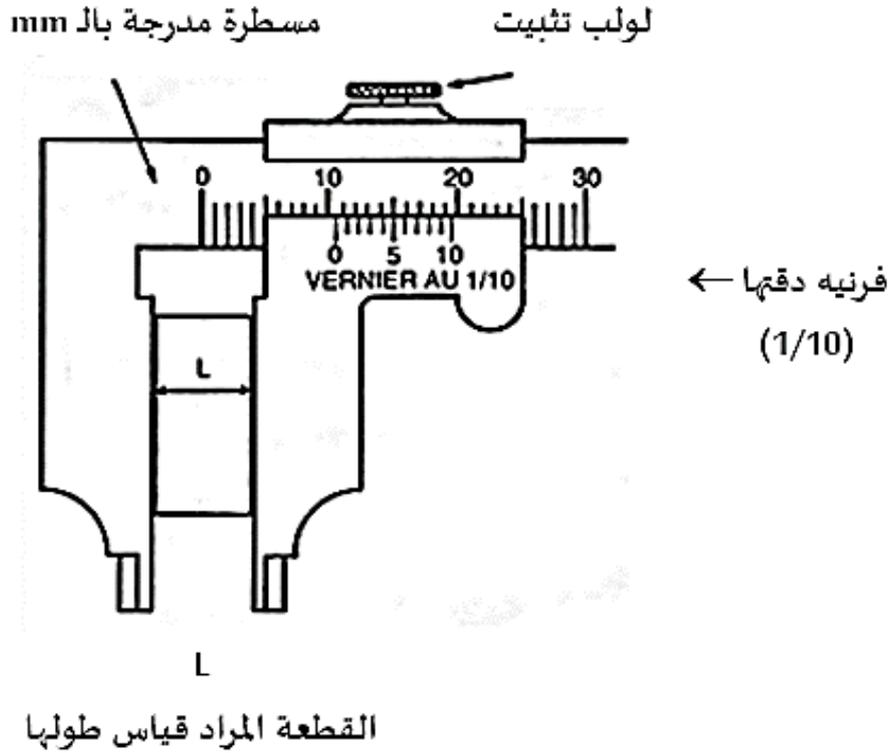
3- دقتها:

تسمح القدم القنوية بقياسات دقيقة، تتغير دقتها بحسب نموذج الفرنيه المستخدمة. ويمكن أن تكون الفرنيه مُقسمة إلى (10) أو (20) أو (50) تدرجة، 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 لنهايته 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 (3).



شكل (3): قياس طول جسم L.

ونمّي هنا حالتين:

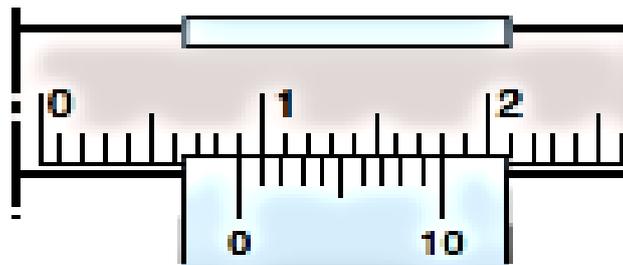
الحالة الأولى:

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

مثال: (فرنيه دقتها 1/10)

يبين الشكل (4) فرنيه ذات دقة (1/10) حيث نلاحظ أن صفر الفرنیه يقابل تماماً التدريج (9)

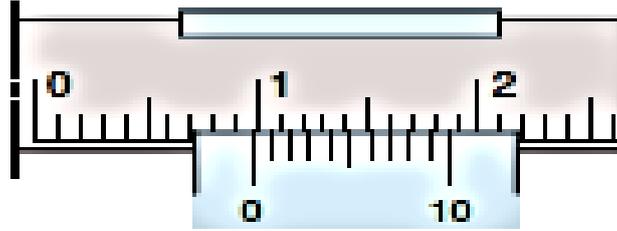
على المسطرة الثابتة، أي أن طول الجسم يساوي 9 تدريجات، هذا يعني (9mm).



شكل (4): فرنيه 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 (5).



الشكل (5): فرنيه دقتها (1/10)، طول الجسم يساوي:
(9mm + 0,7 = 9,7mm).

مثال: (فرنيه 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 لتدرجة من تدريجات المسطرة ثابتة. تُشير كل تدريجة من تدريجات الفرنيه إلى عشر المليمتر، ومنه فإن القيمة المقروءة تساوي:
(7 × 0,1mm = 0,7mm)

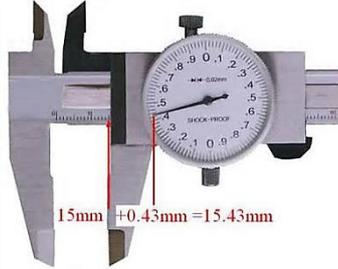
3- الجواب: (9mm + 0,7mm = 9,7mm).

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

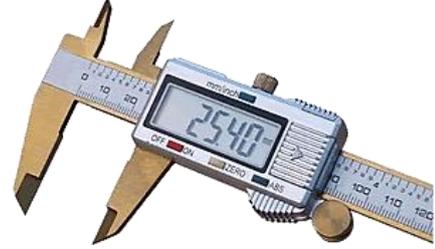
- 1- التأكد من عدم تشوه القدم القنوية بسبب سقوطها.
- 2- تنظيف القدم عند الضرورة، وخاصة داخل السيفين.
- 3- يجب التأكد من ملاسة السيفين، أي أن صفر الفرنيه وصفر المسطرة الثابتة بمحاذاة تامة.
- 4- يجب ملاسة سيبي القدم للجسم أو للقطعة المراد قياسها.
- 5- نشدّ بشكل معتدل السيفين على القطعة أو على الجسم.
- 6- نثبت السيف المتحرك بوساطة لولب التثبيت.
- 7- نقرأ على المسطرة الثابتة: عدد المليمترات الصحيحة التامة الموجودة على يسار صفر الفرنيه.
- 8- نبحث على الفرنيه عن أول تدريجة a والتي تحاذي تماماً إحدى تدريجات المسطرة الثابتة.
- 9- نعدّ عدد التدريجات الموجودة بين صفر الفرنيه والتدرجة 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.

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

تُعطى في الشكل (6) بعض نماذج من القدم القنوية: قدم قنوية بقرص، و قدم قنوية رقمية.



قدم قنوية ذات قرص مدرج



قدم قنوية رقمية Digital

شكل (6): نماذج للقدم القنوية.

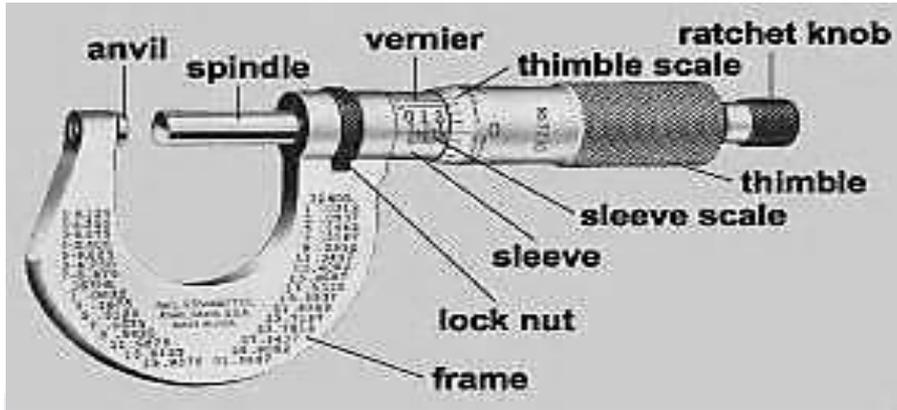
ثانياً – الدوارة اللولبية:

1- تعريفها:

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

2- تركيبها:

تتألف كما هو مبين في الشكل (7) 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 (7): دوارة لولبية.

سندان (مسند) - Anvile، محور دوران - Spindle، أسطوانة معدنية تحتوي محور - Sleeve.

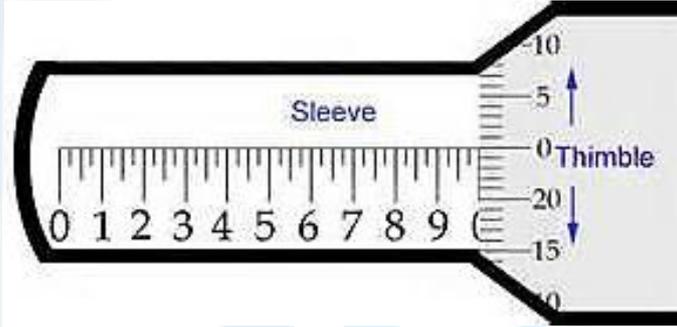
فرنيه - Vernier

أسطوانة معدنية تحتوي محور مدرج - Sleeve scale، أنبوب معدني قصير - Thimble، أنبوب

معدني قصير مدرج - Thimble scale، مسكة (قبضة) - Ratchet knob، قاعدة - Frame.

عزقة تثبيت - Lock nut.

ملاحظة هامة: إذا دار اللولب دورة كاملة انتقلت حالة الأسطوانة (Thimble) المحددة باتجاه تدريجات المسطرة مسافة تساوي عادة نصف ميليمتر (0,5mm) بحيث تعادل كل تدريجة من تدريجات الأسطوانة (1/n) من أصغر تدريجة على المسطرة الثابتة (Sleeve)، الشكل (8).



شكل (8): 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 (9) و (10)، فعندئذٍ يمكن حساب ثخن الجسم من العلاقة الآتية:

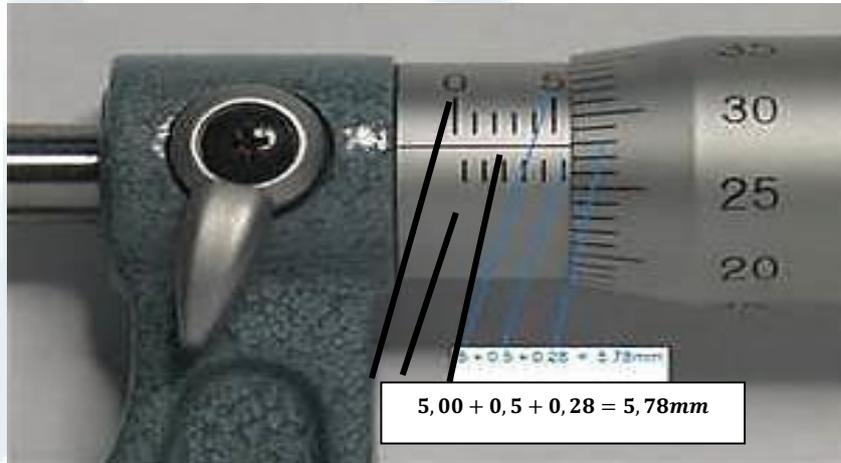
$$L = a + m \times \frac{1}{n}$$

حيث أن:

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

ومنه نجد أن:

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



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

$$5,00 + 0,5 + 0,28 = 5,78 \text{ mm}$$

3 – الأجهزة والأدوات: Apparatus

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

ملاحظة:

إذا كانت نتيجة الحسابات تُشير إلى أن للخطأ المطلق قيمة أصغر من نصف أصغر تدرج يمكن قراءته بواسطة القدم القنوية، عندئذ يجب استبدال قيمة الخطأ المطلق بقيمة نصف أصغر تدرج يمكن قراءته. ففي حالة قدم قنوية تُعطي دقة في القياس حتى $[(1/10)\text{mm}]$ يكون نصف أصغر تدرج $[(1/20)\text{mm}]$ 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 خطأً 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) ثبت السيف المتحرك بوساطة لولب التثبيت.
 - (d) اقرأ على المسطرة الثابتة: عدد المليمترات الصحيحة التامة الموجودة على يسار صفر الفرنيه، ويرمز لها بـ a.
 - (e) أبحث على الفرنيه عن أول تدرّج والتي تحاذي تماماً إحدى تدرّجات المسطرة.
 - (f) عدّ عدد التدرّجات الموجودة بين صفر الفرنيه والتدرّج التي تحاذي إحدى تدرّجات المسطرة الثابتة ويرمز لها بـ m. ثمّ نضرب عدد هذه التدرّجات أي m بـ:

$$\left(\frac{1}{n} = \frac{1}{20} = 0.05mm\right).$$

فهذا يعطينا الجزء من المليمتر.

- 3- عوض قيمة المقادير السابقة في العلاقة $X = a + m \frac{1}{n}$ حيث $L = 2r$ ، سجل قيمة القياس مقدره 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 $S = \pi r^2$.
- 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: الدوارة 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 وألية 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 المركبة 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:

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

3- رتب النتائج في الجدول التالي:

$r(\text{mm})$	$\bar{r}(\text{mm})$	$\Delta r(\text{mm}) = \bar{r} - r $	$\bar{\Delta r}(\text{mm})$
r_1	$\bar{r} = \frac{r_1 + r_2}{2}$	$\Delta r_1 = \bar{r} - r_1 $	$\bar{\Delta r} = \frac{\Delta r_1 + \Delta r_2}{2}$
r_2		$\Delta r_2 = \bar{r} - r_2 $	
$\frac{\bar{\Delta r}}{\bar{r}}$		$\frac{\bar{\Delta r}}{\bar{r}} \% = \frac{\bar{\Delta r}}{\bar{r}} \times 100$	
القيمة الحقيقية = $(\bar{r} \pm \bar{\Delta r}) \text{mm}$			

4- مساحة قاعدة الأسطوانة $S = \pi r^2$.

5- حساب ارتفاع الأسطوانة الخشبية h .

6- حساب حجم الأسطوانة $V = S \cdot h$.

7- حساب الأخطاء المرتكبة 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 ننتقل من التفاضل d إلى التغير Δ . نحول جميع إشارات (-) إلى (+) إن وجدت.

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

$$\Delta h = 0.025\text{mm}$$

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

(f) أما الخطأ النسبي المئوي فيحسب كما يلي: $\% \frac{\Delta V}{V}$ أما الخطأ المطلق فيحسب كما يلي:

(g) القيمة الحقيقية:

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

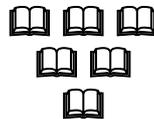
ثانياً: الدوارة اللولبية:

(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.



التجربة الثانية

جمع وتحليل القوى

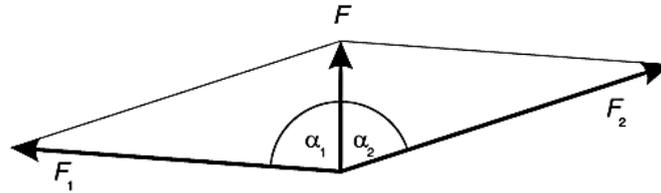
Composition and decomposition of forces

1- أهداف التجربة: Objects of the Experiment

<ul style="list-style-type: none"> • Composition of two non-parallel forces \vec{F}_1 and \vec{F}_2 acting on a point to form a force \vec{F}. • Resolution of a force \vec{F} acting on a point into two non-parallel forces \vec{F}_1 and \vec{F}_2. • Determining the absolute values of the component forces as a function of their directions. 	<ul style="list-style-type: none"> • جمع قوتين \vec{F}_1 و \vec{F}_2 غير متوازيتين مُطبقتين في نقطة بقوة وحيدة \vec{F}. • تحليل قوة \vec{F} إلى قوتين \vec{F}_1 و \vec{F}_2 غير متوازيتين مُطبقتين في نقطة. • تحديد قيمة القوى الجزئية بتابعية اتجاهها.
--	--

2- مفاهيم أساسية: Principles

يمكن استناداً للوحة مغناطيسية البرهان على أن القوة هي مقدار شعاعي. تُحدد نقطة تأثير كل قوة على اللوحة المغناطيسية، ومن ثمّ نقيس قيمة كل قوة بشكل منعزل والزوايا المُشكلة بينها. أثناء التجربة، القوة العمودية \vec{F} ، المُعطاة (المعلومة) تُحلل إلى قوتين \vec{F}_1 و \vec{F}_2 بوساطة خيطين مربوطين بديناموترئشكلان زاويتين α_1 و α_2 مع الشاقول. إن قيمتي القوتين F_1 و F_2 الجزئيتين تُحددان بتابعية الزاويتين α_1 و α_2 ، الشكل (1).



شكل (1): جمع وتحليل قوتين.

من أجل إيضاح الجمع الشعاعي لقوتين:

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

والتحليل الشعاعي لقوتين:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \quad (2)$$

نلجأ إلى رسم متوازي الأضلاع المُشكّل من القوتين، والذي يُعتبر الأساس في جمع الأشعة، ومن ثمّ نقوم بالتحقق من صحة العلاقة (3)، من أجل المركبة الشعاعية العمودية

$$F = F_1 \cdot \cos\alpha_1 + F_2 \cdot \cos\alpha_2 \quad (3)$$

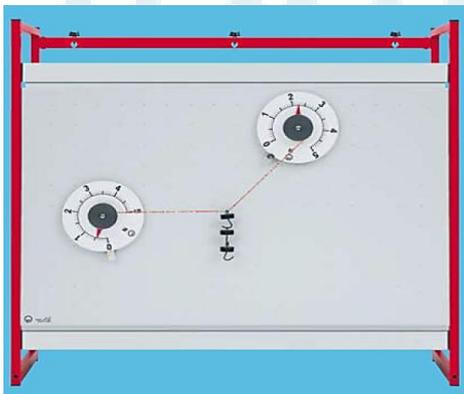
ومن العلاقة (4)، من أجل المركبة الأفقية.

$$0 = F_1 \cdot \sin\alpha_1 + F_2 \cdot \sin\alpha_2 \quad (4)$$

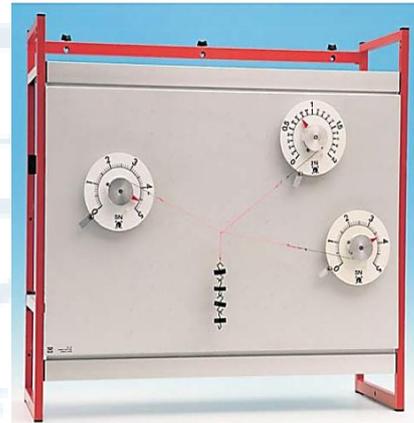
3- الأجهزة والأدوات:

<ul style="list-style-type: none"> • Adhesive magnetic board. • Round dynamometers (2-5) N. • Magnetic base with hook. • Set of weight, 50 g each. • Disc to determine the angles. 	<ul style="list-style-type: none"> • لوحة تثبيت مغناطيسية. • دينامومترات (Dynamometers) دائرية (مقاييس قوى – أدوات لقياس القوى الميكانيكية) مع قاعدة ممغنطة، ذات تدريجات مختلفة (2-5) نيوتن (5N-2N). • قاعدة ممغنطة مع خطاف. • مجموعة من الكتل، 50 غرام كل واحدة. • قرص دائري مدرج (أو ورقة ميليمترية) يوضح قيم الزوايا المشكّلة بين خيط الدينامومتر والشاقول.
---	---

يبين الشكل (2) لوحات تثبيت المغناطيسية.



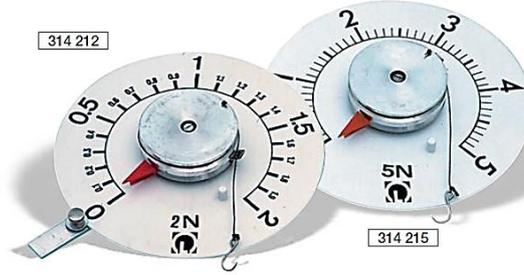
تحصيل قوتان



تحصيل ثلاث قوى

شكل (2): لوحات تثبيت مغناطيسية.

يبين الشكل (3) بعض أشكال الدينامومترات بمقاييس مختلفة.



شكل (3): دينامومتر عدد اثنان لهما مقياسان مختلفان: 5 نيوتن (5N) و 2 نيوتن (2N).

يبين الشكل (4) بعض الكتل بأشكال مختلفة، وحوامل للكتل.

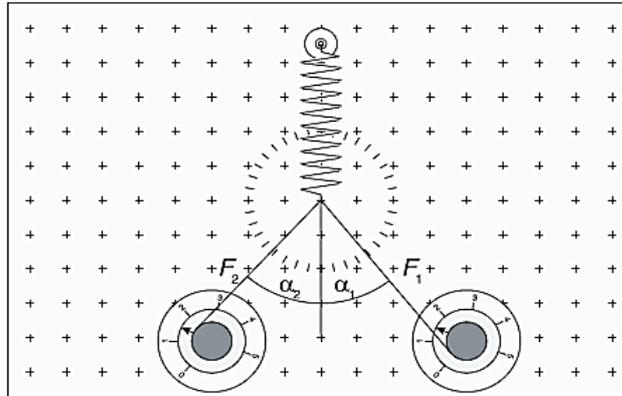


شكل (4): كتل مختلفة وحوامل الكتل.

4 - خطوات العمل Carrying out the experiment

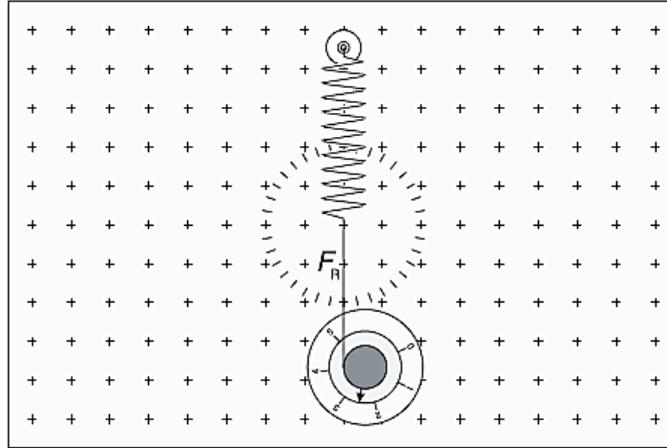
أولاً: جمع القوى:

(a) يبين الشكل (5) المونتاج المستخدم لجمع قوتين \vec{F}_1 و \vec{F}_2 .



شكل (5): جمع قوتان \vec{F}_1 و \vec{F}_2 باستخدام دينامومترين.

- (b) ثبت النابض والدينامومتر الدائريين على اللوحة المغناطيسية ومن ثم أربطهما بخطاف النابض كما هو موضح في الشكل (5).
- (c) أنقل ودور الدينامومترين الدائريين، وأسحب (شد) النابض نحو الأسفل بحيث يكون خطاف النابض في منتصف القرص الدائري المدرج. يجب الانتباه على أن تكون حركة خيط الدينامومتر بحيث تتحرك إبرة الدينامومتر في الاتجاه الصحيح للقراءة كما هو موضح في الشكل (5).
- (d) اقرأ قيمتي القوتين من الدينامومترين F_1 و F_2 ، وكذلك قيمتا الزاويتين α_1 و α_2 المشكلتين بين خيطي الدينامومترين والشاقول، انظر الشكل (5).
- (e) باستخدام العلاقة (3) أحسب محصلة هاتين القوتين F_R .
- (f) افصل أحد الدينامومترين عن الآخر، وبوساطة الدينامومتر الآخر شد النابض الشاقولي نحو الأسفل حتى منتصف القرص الدائري، انظر الشكل (6).



الشكل (6): تحديد قيمة القوة المحصلة F_R .

- (g) سجل قيمة القوة F_R التي يشير إليها الدينامومتر، ومن ثم قارن قيمتها مع القيمة التي حصلت عليها في الطلب (e)، وماذا تستنتج؟
- (h) أعد التجربة مع قيم مختلفة لكل من α_1 و α_2 ، و F_1 و F_2 ، ثم أحسب محصلة جمع القوتين F_R .
- (i) أحسب الأخطاء المرتكبة في محصلة جمع قوتين F_R المقاسة باستخدام دينامومترين، وذلك بطريقة المتوسط الحسابي.

تنفيذ الجزء الأول من التجربة وألية كتابة النتائج:

أولاً: محصلة جمع قوتين F_R' باستخدام دينامومترين، والعلاقة هي:

$$F_1 \cdot \cos\alpha_1 + F_2 \cdot \cos\alpha_2 = F_R$$

سجل محصلة القوى باستخدام دينامومتر واحد ماذا تستنتج؟

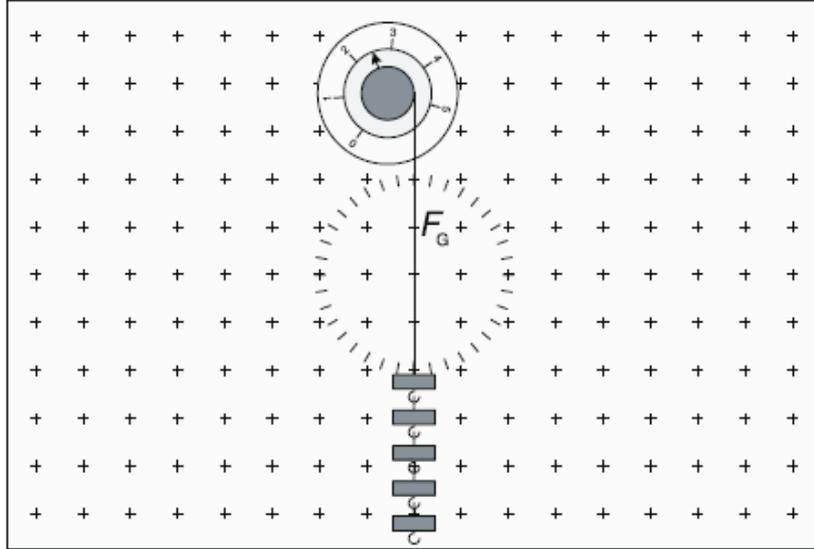
ثانياً: نعيد التجربة ونحسب محصلة جمع قوتين F_R'' باستخدام دينامومترين. سجل محصلة القوة

باستخدام دينامومتر واحد. ماذا تستنتج أيضاً؟

ثالثاً: حساب الأخطاء المرتكبة في محصلة جمع قوتين F_R المقاسة باستخدام دينامومترين، وذلك بطريقة المتوسط الحسابي.

ثانياً: تحليل القوى:

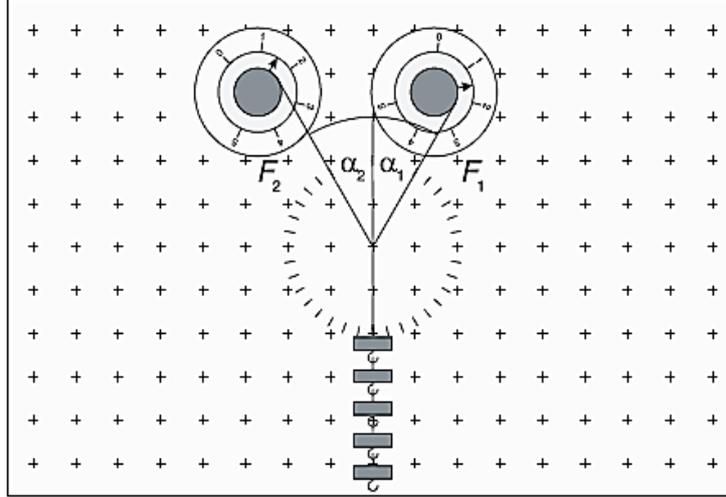
(a) ثبت دينامومتر دائري على اللوحة المغناطيسية، ومن ثم علق بخيط الدينامومتر خمس كتل معدنية كما هو موضح في الشكل (7).



الشكل (7): يبين كيفية تعليق الكتل مع الدينامومتر، وكيفية قراءة القوة \vec{F}_G .

(b) سجل قيمة قوة رد فعل الدينامومتر F_G بالنسبة للخمس كتل المعلقة بخيطه.

(c) ثبت دينامومترين دائريين على اللوحة المغناطيسية ومن ثم أربطهما، وعلق بهما خمس كتل كما هو موضح في الشكل (8).



شكل (8): تحديد القوتان الجزيئتان \vec{F}_1 و \vec{F}_2 .

- (d) أنقل ودور الدينامومتريين الدائريين بحيث تكون نقطة التعليق في منتصف القرص الدائري المدرج. يجب الانتباه على أن تكون حركة خيطا الدينامومتر بحيث تتحرك إبرة الدينامومتر في الاتجاه الصحيح للقراءة، كما هو موضح في الشكل (8).
- (e) اقرأ قيمتي القوتين من الدينامومتريين F_1 و F_2 ، وكذلك قيمتا الزاويتين α_1 و α_2 المشكلتين بين خيطي الدينامومتريين والشاقول، انظر الشكل (8).
- (j) باستخدام العلاقة (3) أحسب محصلة هاتين القوتين F_G ، قارن قيمتها مع القيمة التي حصلت عليها في الطلب (b)، وماذا تستنتج؟
- (k) أعد التجربة مع قيم مختلفة لكل من α_1 و α_2 ، و F_1 و F_2 .
- (l) أحسب الأخطاء المرتكبة في عملية تحليل قوة F_G إلى قوتين المقاسة باستخدام دينامومتريين، وذلك بطريقة المتوسط الحسابي.

تنفيذ الجزء الثاني من التجربة وآلية كتابة النتائج:

أولاً: كتابة القوة F_G باستخدام دينامومتر واحد:

.....

إيجاد القوة F'_G باستخدام دينامومتريين، من العلاقة الآتية:

$$F_G = F_1 \cdot \cos\alpha_1 + F_2 \cdot \cos\alpha_2$$

ماذا تستنتج؟



جَامِعَةُ
الْمَنَارَةِ
MANARA UNIVERSITY

ثانياً: أعد التجربة، ثم أكتب القوة F_G باستخدام دينامومتر واحد:

.....

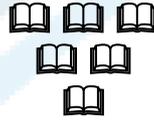
إيجاد القوة باستخدام دينامومترين، من العلاقة الآتية:

$$F_G = F_1 \cdot \cos\alpha_1 + F_2 \cdot \cos\alpha_2$$

ماذا تستنتج؟

ثالثاً: وظيفة:

حساب الأخطاء المركبة في عملية تحليل قوة إلى قوتين باستخدام دينامومترين، وذلك بطريقة المتوسط الحسابي.



جَامِعَةُ
الْمَنَارَةِ
MANARA UNIVERSITY

التجربة الثالثة

دراسة النواس البسيط كمثال عن الحركة التوافقية البسيطة
(تحديد تسارع الجاذبية الأرضية بوساطة النواس البسيط)

Study of simple pendulum as example of simple harmonic motion
(Determining the gravitational acceleration with a simple pendulum)

1- أهداف التجربة: Objects of the Experiment

<ul style="list-style-type: none"> • Determination of the period of the pendulum T as function of wire length L. • Determination of the period of the pendulum as function of the angle of deflection. • Determination of the gravitational acceleration g with a mathematic pendulum. 	<ul style="list-style-type: none"> • تحديد دور النواس T بتابعية طول له L. • تحديد دور النواس بتابعية زاوية الانحراف. • تعيين وقياس تسارع الجاذبية الأرضية g بواسطة العلاقة الرياضية التي تعطي قانون دور النواس البسيط.
--	--

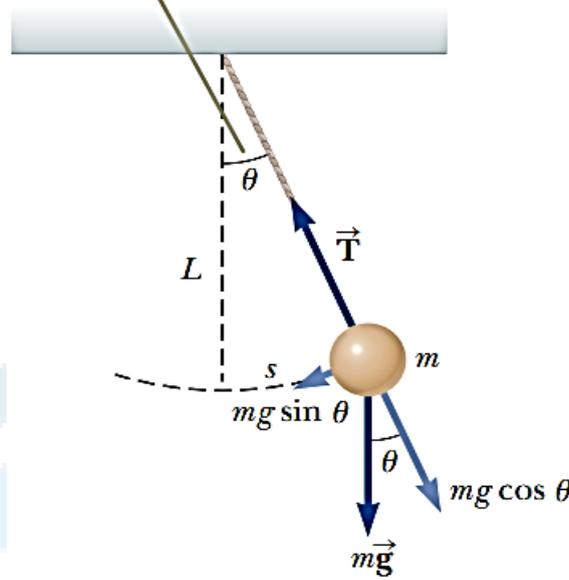
2- المبدأ النظري (مفاهيم أساسية): Principles

إن النواس، بشكل عام، هو عبارة عن جسم صلب قابل للنوسان حول محور لا يمر من مركز ثقله، وغالباً ما يُعتبر هذا المحور أفقياً.

أما النواس البسيط، فهو حالة خاصة من النواس، ويعرف بأنه نقطة مادية كتلتها m صغيرة ومعلقة بخيط مهمل الكتلة والتمدد والفتل، وطوله L . يُثبت طرفه العلوي بنقطة ثابتة تسمى نقطة التعليق، وتُعلق في نهايته السفلية النقطة المادية ذات الكتلة m .

بما أنه لا يمكن تحقيق مثل هذا النواس عملياً، يمكننا صنع نواس أقرب ما يمكن إليه، حيث تُعلق كرة صغيرة كتلتها m بخيط طويل ودقيق كتلته صغيرة جداً، وعامل تمدده صغير جداً لدرجة يمكن إهماله. ويمكن أن نعتبر أن مركز ثقل النواس هو مركز ثقل كرتة، كما هو موضح في الشكل (1).

When θ is small, a simple pendulum's motion can be modeled as simple harmonic motion about the equilibrium position $\theta = 0$.



الشكل (1): يوضح النواس البسيط مع تحليل القوى المؤثرة على النقطة المادية في النواس البسيط. عندما تكون قيمة الزاوية θ صغيرة، فيمكن اعتبار حركة النواس البسيط حركة اهتزازية بسيطة عند وضع التوازن $\theta = 0$.

بعض التعاريف الهامة:

طول النواس L : هو المسافة بين نقطة تعليقه ومركز ثقله الذي يكون في النواس البسيط مركز ثقل الكرة.
سعة النواسان θ : تدعى سعة النوسان بالزاوية θ وهي أكبر زاوية يصنعها خيط النواس مع الشاقول المار من نقطة التعليق أثناء نوسانه، أي عند قيامه بحركة اهتزازية توافقية.

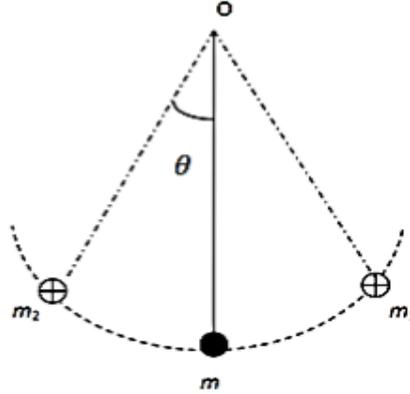
دور النواس T : هو المدة الزمنية اللازمة ليقوم النواس بنوسة كاملة.
النوساة الكاملة: هي الحركة التي تنجزها كرة النواس عندما تبدأ الحركة من نقطة معينة، ومن ثم تعود إلى التي انطلقت منها بنفس الجهة التي انطلقت بها في بداية الحركة.

التواتر f : هو عدد النوسات في الثانية الواحدة وهو يساوي إلى مقلوب الدور، أي أن $f = \left(\frac{1}{T}\right)$.

حركة النواس البسيط:

عندما ينطبق خيط النواس على الشاقول ويقع مركز ثقل كرتته على خط الشاقول نفسه (الوضعية OM) نقول إن النواس ساكن. أما إذا حرفنا خيط النواس عن وضعية التوازن (السكون) السابقة، بحيث يصنع زاوية θ مع خط الشاقول OM ويقوم بحركة اهتزازية توافقية (جيبية)، وتهتز كرتته ما بين الوضعتين m_1 أو نقطتين m_1 و m_2 المتناظرتين بالنسبة للنقطة m ، كما هو موضح في الشكل (2).

وتتخامد هذه الحركية تدريجياً حتى تتلاشى تماماً بعد فترة من الزمن، وذلك بسبب الاحتكاك الحاصل بين خيط النواس ونقطة التعليق، وبسبب مقاومة الهواء واهتزاز الجهاز الحامل للنواس. ولولا هذه المسببات لاستمر النواس بالنوسان دون تخامد أو توقف.



الشكل (2): النواس البسيط.

المعادلة الحركية التي تعبر عن النواس البسيط:

إن حركة النواس الاهتزازية هي حركة توافقية. فإذا كانت كتلة النواس هي m ، فإن ثقلها يساوي $m\vec{g}$. انظر الشكل (1). إذا حرفنا النواس عن وضع التوازن بزاوية θ وبدأ بالنوسان، وقمنا بمراقبة نقطة ما من مساره كالنقطة m حيث يصنع خيطه الزاوية θ مع وضعية التوازن، نستطيع في هذه الحالة تحليل ثقله $m\vec{g}$ إلى مركبتين: الأولى عمودية $mg \cdot \cos\theta$ تقع على امتداد خيطه، بحيث تفنمها قوة شد الخيط \vec{T} ، والأخرى مماسية قيمتها العددية $mg \cdot \sin\theta$. وذلك بفرض أن الانزياح يتم بشكل أفقي، حيث تنشأ قوة مُرجعة إلى وضع التوازن. وفي هذه الحالة يمكن تطبيق القانون الثاني لنيوتن على حركة مماسية، أي قانون التحريك الأساسي بالنسبة للقوة المماسية نجد أن:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \rightarrow F = m \frac{d^2s}{dt^2}$$

$$F_t = m \cdot a_t \rightarrow -mg \cdot \sin\theta = m \frac{d^2s}{dt^2}$$

حيث الإشارة السالبة تعني أن القوة المماسية تعمل لإعادة النواس لوضع التوازن، و S وضع الجسم (كرة النواس) على طول القوس. ولقد عبرنا عن التسارع المماسي a_t كمشتق ثاني للموضع S . وبما أن $S = L\theta$ ، و L مقدار ثابت، فإن هذه المعادلة تصبح على الشكل الآتي:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{L}\sin\theta$$

ومن أجل الزوايا الصغيرة، أي من أجل $\theta \leq 10^\circ$ فيمكننا استبدال $\sin\theta$ بـ θ ، أي أن $\sin\theta \approx \theta$ حيث يعبر عن θ بالراديان علماً أن:

$$\pi(3,1416) = 180^\circ \rightarrow 1 \text{ radian} = 57,3^\circ$$

والخطأ المرتكب يكون مهمل، انظر الجدول (1).

زوايا وجيب الزوايا (Angles and Sines of Angles)

Angles in Degrees الزوايا مقدره بالدرجات	Angles in Radians الزوايا مقدره بالراديان	Sine of Angle جيب الزاوية	Percent Difference الفرق مقدراً كنسبة مئوية
0°	0,000 0	0,000 0	0,0%
1°	0,017 5	0,017 5	0,0%
2°	0,034 9	0,034 9	0,0%
3°	0,052 4	0,052 4	0,0%
5°	0,087 3	0,087 2	0,1%
10°	0,174 5	0,173 6	0,5%
15°	0,261 8	0,258 8	1,2%
20°	0,349 1	0,342 0	2,1%
30°	0,523 6	0,500 0	4,7%

وعليه فإن معادلة الحركة تصبح:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{L}\theta$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{L}\theta = 0$$

وهذه المعادلة مشابهة لمعادلة الحركة الاهتزازية (الجيبية) البسيطة:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0$$

وهي معادلة تفاضلية من الدرجة الثانية، حلها العام من الشكل الآتي:

$$x = x_{max} \cos(\omega t + \phi)$$

حيث $\omega = \sqrt{k/m}$ ويمكن أن نكتب بالتشابه أن:

$$\theta = \theta_{max} \cos(\omega t + \phi)$$

حيث θ_{max} الوضع الزاوي الأعظمي. وهي عبارة عن حركة اهتزازية (جيبية) نبضها (ترددتها الزاوي) ω يساوي:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

ودور هذه الحركة يساوي:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

وهو دور الحركة الاهتزازية التوافقية للنواس البسيط ضمن التقريب الذي اعتمدها في بداية دراستنا. ونلاحظ من العلاقة الأخيرة أن الدور مستقل عن كتلة النواس، ومادته، وسعته. أما إذا كانت سعة النواس غير صغيرة، فإن الدور لا يكون مستقلاً عن سعته، وبالتالي فإن:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\theta}{2} + \dots \right)} \cong 2\pi \sqrt{\frac{L}{g} \left(1 + \frac{\theta^2}{16} \right)}$$

حيث θ سعة النواس مقدرة بالراديان. ويفضل أن تكون سعة النوسان بحدود 7 درجات:

$$\theta = 7^\circ = 0,1 \text{ rad}$$

3 – الأجهزة والأدوات: Equipment

<ul style="list-style-type: none"> • 1 Ball with pendulum suspension. • 1 Steel tape measure, 2m. • 1 Stop clock (Chronometer). 	<ul style="list-style-type: none"> • كرة معلقة بخيط النواس (خيط دقيق قليل الكتلة والفتل والتمدد). • متر معدني طوله 2 متر. • ميقاتية.
--	---

خطوات العمل وآلية كتابة النتائج: Carrying out the experiment

دراسة علاقة دور النواس البسيط بطوله وحساب تسارع الجاذبية الأرضية g:

1- أضببط طول النواس البسيط على القيمة $L=0.5\text{m}$ ، ثم اتبع الخطوات التالية، وسجل جميع

النتائج في الجدول (3):

(a) قم بإزاحة خيط النواس بشكل أفقي (إزاحة الكرة) عن وضعية التوازن بزواوية صغيرة ولتكن $\theta = 6^\circ = 0.1 \text{ rad}$ (سعة زاوية النوسان).

(b) أترك الكرة بدون سرعة ابتدائية، وقس الزمن الذي تستغرقه ثلاثون نوسة كاملة t_1 (زمن 30 نوسة كاملة)،

(c) أعد التجربة مرة أخرى، (إزاحة الكرة/خيط النواس/ عن وضع التوازن، وأترك الكرة بدون سرعة ابتدائية) وفس زمن الذي تستغرقه ثلاثون نوسة كاملة t_2 (زمن 30 نوسة كاملة).

(d) أحسب المتوسط الحسابي لزمن ثلاثون نوسة، أي

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

(e) احسب زمن النوسة الواحدة أي دوار النواس تجريبياً \bar{T} من العلاقة:

$$T = \frac{\bar{t}}{30} = \frac{\text{زمن النوسات}}{\text{عدد النوسات}}$$

(f) أحسب قيمة تسارع الجاذبية الأرضي g ($\frac{m}{s^2}$) باستخدام قانون دور النواس البسيط كمايلي:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

2- أعد التجربة (أي الخطوات من a إلى h) من أجل عدة أطوال مختلفة تتراوح ما بين 0.6m و 1.5m، وسجل النتائج في الجدول المرفق.

جدول (2).

L	\sqrt{L}	t_1	t_2	\bar{t}	$T = \frac{\bar{t}}{30}$	T^2	$\frac{L}{T^2}$	$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2}$	\bar{g}
m	$m^{\frac{1}{2}}$	s	s	s	s	s^2	$\frac{m}{s^2}$	$\frac{m}{s^2}$	$\frac{m}{s^2}$
0.5								$g_1 =$	⋮
0.6								$g_2 =$	
0.7								$g_3 =$	
0.8								$g_4 =$	
0.9								$g_5 =$	
1								$g_6 =$	

- 3- احسب الأخطاء المرتكبة في حساب تسارع الجاذبية الأرضية g بطريقة المتوسط الحسابي.
- 4- ارسم على ورقة ميليمترية المنحني البياني الذي يعبر عن تحولات T بدلالة \sqrt{L} ، تأكد من أن الخط الناتج عبارة عن خط مستقيم يمر من مبدأ الإحداثيات $(0,0)$. ماذا تستنتج؟
- 5- احسب ميل الخط البياني الذي حصلت عليه مستفيداً من علاقة الدور.

$$T = 2\pi \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{g}} \rightarrow \frac{T}{\sqrt{L}} = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} = m$$

- 6- استنتج قيمة g بيانياً .
- 7- أكتب علاقة دور النواس من أجل السعات الكبيرة (أي عندما $\theta > 0.24 \text{ rad}$).



التجربة الرابعة
تجربة راسم الأشعة المهبطي
Oscilloscope experiment

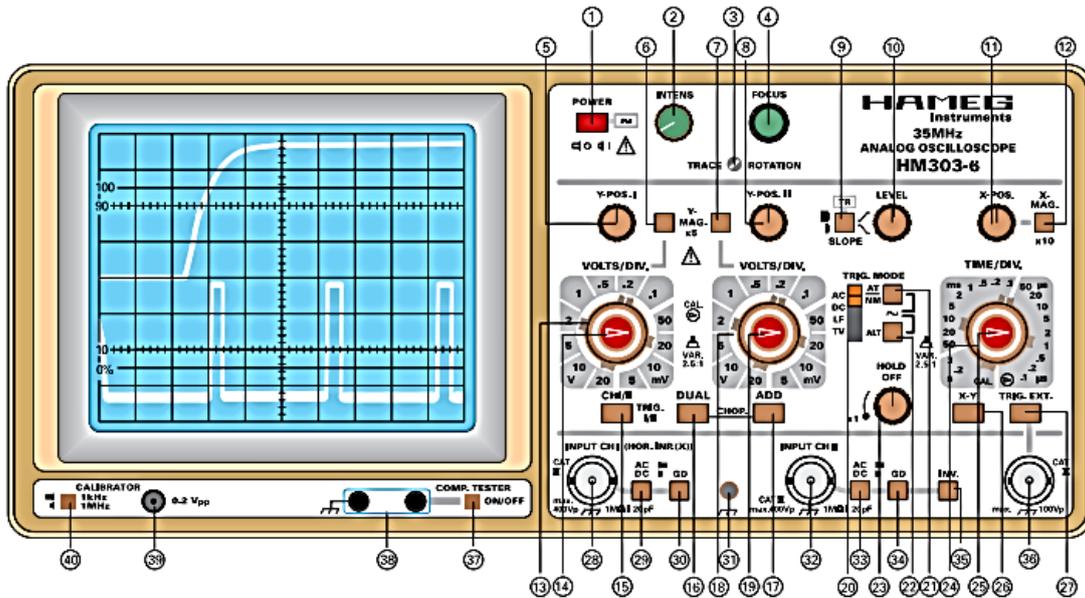
أهداف التجربة: Objects of the Experiment: 1-

<ul style="list-style-type: none"> • Studying the oscilloscope. • Frequency measurements using oscilloscope. • Amplitude measurements using oscilloscope. 	<ul style="list-style-type: none"> • دراسة راسم الأشعة المهبطي. • قياس التردد باستخدام راسم الأشعة المهبطي. • قياس فرق الجهد باستخدام راسم الأشعة المهبطي.
--	---

2- مفاهيم أساسية: Principles

يعتبر راسم الأشعة من أهم أجهزة القياس واختبار الدارات الإلكترونية حيث أنه يمكننا من رؤية الإشارات في نقاط متعددة من الدارة، وبالتالي نستطيع اكتشاف إذا كان أي جزء يعمل بطريقة صحيحة أم لا.

يمكننا باستخدام راسم الأشعة من رؤية صورة الإشارة ومعرفة شكلها فيما إذا كانت جيبية أو مربعة. يوضح الشكل (1) صورة راسم أشعة وقد تختلف الأشكال من جهاز إلى آخر ولكنها جميعاً تحتوي على أزرار تحكم متشابهة.



الشكل (1): واجهة راسم الأشعة المهبطي.

إذا نظرت إلى واجهة راسم الأشعة المهبطي ستجد أنها تحتوي على عدة أقسام معرفة بالأسماء الآتية:

Power	التشغيل
Screen	الشاشة
Inputs	المدخل
Vertical deflection	الانحراف العمودي
Horizontal deflection	الانحراف الأفقي
Triggering	الإطلاق

والآن لنتعرف على كل جزء بشيء من التفصيل:

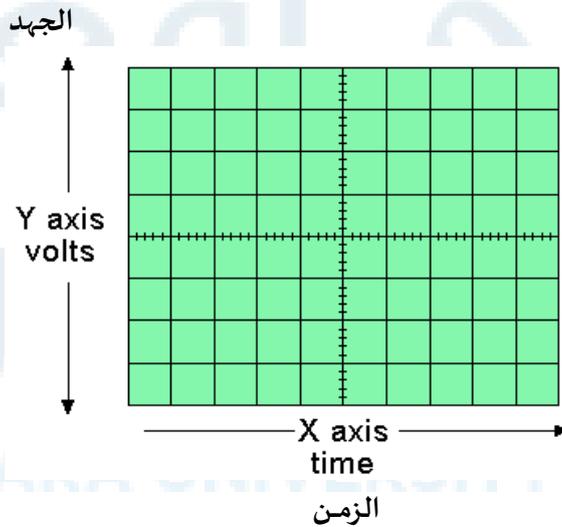
أولاً – التشغيل: (Power)

إن هذا الجزء من الراسم يحتوي على مفتاح التشغيل الثلاثة، انظر الشكل (1):

(1)	Power	مفتاح التشغيل لتشغيل الراسم
(2)	Focus	مفتاح وضوح الشاشة للتحكم بوضوح الصورة
(4)	Intens	مفتاح شدة الإضاءة للتحكم بإضاءة الشاشة

ثانياً – الشاشة: (Screen)

إن وظيفة راسم الأشعة المهبطي هي رسم بياني لفرق الجهد بدلالة الزمن حيث يُمثل الجهد بالمحور العمودي والزمن بالمحور الأفقي كما هو موضح في الشكل (2).



الشكل (2): شاشة راسم الأشعة المهبطي حيث المحور العمودي يمثل فرق الجهد والمحور الأفقي الزمن.

ونجد كما في الشكل (2) أنها تتألف من محورين:

المحور العمودي: وهو يمثل الجهد ويحتوي على ثمانية تقسيمات أو مربعات. كل تقسيمة من هذه التقسيمات بطول (1 cm)، وبداخله أربع تدريجات أي تقابل (0,2 cm) (مجموعها يعطي 1 cm). سنجد لاحقاً أن أي قياس يؤخذ على هذا المحور يجب أن يُضرب بقيمة مفتاح التضخيم لنحصل على قيمة الجهد الموافق لإشارة المقاسة.

المحور الأفقي: وهو يمثل الزمن ويحتوي على عشرة تقسيمات أو مربعات. كل تقسيمة من هذه التقسيمات بطول (1 cm)، وبداخله أربع تدريجات أي تقابل (0,2 cm) (مجموعها يعطي 1 cm). سنجد لاحقاً أن أي قياس يؤخذ على هذا المحور يجب أن يُضرب بقيمة مفتاح القاعدة الزمنية لنحصل على قيمة الزمن الموافق لإشارة المقاسة.

ثالثاً- المدخل: (Inputs)

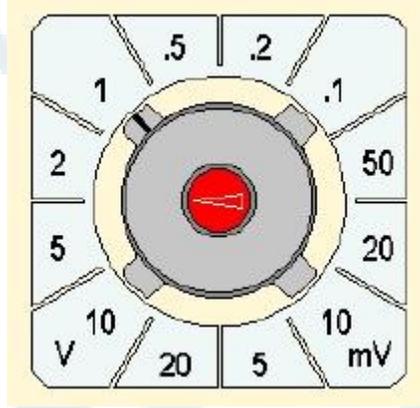
- مدخل القناة الأولى: عن طريقه يمكننا ادخال الموجة التي نريد رؤيتها في القناة الأولى، المفتاح رقم 28 في الشكل (1).
- مدخل القناة الثانية: عن طريقه يمكننا ادخال الموجة التي نريد رؤيتها في القناة الثانية، المفتاح رقم 32 في الشكل (1).
- مدخل لاختبار العناصر الإلكترونية: هذا المدخل غير موجود في كل الرواسم حيث إنه يعتبر اختيارياً. وعن طريق هذا المدخل يمكن عرض المنحنيات الخاصة بالقطع الإلكترونية المختلفة، المفاتيح رقم 37 و38 في الشكل (1).

رابعاً- الانحراف العمودي: (Vertical deflection)

يمكن التحكم في هذا القسم بالجزء العمودي (محور الجهد أو فرق الجهد) من الإشارات في الشاشة، وحيث أن كل قناة (channel) يمكنها عرض شكل (input channel). إن معظم الرواسم تحتوي على قناتي إدخال على الشاشة، فإن القسم العمودي يحتوي على قسمين متشابهين وكل قسم يُمكننا من إدخال إشارة موجية (waveform)، وكل قناة مستقلة عن الأخرى كما هو موضح في الشكل (1). ولأن لئرى كيف تعمل هذه المفاتيح في القسم العمودي:

- مفتاح اختيار القنوات: بهذه الأزرار يمكنك اختيار أي إشارة يتم عرضها على الشاشة. فيمكنك، على سبيل المثال، عرض إشارة القناة الأولى (channel I) فقط أو إشارة القناة الثانية (channel II) فقط (المفتاح 15 في الشكل 1) أو كليهما معاً (المفتاح 16 في الشكل 1).
- مفاتيح نوع الإشارة: بهذا الزر (زر رقم 29 في الشكل 1) تختار بين الإشارة الجيبية AC أو إشارة ثابتة DC (إشارة جهد مستمر)، أو أرضي بدون إشارة DG (زر رقم 30 الشكل 1)، وفي هذا الوضع يمكنك تحديد موقع الصفر على شاشة الراسم.

- مفاتيح التضخيم للجهد: يمكن التحكم بهذا المفتاح بنسبة قياس الجهد في الرسم البياني المعروض على الشاشة حتى تتمكن من عرض صورة واضحة للإشارات (الزر رقم 13 و 14 في الشكل 1). يوضح الشكل (3) مفتاح التضخيم.



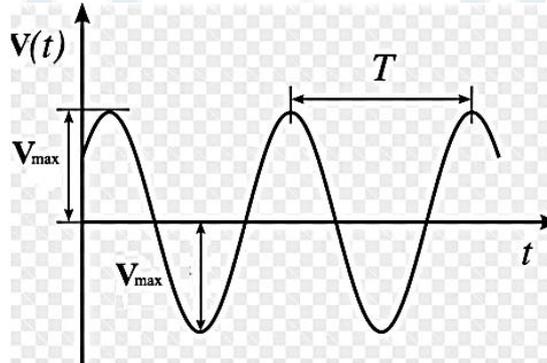
Vertical sensitivity S_v

Volts/div or m Volts/div

الشكل (3): يبين الحساسية العمودية S_v Vertical sensitivity ، وهي مقسمة بالفولط V وبالميلي فولط mV. المجال [20-0,1] هو بالفولط، والمجال [50-5] بالميلي فولط.

مثال:

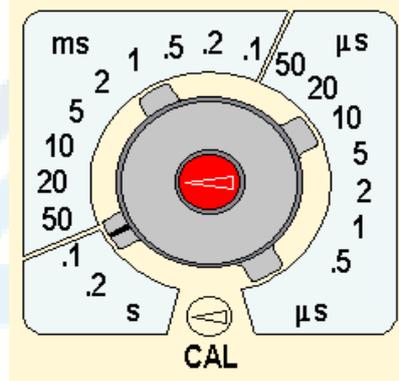
لو كانت سعة الإشارة هي (2,4) أي مربعين وجزئين صغيرين ومفتاح التضخيم على القيمة (2Volts/Div) فيكون جهد الإشارة حاصل جداء ($2,4 \times 2 = 4,8 V$). في حال الحصول على إشارة كاملة نبضة موجبة ونبضة سالبة، فإن سعة الإشارة تساوي إلى إحدى السعتين أي يجب أن نقسم الإشارة على 2، ولكن هذه السعة تُسمى الجهد الأعظمي V_{max} . إن قيم الجهد المطبقة في القوانين تُسمى الشدة المنتجة V_{eff} حيث تُحسب من المعادلة: $V_{eff} = V_{max}/\sqrt{2}$ وهي عادة القيمة المقاسة بجهاز الفولتметр (أو الأفومتر)، انظر الشكل (4).



الشكل (4): شكل الإشارة وطريقة حساب جهد هذه الإشارة.

خامساً- الانحراف الأفقي: (Horizontal deflection)

- المفتاح الأفقي – مفتاح القاعدة الزمنية: في هذا القسم يمكن التحكم بالجزء الأفقي الذي يمثل محور الزمن أو مفتاح القاعدة الزمنية.
 - مفتاح اختيار وضع الصورة: بهذا الزر أو المفتاح يمكن تحريك الإشارة يمينا أو يساراً على المحور الأفقي.
 - مفتاح معيار الزمن: بهذا المفتاح يمكن التحكم في نسبة قياس الزمن في الرسم البياني المعروض على الشاشة حتى تتمكن من عرض صورة واضحة للإشارات، انظر الشكل (4).
- مثال: على المحور الأفقي حصلنا على إشارة المسافة بين قمتين (3,6) ومفتاح القاعدة الزمنية على الوضع (5 ms) تصبح قيمة الإشارة هي: $T = 3,6 \times 5 \times 10^{-3} \text{ s}$



Horizontal sensitivity S_h (or time base V_b)

Time/div s, ms, or μs

الشكل (4): يبين الحساسية الأفقية S_h Horizontal sensitivity وهي مقسمة بالثانية s، بالملي ثانية ms، أو بالميكرو ثانية μs . المجال [0,2-0,1] هو بالثانية، المجال [50-0,1] بالملي ثانية، والمجال [50-0,5] بالميكرو ثانية.

سادساً-الإطلاق: (Triggering)

بشكل مبسط ومختصر، إن تمثيل الإشارة غير ممكن إلا عند إطلاق الزمن (إطلاق أو تشغيل القاعدة الزمنية).

3 – الأجهزة والأدوات: Equipment

1 Oscilloscope.	1 راسم أشعة مهبطي.
1 Power supply: AC/DC stabilizer.	1 وحدة تغذية: جهد متناوب ومستمر مستقر.
1 Voltmeter.	1 مقياس جهد.
1 Signals generator.	1 مولد إشارة.

4- خطوات العمل: Carrying out the experiment

أولاً: أختَر من مولد الإشارات، إشارة جيبيية بتواتر ما.

1- ارسم الإشارة الناتجة من وصل المولد مع الراسم على القناة الأولى على ورقة مليمترية، مع الأخذ بعين الاعتبار، عند الرسم يجب كتابة قيمة مفتاح التضخيم وقيمة مفتاح القاعدة الزمنية على المحاور الأحداثية.

2- قس قيمة V_{MAX} ، $V_{P.P}$ ، ومن ثم أحسب V_o جهد الإشارة بطريقتين.

3- احسب دور الإشارة T .

4- احسب تواتر الإشارة f .

ثانياً: أختَر من مولد الإشارة، إشارة مثلثية بتواتر ما.

1- ارسم الإشارة الناتجة من وصل المولد مع الراسم على القناة الأولى على ورقة مليمترية، مع الأخذ بعين الاعتبار، عند الرسم يجب كتابة قيمة مفتاح التضخيم وقيمة مفتاح القاعدة الزمنية على المحاور الأحداثية.

2- قس قيمة V_{MAX} ، $V_{P.P}$ ، ومن ثم أحسب V_o جهد الإشارة بطريقتين.

3- احسب دور الإشارة T .

4- احسب تواتر الإشارة f .

تنفيذ التجربة وألية كتابة النتائج:

- ارسم الإشارة الجيبية، والإشارة المثلثية على الورقة المليمترية.

أولاً: الإشارة الجيبية:

- قياس قيمة V_{MAX} ، مع ذكر وحدة القياس.

- قياس قيمة $V_{P.P}$ ، مع ذكر وحدة القياس.

- حساب قيمة V_o بطريقتين:

الطريقة الأولى: باستخدام العلاقة الآتية:

$$V_o = \frac{V_{P.P} \times \text{مفتاح تضخيم الجهد}}{2\sqrt{2}}$$

الطريقة الثانية: باستخدام العلاقة الآتية:

$$V_o = \frac{V_{MAX} \times \text{مفتاح تضخيم الجهد}}{\sqrt{2}}$$

- استنتج العلاقة بين كل من $V_{P.P}$ ، و V_{MAX} .

ثانياً: الإشارة المثلثية:

- قياس قيمة V_{MAX} ، مع ذكر وحدة القياس.
- قياس قيمة $V_{P.P}$ ، مع ذكر وحدة القياس.
- حساب قيمة V_o بطريقتين:

الطريقة الأولى: باستخدام العلاقة الآتية:

$$V_o = \frac{V_{P.P} \times \text{مفتاح تضخيم الجهد}}{2\sqrt{2}}$$

الطريقة الثانية: باستخدام العلاقة الآتية:

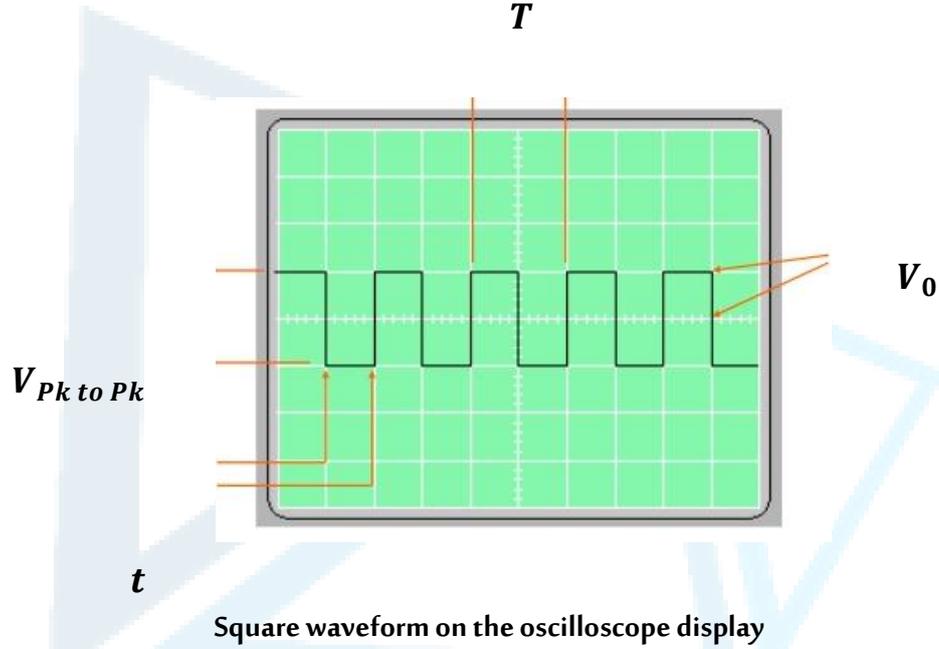
$$V_o = \frac{V_{MAX} \times \text{مفتاح تضخيم الجهد}}{\sqrt{2}}$$

- استنتج العلاقة بين كل من $V_{P.P}$ ، و V_{MAX} .

أمثلة تطبيقية:

مثال (1): صفات موجة مربعة الشكل (السعة والزمن):

- يوضح الشكل (5) صفات إشارة مربعة الشكل معروضة على شاشة راسم الأشعة المهبطي، بينما الشكل (6) يوضح صفات إشارة مربعة الشكل. والشكل (7) يوضح نماذج لإشارات دورية.



الشكل (5): موجة مربعة الشكل معروضة على شاشة راسم الأشعة المهبطي.

T دور واحد كامل - One complete cycle

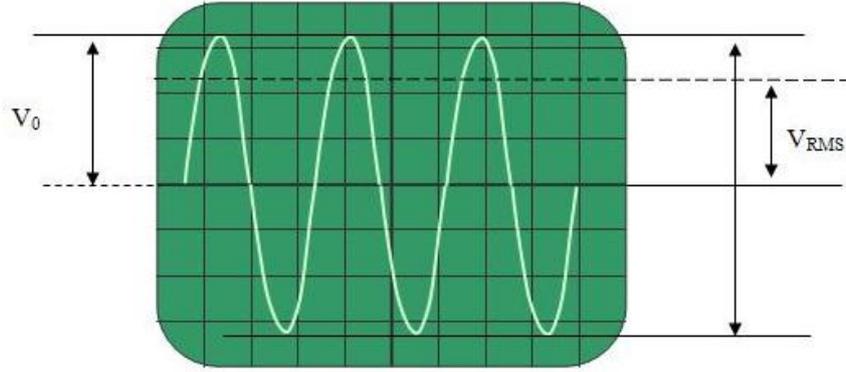
V_0 كل مربع عمودي يمثل سعة الإشارة، أي الجهد.

(Volts/Div) Every vertical square block represents voltage amplitude

$V_{Pk to Pk}$ المسافة من القمة إلى القمة تمثل الجهد

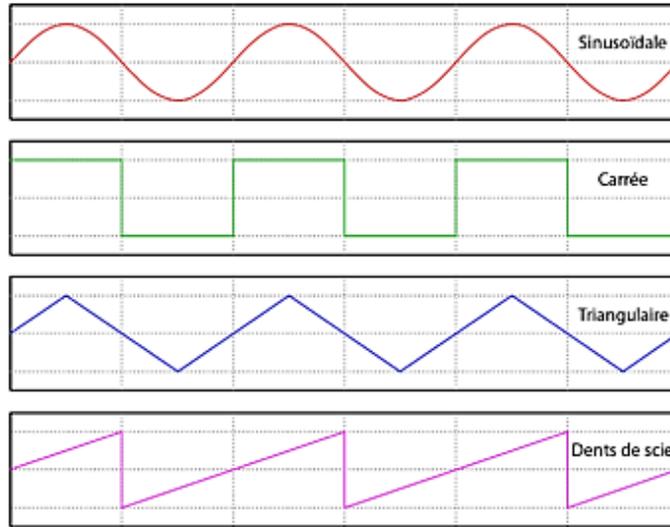
t كل مربع أفقي يمثل الفترة الزمنية لمرور الإشارة

Every vertical square block represents voltage amplitude (Time/Div)



Sinusoidal waveform on the oscilloscope display

الشكل (6): موجة جيبيية الشكل معروضة على شاشة راسم الأشعة المهبطي.
 V_0 سعة الإشارة الجيبية، و V_{RMS} ترمز للقيمة الفعلية (Effective value)
 و ($RMS = \text{root} - \text{mean} - \text{square value}$) أي الجذر التربيعي للقيمة الوسطي.



الشكل (7): يوضح نماذج لإشارات دورية: من الأعلى للأسفل:
 إشارة جيبيية، إشارة مربعة، إشارة مثلثية، إشارة على شكل سن المنشار.

مثال (2): قياس سعة الإشارة (جهدها) V_0 ، الدور T ، التردد f :

يوضح الشكل (6) إشارة جيبية. مفتاح تضخيم الجهد موضوع على القيمة (2 V/cm)، أي أن كل (1 cm) يقابله (2 V). إن الارتفاع الكلي للإشارة الجيبية هو (6,4 cm) (من القمة إلى القمة – Peak to peak) يساوي:

$$V_{Pk\ to\ Pk} = 12,8\ V \rightarrow V_0 = \frac{12,8}{2} = 6,4\ V$$

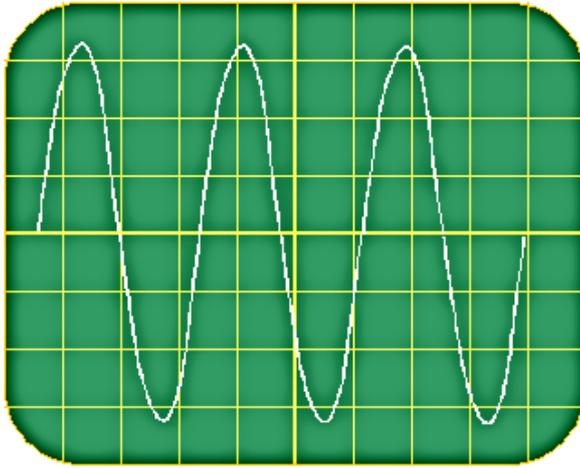
بينما مفتاح القاعدة الزمنية موضوع على التدريجية (0,5 ms/cm)، دور الإشارة الجيبية يشغل مسافة قدرها (2,9 cm) وهذا يساوي (1,45 ms) أي أن:

$$T = 1,45 \times 10^{-3}\ s$$

ونعلم أن التردد (frequency) يُعطى بالعلاقة التالية:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,45 \times 10^{-3}\ s} = 690\ Hz$$

يوضح الشكل (8) آلية حساب فرق الطور بين إشارتين جيبيتين.



- The y-gain is set at 2 V/cm
- The total height of the wave from peak to trough is 6.4 cm
 $\Rightarrow V_{pk\ to\ pk} = 12.8\ V$
 $\Rightarrow V_0 = 6.4\ V$
- The time base is set at 0.5 ms/cm.
- 1 cycle occupies 2.9 cm
 $\Rightarrow T = 1.45\ ms = 1.45 \times 10^{-3}\ s$
 $\Rightarrow \text{Frequency} = 1 / 1.45 \times 10^{-3}\ s = 690\ Hz$

الشكل (8): قياس سعة الإشارة (جهدها) V_0 ، الدور T ، التردد f .

مثال (3): قياس فرق الطور بين إشارتين جيبيتين:

إن العلاقة الرياضية لإشارة جيبية يمكن أن تعطى على الشكل التالي:

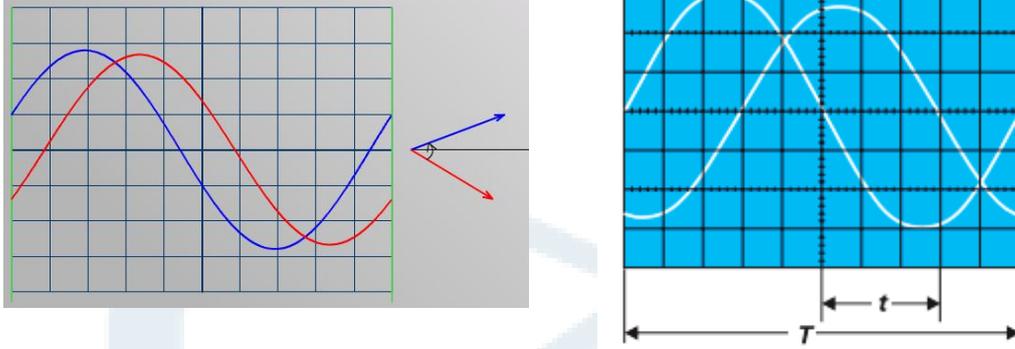
$$s(t) = S \sin(\omega t + \varphi)$$

حيث: $S(t)$ القيمة اللحظية للإشارة،

S القيمة العظمى للإشارة أو ما يدعى بالسعة،

ω نبض الإشارة ويقدر بالراديان على الثانية (rad/s)،

φ الطور في اللحظة صفر ($t = 0$)



الشكل (9): يوضح آلية حساب فرق الطور بين إشارتين جيبيتين.

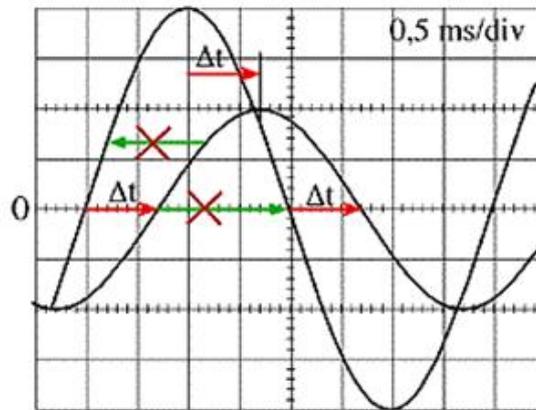
إن المسافة الأفقية t التي تساوي 3 تدرجات تمثل الزمن $t (t = 3div)$ ، والمسافة التي نرمز لها بـ T تساوي 10 تدرجات $(T = 10div)$ ، كما هو موضح في الشكل (9). إن فرق الطور بين الإشارتين مقدراً بالدرجة يُحسب من العلاقة الآتية:

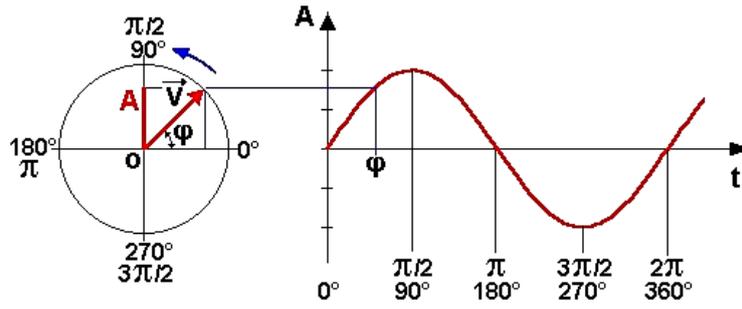
$$(\varphi^{\circ} = \frac{t}{T} \cdot 360^{\circ} = \frac{3}{10} \cdot 2\pi = 108^{\circ})$$

ونعبر عن القيمة السابقة بالراديان وفق العلاقة الآتية:

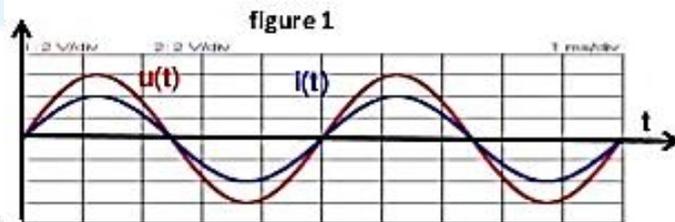
$$(\text{arc } \varphi^{\circ} = \frac{t}{T} \cdot 2\pi = \frac{3}{10} \cdot 2\pi = 1885 \text{ rad})$$

ولمزيد من المعلومات المتعلقة بمفهوم الفرق الطوري وآليات حسابه يمكن الاستعانة بالأشكال الواردة أدناه.

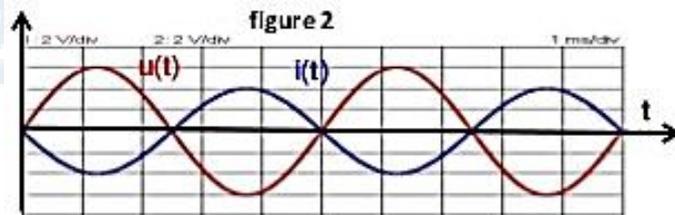




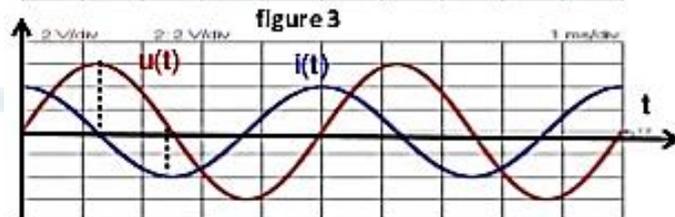
فرق الطور معدوم
 $t = 0 \rightarrow \varphi = 0^\circ$

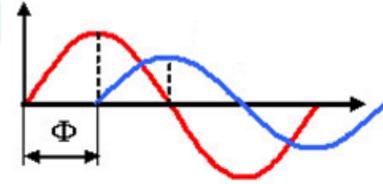
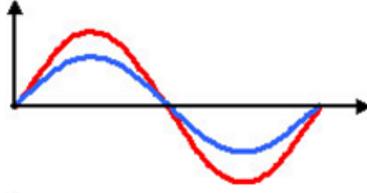
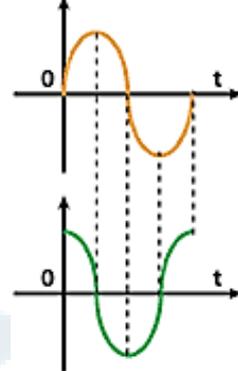
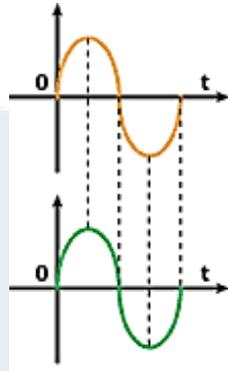


فرق الطور
 $t = \frac{T}{2} \rightarrow \varphi$
 $= 180^\circ$



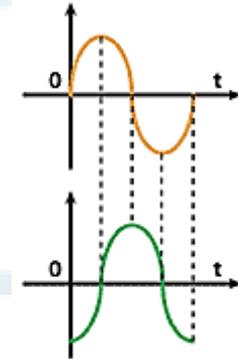
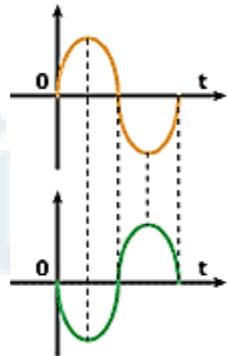
فرق الطور
 $t = \frac{T}{4} \rightarrow \varphi$
 $= 90^\circ$





فرق الطور يساوي صفر 0°

فرق الطور يساوي صفر 90°



فرق الطور يساوي صفر 180°

فرق الطور يساوي صفر 270°

أشكال توضح مفهوم الفرق الطوري وآليات حسابه.

التجربة الخامسة

مبدأ الصدى الصوتي (السونار) (حساب سرعة الصوت)

Principle of an echo sounder

1-أهداف التجربة: Objects of the Experiment

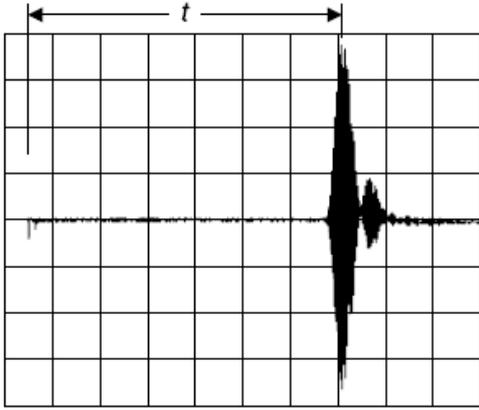
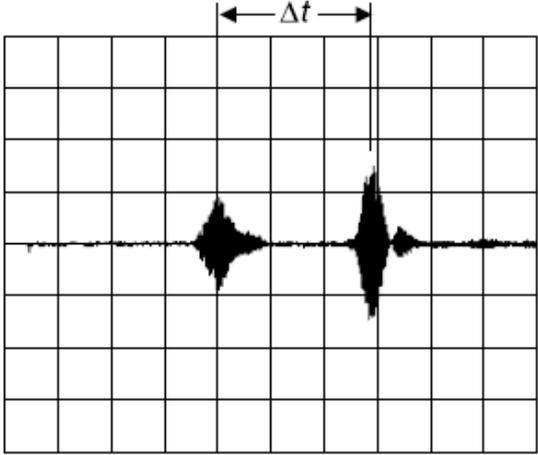
<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrating the principle of an echo sounder. • Determining the velocity of sound in air from the transit time of a sound pulse and the distance to the reflecting object. 	<ul style="list-style-type: none"> • التحقق من مبدأ الصدى الصوتي. • حساب سرعة الصوت في الهواء من لحظة ذهاب نبضة الصوت والمسافة إلى العاكس.
---	--

2- المبدأ النظري (مفاهيم أساسية): Principles

تنعكس الموجات فوق الصوتية على السطوح الحدودية بين الأوساط مع مقاومة مختلفة للموجات الصوتية. ويصدر جهاز السونار إشارات بالموجات فوق الصوتية النبضية ويقاس الوقت الذي تنعكس فيه الإشارة من السطح الحدي إلى المستقبل. ولتبسيط الدراسة يكون المرسل والمستقبل في نفس الموقع. ويمكن بوساطة حساب الوقت بين الإرسال والاستقبال من أجل تحديد المسافة إلى السطح العاكس (إذا كانت سرعة الصوت معروفة)، أو لتحديد سرعة الصوت على مسافة معروفة. هذه الطريقة شائعة على سبيل المثال، لتحديد أعماق المياه في البحار.

في هذه التجربة نستخدم جهاز الإيكو الصوتي لتحديد سرعة الصوت في الهواء، ولتحديد المسافة. يتألف جهاز الإيكو الصوتي من محولين للأمواج فوق الصوتية - مرنانات - تعمل بمثابة جهاز الإرسال والاستقبال. الحساس المستخدم هنا كمحول، يعتمد في عمله على ظاهرة الكهرباء الإنضغاطية الذي يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية (اهتزازية)، وبالعكس وذلك اعتماداً على طريقة التشغيل.

عندما يطبق جهد متناوب على جهاز الكهرباء الإنضغاطية، إن المحول الذي تم وضعه كمرسل يرسل أمواج صوتية عالية بما فيه الكفاية في ترددين مختلفين (40 كيلو هرتز و 48 كيلو هرتز - 40 kHz and 48 kHz). على العكس من ذلك، الموجات الصوتية تولد اهتزازات ميكانيكية في المحول عند وضعه كجهاز استقبال. الجهد الناتج عن جهاز الكهرباء الإنضغاطية يتناسب مع السعة الصوتية (أو سعة الصوت).

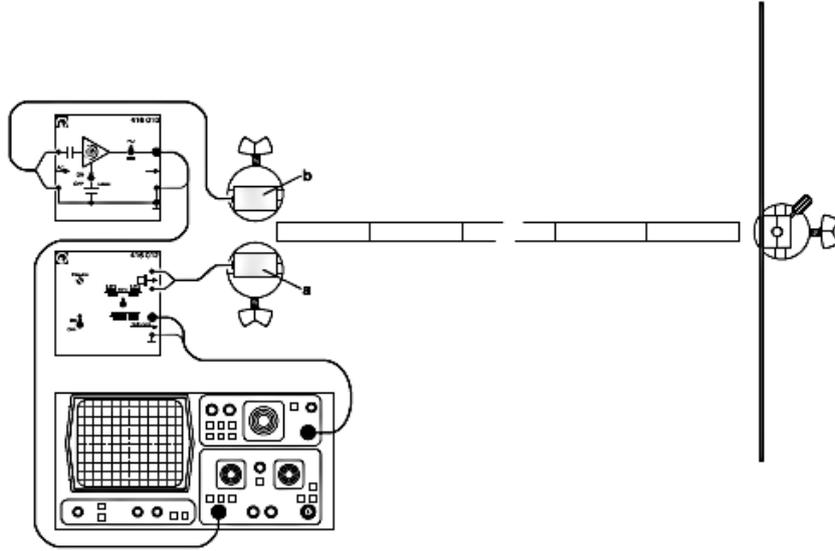
	
<p>The reflection plate لوحة انعكاس</p>	<p>The reflection plate and an additional obstacle placed in front of it لوحة انعكاس وإشارة إضافية وضعت أمامه</p>

3 – الأجهزة والأدوات: Equipment

<p>2 Ultrasonic transducers, 40 kHz. 1 AC amplifier. 1 Generator 40 kHz. 1 Two-channel oscilloscope 303. 1 Screened cable BNC/4 mm. 1 Reflection plate. 1 Stand rod, 47 cm. 3 Sable bases. 1 Metal scale, 1 m.</p>	<p>محولات موجات فوق صوتية عدد 2. مضخم تيار متناوب عدد 1. مولد إشارة 40 كيلو هرتز. راسم أشعة بقناتين. كابل محوري BNC/4 mm. شاشة أو صفيحة عاكسة. قاعدة قضيب بطول 47 سم. قواعد حمل متر معدني.</p>
--	--

4- خطوات العمل: Carrying out the experiment

1- مخطط التجربة (أو الدارة) موضع في الشكل (1).



الشكل (1): مخطط التجربة.

- 2- لدينا مرسل (a) ومستقبل (b) حيث نصل المستقبل إلى المدخل الأول لراسم الأشعة (Channal 1).
- 3- قبل إجراء التجربة ضع مفاتيح التضخيم على الأوضاع التالية للقناة الأولى، مفتاح الجهد على الوضع (0,5 V/Div) ومفتاح القاعدة الزمنية على الوضع (1 ms/Div). لا تغيير في إعدادات الراسم.
- 4- شغل منابع التغذية لمولد الإشارة الصوتية والراسم.
- 5- عاير البعد ما بين الحساسين والحاجز على بعد (0,5 m) من الراسم ستحصل على إشارتين: اقرأ على محور الزمن المسافة بينهما (بحيث يجب أن يُضرب هذا الرقم بمفتاح التضخيم على القاعدة الزمنية لتكون القراءة صحيحة).
- 6- طبق القانون $x = v \cdot t$ حيث v السرعة وهي مقدار مجهول يجب حسابها، و t الزمن المُقاس بالثانية، و x المسافة المقطوعة وهي تساوي $2d$ (مسير الصوت ذهاباً وإياباً).
- 7- تُحسب السرعة من العلاقة الآتية:

$$x = v \cdot t \rightarrow v = \frac{x}{t} = \frac{2d}{t}$$
- 8- بتغيير المسافة نقيس الزمن المرافق ومن ثم نحسب السرعة من العلاقة السابقة. نضع القيم التي نحصل عليها في جدول مماثل للجدول المرفق، ثم احسب الأخطاء المرتكبة بطريقة المتوسط الحسابي.
- 9- ارسم الخط البياني لتحويلات $2d = f(t)$. ماذا يمثل هذا الخط البياني (ناقش ذلك)؟ احسب ميل الخط البياني، ماذا يمثل هذا الميل؟

10- أحسب نظرياً سرعة الصوت في الهواء عند الدرجة 20°C .

11- أخيراً ناقش النتائج التي حصلت عليها.

تنفيذ التجربة وألية كتابة النتائج:

أولاً: أكمل الجدول التالي، بعد قراءة خطوات العمل.

d	$2d$	t	t	$v = \frac{2d}{t}$	\bar{v}	Δv	$\overline{\Delta v}$
(m)	(m)	(ms) ميلي ثانية	(s) ثانية	$\left(\frac{m}{s}\right)$	$\left(\frac{m}{s}\right)$	$\left(\frac{m}{s}\right)$	$\left(\frac{m}{s}\right)$
0.5				$v_1 =$	⋮	$\Delta v_1 =$	⋮
0.6				$v_2 =$		$\Delta v_2 =$	
0.7				$v_3 =$		$\Delta v_3 =$	
0.8				$v_4 =$		$\Delta v_4 =$	
0.9				$v_5 =$		$\Delta v_5 =$	
1				$v_6 =$		$\Delta v_6 =$	

$\frac{\Delta v}{\bar{v}}$ الخطأ النسبي ليس له واحدة	$\frac{m}{s}$ القيمة الحقيقية = $(\bar{v} \pm \overline{\Delta v})$
$\frac{\overline{\Delta v}}{\bar{v}}$ % الخطأ النسبي المئوي ليس له واحدة	

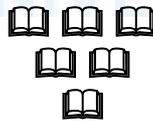
ثانياً: حساب الأخطاء المرتكبة في قياس السرعة v بطريقة المتوسط الحسابي:

(أي حساب الخطأ المطلق، والخطأ النسبي، والخطأ النسبي المئوي، والقيمة الحقيقية).

ثالثاً: أحسب نظرياً سرعة الصوت في الهواء عند الدرجة 20°C .

نشير إلى أن سرعة الصوت في الهواء بتابعة درجة حرارة الوسط تعطى بالعلاقة التالية:

$$v = 331,6 + 0,6 * T$$



التجربة السادسة

انعكاس الضوء على المرايا المستوية والمنحنية

Study of Reflection of Light at Straight and curved mirrors

1- أهداف التجربة: Objects of the Experiment

<ul style="list-style-type: none"> • Validation of the law of reflection at a planar mirror. • Determination of the focal length of a concave mirror. • Verifying laws of light refraction, and measuring the refraction index of the glass. 	<ul style="list-style-type: none"> • التحقق من صحة قانون الانعكاس على المرآة المستوية. • تحديد البعد المحرقي لمرآة مقعرة. • التحقق من قانوني انكسار الضوء، وقياس قرينة انكسار الزجاج
---	---

2- المبدأ النظري (مفاهيم أساسية): Principles

وفق مفاهيم الضوء الهندسي فإن الأشعة الضوئية تنتشر في الأوساط المتجانسة وفق خطوط مستقيمة مستقلة عن بعضها بعضاً.

إن إنتشار أو مسير الشعاع الضوئي قبل وبعد الانعكاس على سطح مصقول يوصف بزاوية الورود α (الزاوية بين الشعاع الوارد والناظم على السطح في نقطة الورود) وزاوية الانعكاس β (الزاوية بين الشعاع المنعكس والناظم على السطح في نقطة الورود أو الانعكاس). عند سطح المرآة ينعكس دائماً الشعاع الضوئي ونقول إن زاوية الورود تساوي زاوية الانعكاس:

$$\alpha = \beta \quad (1)$$

حيث: α : (Angle of Incidence)،

β : (Angle of reflection)

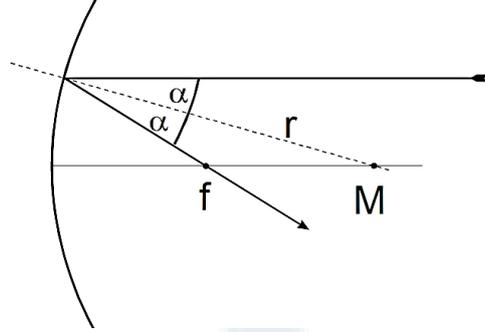
إن مسير الشعاع الضوئي المنعكس عن المرآة يكون شعاع عكسي (الشعاع الضوئي المنعكس هو شعاع معكوس).

بحسب قانون الانعكاس، أي وفق المعادلة رقم (1)، فإن المرايا المقعرة والجوفاء هي عناصر ضوئية بسيطة مشكلة من جزء من دائرة بخصائص أو بغاية تشكيل الصور (الخيال).

بعد انعكاس الأشعة الضوئية تجمع المرآة المقعرة الأشعة المتوازية باتجاه المحور الرئيسي. إن نقطة تقاطع الأشعة المنعكسة مع المحور الرئيسي، كما هو موضح في الشكل (1)، تُعطى بالعلاقة:

$$f = +\frac{r}{2} \quad (2)$$

حيث f البعد المحرقي (focal length) و r نصف قطر التقعر (radius of curvature).



الشكل (1): انعكاس الأشعة على مرآة مقعرة:

r نصف قطر التقعر، M مركز التقعر، f البعد المحرقى (المحرق).

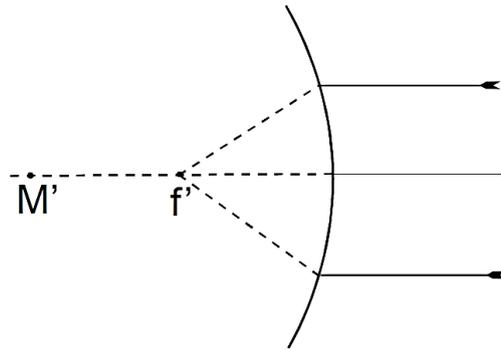
Figure (1): Reflection at a concave mirror, r radius of curvature, M center of curvature, f focal length.

إن الأشعة غير القريبة من المحور الرئيسي لن تجمّع إلى المحرق (لا تمر في المحرق). وإنما ستكون صورة منتشرة. وهذه الأشعة ستقاطع بنقطة أخرى تقع بين المحرق f والسطح وتسمى (إنحرافات كروية). يمكن تلافي هذه الظاهرة بجعل سطح المرايا على شكل قطع مكافئ.

من أجل عدسة محدبة، فإن الشروط الهندسية السابقة هي نفسها، لكن نقطة تقاطع الأشعة ليست في جبهة المرآة. إن الأشعة التي تكون موازية للمحور الرئيسي تتباعد وتظهر وكأنها تأتي من محرق وهي يبعد عن طرف المرآة مسافة تساوي البعد المحرقى للعدسة لكن بإشارة سالبة:

$$f' = -\frac{r}{2} \quad (3)$$

ويمكن إيجاد هذا المحرق (أو نقطة التمحرق) برسم الأشعة المنعكسة نحو الورا (أو للخلف)، كما هو موضح في الشكل (2).



الشكل (2): انعكاس الأشعة على مرآة محدبة:

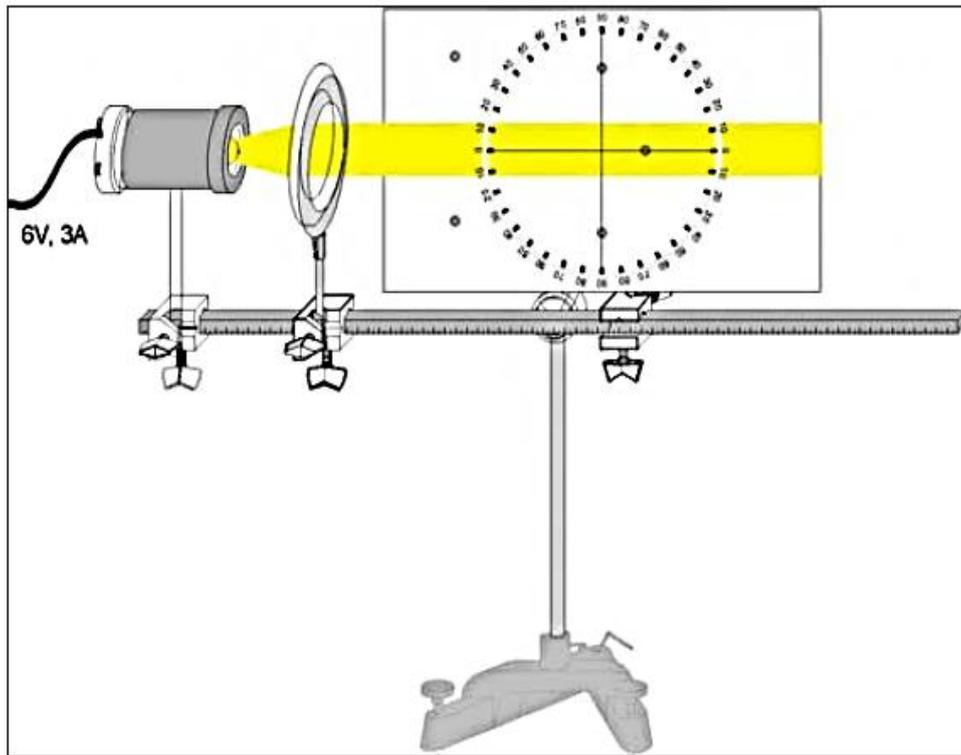
r نصف قطر الانحناء، f' البعد المحرقى الظاهري، $M' = 2f'$ مركز التقعر.

Figure (2): Reflection at a convex mirror, r radius of curvature, f' virtual focal length

$M' = 2f'$ center of curvature.

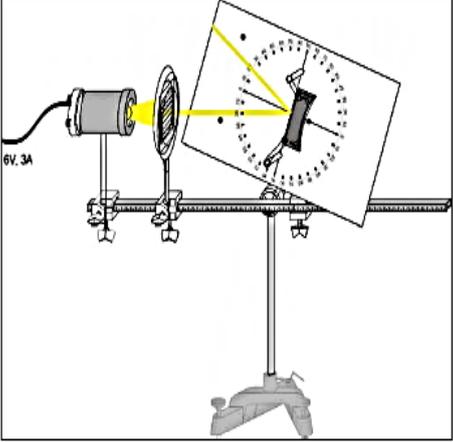
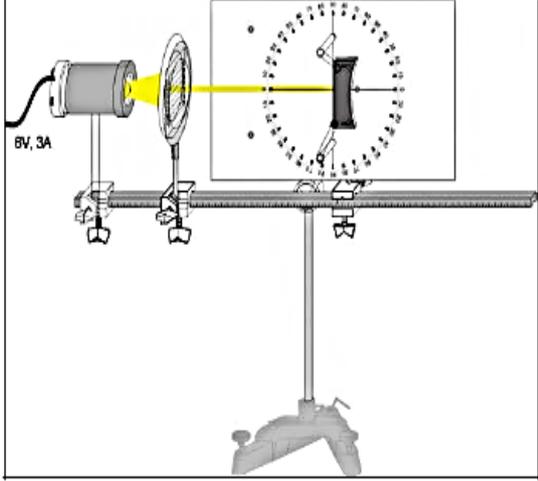
3- الإعدادات: Setup

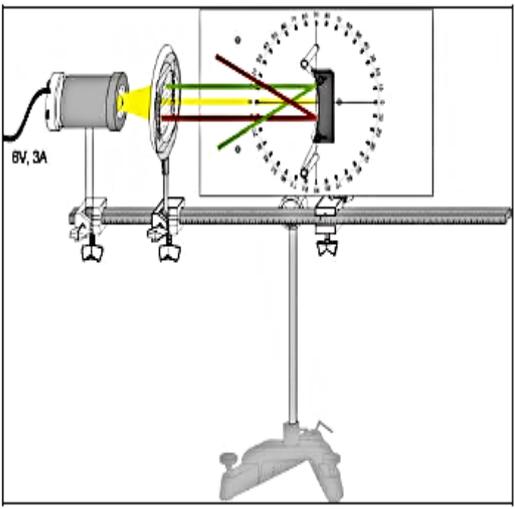
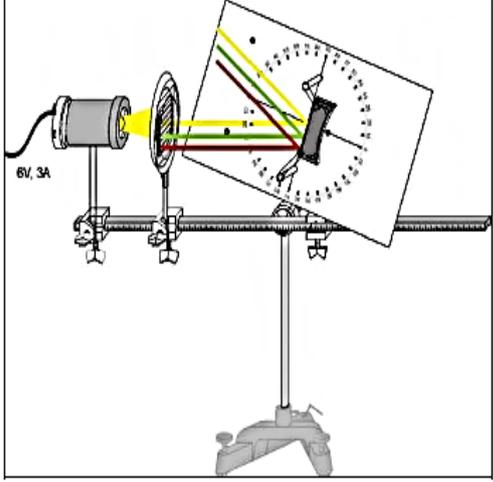
إن مسار الشعاع الضوئي قبل وبعد الإنعكاس يمكن أن يُدرس باستخدام الضوء المرئي باستخدام قرص ضوئي ذو خلفية بيضاء، حيث يمكن تثبيت مختلف أنواع المرايا على هذا القرص الضوئي. يتم إعداد المنبع الضوئي بوجود عدسة مجمعة ببعد محراقي (بدون وجود حاجز أو صفيحة بخمسة شقوق) وقرص مركب على قاعدة ضوئية كما هو موضح في الشكل (3). تُشغل إضاءة المنبع الضوئي (6V) لمعايرة الإضاءة على القرص الضوئي بشكل أفقي. نقوم بمعايرة المسافة بين المنبع الضوئي والعدسات لتصبح الأشعة متوازية على القرص الضوئي، وذلك لتساعدنا على اختيار المسافة بين القرص الضوئي والعدسة حيث بالإمكان تدوير القرص الضوئي كما هو موضح في الشكل (3).



الشكل (3): إعداد تجربة انعكاس الشعاع الضوئي لمرآة على قرص ضوئي.

Experimental setup to examine the reflection of light rays
at mirrors with the optical disk.

	
<p>الشكل (5): إعداد التجربة من أجل التحقق من انعكاس الشعاع الضوئي على سطح مرآة للحالة أو للوضع $\alpha \neq \beta$</p>	<p>الشكل (4): إعداد التجربة من أجل معايرة الأشعة المنعكسة لشعاع ضوئي على سطح مرآة للحالة أو للوضع $\alpha = \beta = 0$</p>
<p>Experimental setup to examine the reflection of a light rays at a plane mirrors for $\alpha \neq \beta$</p>	<p>Experimental setup to examine the reflection of a light rays at a plane mirrors for $\alpha = \beta = 0$</p>

	
<p>الشكل (7): إعداد التجربة من أجل انعكاس ثلاث أشعة ضوئية على سطح مرآة مقعرة.</p>	<p>الشكل (6): إعداد التجربة من التحقق من انعكاس لأشعة ضوئية مختلفة على سطح مرآة للحالة أو للوضع $\alpha \neq \beta$</p>
<p>Experimental setup to examine the reflection of three light rays at a concave mirror.</p>	<p>Experimental setup to examine the reflection of several light rays at a plane mirrors for $\alpha \neq \beta$</p>

للمثيل السهل لزوايا ورود مختلفة، ارجي الحامل المثبت على القرص الضوئي، وهكذا بالإمكان تمثيل مختلف زوايا الورد بتدوير القرص الضوئي.

نفس الشروط الهندسية من أحل المرآة المقعرة. على كل حال، نقطة التقاطع لن تكون أمام المرآة. الأشعة الموازية للمحور تتباعد بعد الانعكاس وتبدو أنها تأتي من نقطة محور افتراضية التي لها محرق يساوي البعد المحرقي السلب كما هو معطى بالعلاقة رقم (3).

يمكن تعيين البعد المحرقي من خلال تمديد الأشعة المنعكسة إلى الوراء، كما هو موضح في الشكل (2).

3 – الأجهزة والأدوات: Equipment

1 Optical disc with accessories.	1 قرص ضوئي مع ملحقاته.
1 Lamp housing with cable.	1 بيت لحماية المصباح مع كابل.
1 Incandescent lamp 6V/30 W.	1 مصباح 6V/30 W.
1 Transformer 6V/12V.	1 محول 6V/12V.
1 Small optical bench.	1 مقعد ضوئي صغير.
1 Diaphragm with 5 slits.	1 صفيحة أو حاجز بخمسة شقوق.
1 Lens in frame $f = + 150$ mm.	1 عدسة بعدها المحرقي (+150 مم).
1 Stand base, V-shape, 28 cm.	1 قاعدة حاملة على شكل حرف V ارتفاعها 28 سم.
4 Leybold multiclamps.	4 مقابض تثبيت ليبولد.
1 Stand rod, 25 cm.	1 قضيب حامل طوله 25 سم.

4- خطوات العمل، وتنفيذ التجربة: Carrying out the experiment

أولاً – الانعكاس عن مرآة مستوية: Reflection of light at a plane mirror

- 1- أسقط شعاع ضوئي منطبق تماماً على المحور الضوئي للمرآة، كما هو في الشكل (4).
- 2- سجل قيمة زاوية الورود وزاوية الانعكاس، ماذا تستنتج؟
- 3- حرك الدائرة الموجودة عليها المرآة وراقب تغير الزوايا، وخذ عدة قيم لزوايا الورود والانعكاس، كما هو موضح في الشكل (5). ضع قيم الزوايا في الجدول المرفق، ماذا تستنتج؟

α	زاوية الورود بالدرجة			
β	زاوية الانعكاس بالدرجة			

ثانياً – الانعكاس عن مرآة مقعرة: Reflection of light at a concave mirror

- أسقط ثلاث أشعة ضوئية على المرآة المقعرة، كما هو موضح في الشكل (7)، ماذا تلاحظ؟ ناقش واحسب كل من البعد المحرقي (أو المحرق)، ونصف قطر التقعر، باستخدام العلاقة المناسبة.

ثالثاً- تحديد نوع العدسة (مبعدة أو مقربة)

- ضع العدسة محدبة الوجهين ثم أسقط الأشعة الضوئية على العدسة بعد إزالة العدسة المحدبة الوجهين، ضع العدسة المقعرة الوجهين وأسقط الأشعة الضوئية عليها. ماذا تلاحظ؟

رابعاً- ضع في الحامل نصف الدائرة الزجاجية كما هو موضح في الشكل (8):

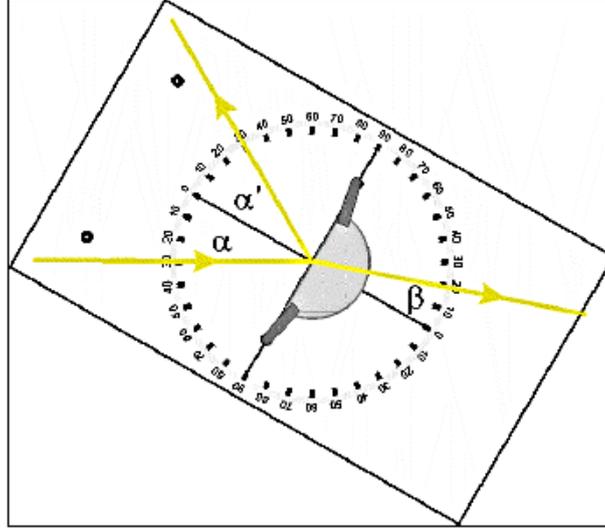


Fig. 1: Schematic representation of refraction and reflection of a light beam at a object with a plane surface (see equation (1)).

الشكل (8): يمثل الانعكاس والانكسار لحزمة ضوئية واردة على سطح مستوي.

Schematic representation of refraction and reflection
of a light beam at on object with a plane surface.

- 1- أسقط شعاع ضوئي منطبق تماماً على المحور الضوئي للوسط الشفاف، لاحظ مسار الشعاع الضوئي، وسجل عندئذٍ قيمة كل من زاوية الورد α ، زاوية الانعكاس α' ، وزاوية الانكسار β ، ماذا تستنتج؟
- 2- حرك الدائرة الموجودة عليها المرآة وراقب تغير الزوايا، أسقط شعاع ضوئي بزوايا ورود مختلفة كما هو مبين في الجدول، وسجل في كل مرة قيمة، زاوية الانعكاس، والانكسار للشعاع الضوئي في الجدول.
- 3- أحسب قرينة انكسار الوسط الشفاف n_2 ، باستخدام العلاقة:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21} \quad (4)$$

حيث أن:

α : زاوية ورود الشعاع الضوئي على سطح الوسط الشفاف.

β : زاوية الانكسار داخل الوسط الشفاف.

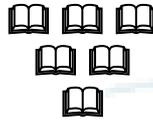
α' : زاوية الانعكاس.

n_1 : قرينة الانكسار المطلقة للوسط الأول الهواء وتساوي الواحد.

n_2 : قرينة الانكسار المطلقة للوسط الثاني أي الوسط الشفاف.
 n_{21} : قرينة الأنكسار النسبية، والتي تمثل قرينة أنكسار الوسط الثاني (وسط الانكسار) بالنسبة إلى قرينة انكسار الوسط الأول (وسط الورود).

α°	α'°	β°	$\sin\alpha$	$\sin\beta$	$n = n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$	\bar{n}
30						
40						
50						
60						
70						

- 4- أحسب الأخطاء المرتكبة في قياس قرينة الانكسار n بطريقة المتوسط الحسابي.
- 5- ارسم المنحني البياني الذي يعبر عن تغيرات $\sin\alpha = f(\sin\beta)$ ، أحسب ميل هذا الخط البياني، ماذا تستنتج؟
- 6- ارسم المنحني البياني الذي يعبر عن تغيرات $\alpha = f(\beta)$ ، ثم حدد على المنحني البياني زاوية الأنكسار β_c المقابلة لزاوية ورود 90° ، ماذا تسمى β_c ؟
- 7- استنتج قيمة الزاوية الحرجة β_c من العلاقة (4)، ماذا تلاحظ؟
- 8- عرف قرينة الانكسار المطلقة، ثم عرف قرينة الانكسار النسبية، عبّر عنها بالعلاقات الرياضية المناسبة.
- 9- بين فيما إذا كان الشعاع الضوئي المنكسر في الوسط الشفاف يقترب من الناظم أم يبتعد ولماذا؟



التجربة السابعة

تحديد البعد المحرقي للعدسات المقربة باستخدام طريقة بيسيل

Determining the focal lengths at collecting (convergent) lenses using Bessel's method

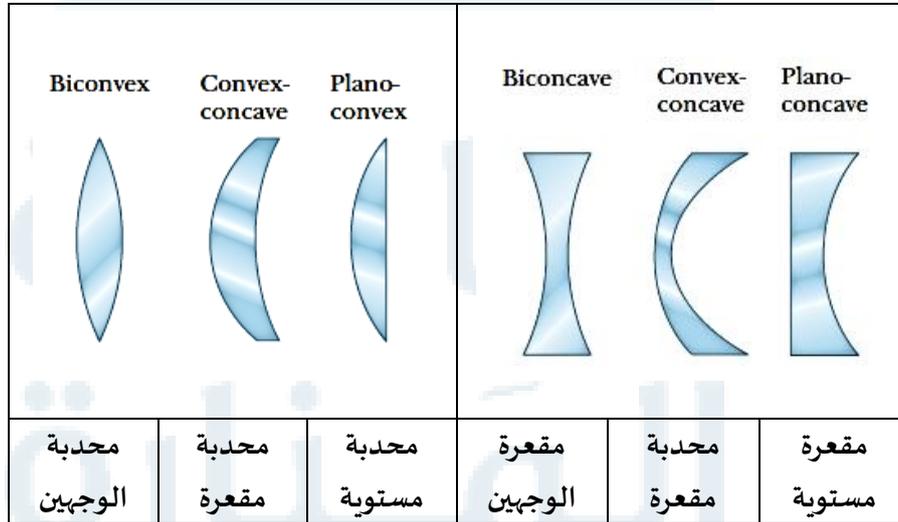
1- أهداف التجربة: Objects of the Experiment

• Determination of the focal length of a convergent Lens.	• البعد المحرقي لعدسات مقربة.
---	-------------------------------

2- المبدأ النظري (مفاهيم أساسية): Principles

تعريف العدسة:

هي وسط شفاف كاسر للضوء محدود بسطحين محدبين أو مقعيرين، أو بسطح منحني وآخر مقعر أو محدب، ويكون للسطحين محور مشترك يمر من مركزي السطحين يُسمى بالمحور الأصلي أو الرئيسي للعدسة. يوضح الشكل (1) أشكال العدسات الموجودة وفقاً لشكل سطحي وجهيهما.

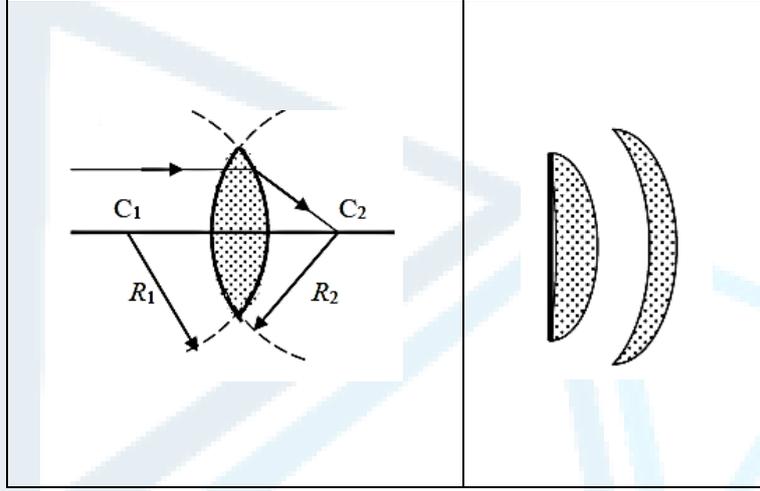


الشكل (1): يوضح أشكال العدسات الموجودة وفقاً لشكل سطحي وجهيهما.

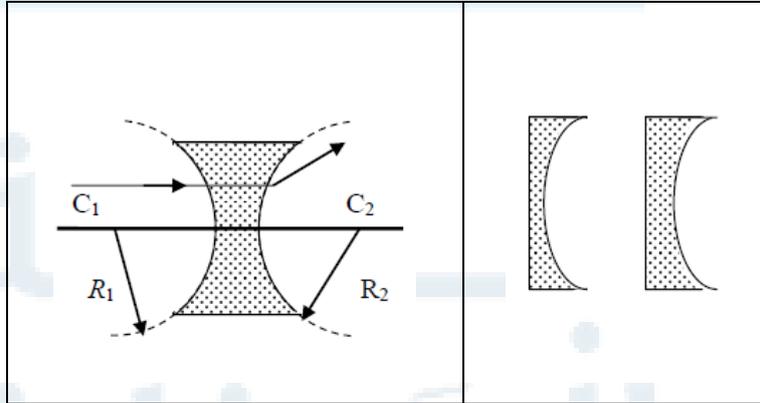
والعدسات على نوعين:

1- عدسة مقربة: وهي عدسة محدبة الوجهين أو ذات وجه محدب وآخر مستوي أو مقعر. وتكون أطرافها أرق من وسطها، وتملك خاصية كسر الأشعة الضوئية باتجاه محورها الأصلي أو الرئيسي، وتقوم بتجميع الأشعة المتوازية (بعد كسرها) في نقطة واحدة، انظر الشكل (2).

2- عدسة مبعدة: وهي عدسة إما أن تكون مقعرة الوجهين أو أحد وجهيها مقعر الشكل والآخر إما مستوياً أو محدباً. وتكون أطرافها أسمك من وسطها، وتقوم بكسر الأشعة الضوئية الواردة أو الساقطة عليها بعيداً عن محورها الأصلي أو الرئيسي، انظر الشكل (3).

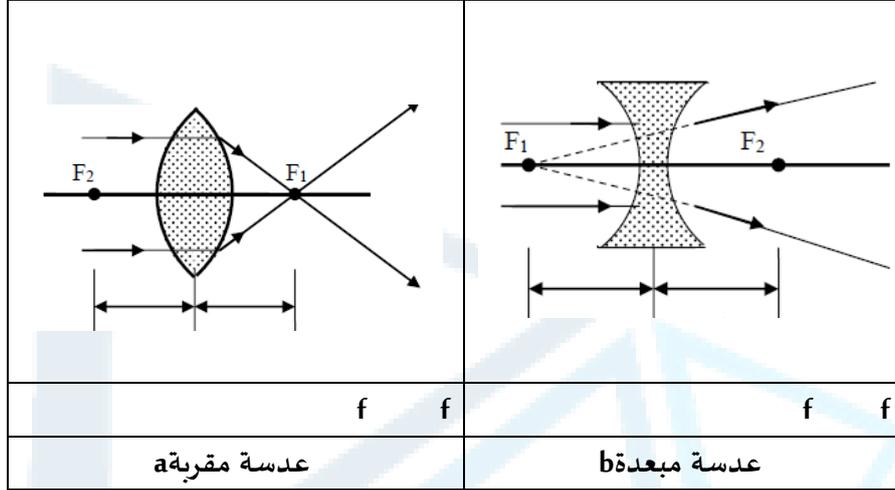


الشكل (2): عدسة مقربة.



الشكل (3): عدسة مبعدة.

إذا أسقطنا حزمة ضوئية متوازية على عدسة مقربة بشكلٍ موازٍ لمحورها الرئيسي، فإن الأشعة الواردة تنكسر مقربةً من المحور في نقطة ما على المحور الرئيسي، تُسمى محرق (أو بؤرة) العدسة، كما هو مبين في الشكل (4a).



الشكل (4): انكسار الأشعة الواردة في كل من العدسة المقربة والمبعدة.

أما إذا سقطت أو وردت الحزمة الضوئية المتوازية على عدسة مبعدة، فإنها تبرز من الوجه الآخر للعدسة مبتعدة عن محورها الأصلي أو الرئيسي، وتبدو وكأنها صادرة عن النقطة F_1 الواقعة على المحور الرئيسي للعدسة، كما هو مبين في الشكل (4b). ويقابل الوجه الآخر من العدسة المحرق F_2 .

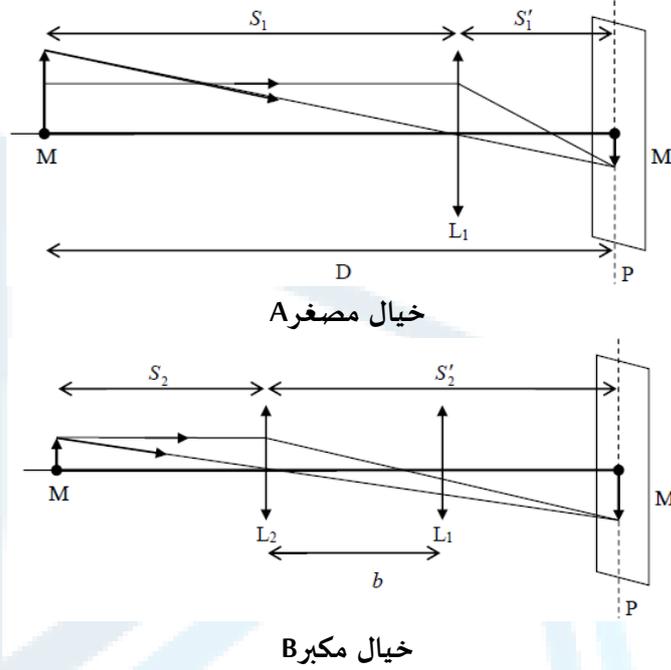
يُعرَّف البعد المحرقي للعدسة بأنه المسافة الفاصلة بين المحرق ومركز العدسة. إن البعدين المحرقين متساويان في العدسات الرقيقة. والعدسة الرقيقة هي تلك العدسة التي تكون سماكتها صغيرة جداً ومهملةً بالنسبة لبعدها المحرقي.

إن البعد المحرقي يتوقف على ما يلي:

- 1- نصف قطر التكور أو الانحناء R_2 و R_1 لكل من سطحيها، كما هو مبين في الشكل (2) و (3).
- 2- قرينة انكسار العدسة n بالنسبة للهواء.

قانون العدسات:

هو علاقة رياضية تربط بين بعد الجسم المضيء وبعد خياله عن العدسة، وبين البعد المحرقي للعدسة. فإذا وضعت عدسة مقربة بين الجسم M والحاجز (الشاشة) P ، وكان البعد بينهما كافياً، يكون للجسم على الحاجز P من أجل موضع أو موضع معين L_1 ، خيالاً مصغراً تكون له في موضع آخر L_2 خيال مكبر، كما هو مبين في الشكلين (5A) و (5B).



الشكل (5): آلية استنتاج قانون العدسات.

لترمز للمسافة الفاصلة بين الجسم M والحاجز P بالرمز D ، وللمسافة بين موضعي العدسة L_1 و L_2 بالرمز b . ليكن S_1 و S_1' بعدي كل من الجسم والخيال عن العدسة في الوضع الأول (خيال مصغراً)، و S_2 و S_2' بعديهما عن العدسة في الوضع الثاني (خيال مكبر). عندما يتشكل للجسم M خيال M' في عدسة مقربة، ونعكس جهة الأشعة الواردة، نجد حسب مبدأ رجوع الضوء، أنه إذا وضعنا في M' جسماً فإن خياله سيتشكل في M . نقول عن النقطتين M و M' إنهما مترافقتان، أي أن إحداهما خيال للأخرى. وبناءً عليه، يكون بعد العدسة عن الحاجز (الشاشة) في الوضع L_1 يساوي بعد الجسم عن العدسة في الوضع L_2 . وبالتالي، يمكننا أن نكتب العلاقتين الآتيتين:

$$S_2 = S_1' \quad \& \quad S_1 = S_2'$$

ومن الشكل (5) يمكننا أن نكتب:

$$D = S_1 + S_1' = S_2 + S_2'$$

وكذلك:

$$b = S_1 - S_1' = S_2' - S_2$$

وبجمع العلاقتين الأخيرتين طرفاً إلى طرف نجد أن:

$$S_1 = \frac{D + b}{2}$$

وبطرحهما تنتج العلاقة التالية:

$$S'_1 = \frac{D - b}{2}$$

وبتطبيق قانون العدسات الرقيقة (قانون غوص)، نحصل على العلاقة التالية:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S'_1} \quad (1)$$

تُعتبر العلاقة (1) صالحة من أجل العدسات المبعدة أيضاً، إلا أن البعد المحرقي في هذه الحالة، يكون سالباً لأن محرق العدسة المبعدة وهمي. ولكن إذا كان أحد سطحي العدسة محدباً والآخر مقعراً، فإننا نطبق القانون الآتي بدلاً من العلاقة أو القانون المعطى بالعلاقة (1):

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (2)$$

حيث R_1 نصف قطر انحناء الوجه المحدب، و R_2 نصف قطر انحناء الوجه المقعر، و n قرينة انكسار العدسة بالنسبة للهواء.

عندما يكون أحد سطحي العدسة المقربة مستوياً، فإن $R_2 \rightarrow \infty$ (أي أن $(1/R \rightarrow 0)$).

وبالتالي تؤول العلاقة (2) إلى الشكل الآتي:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R} \right) \quad (3)$$

حيث R نصف قطر الوجه المحدب للعدسة. بالعودة إلى العلاقة (1) واعتبار أن كلاً من S_1 و S'_1 مقدار موجب، وكذلك كلاً من الجسم والخيال حقيقي، نجد:

$$f = \left(\frac{D^2 - b^2}{4D} \right) \quad (4)$$

ملاحظة:

لا يمكن للعدسة المقربة ذات البعد المحرقي f أن تشكل للجسم خيلاً على الحاجز (الشاشة) P ، إلا إذا كانت المسافة D أكبر من أربعة أمثال البعد المحرقي، أي أن $D \geq 4f$. ويتبين ذلك من خلال التعويض عن المقدار S' بالمقدار $(D - S)$ من قانون العدسات، العلاقة (1)، حيث نجد أن:

$$S^2 - D.S + D.f = 0$$

وهي معادلة جبرية من الدرجة الثانية لها حلان من الشكل:

$$S = \frac{1}{2} \pm \sqrt{D^2 - 4D.f}$$

فإذا كان المقدار الواقع تحت إشارة الجذر التربيعي (جذر المميز: $\sqrt{\Delta} = \sqrt{D^2 - 4D.f}$) موجباً، كان للعدسة وضعيتان يكون للجسم عندهما خيال حقيقي. ولكي يكون المميز موجباً لا بد من أن تتحقق المتراجحة الآتية:

$$D^2 - 4D.f \geq 0$$

وبالتالي فإن $D \geq 4f$ وفي حالة المساواة، تنطبق إحدى وضعيتي العدسة على الأخرى، ويمكن التأكد من ذلك بالعودة إلى العلاقة (4).

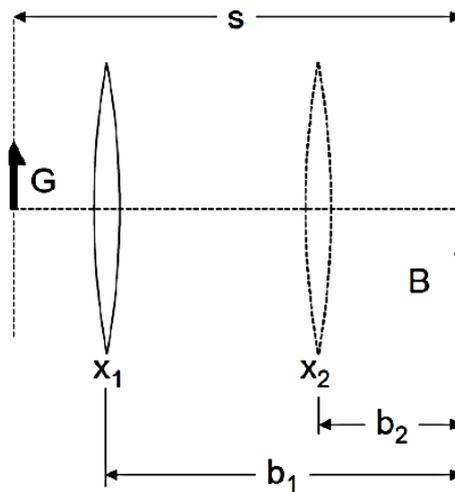
3 – الأجهزة والأدوات: Equipment

1 Lamp housing with cable.	1 بيت لحماية المصباح مع كابل.
1 Incandescent lamp 6V/30 W.	1 مصباح 6V/30 W.
1 Aspherical condenser with diaphragm holder.	1 مكثف كروي مع حاجز (شق).
1 Transformer 6V/12V.	1 محول 6V/12V.
1 Lens in frame $f = + 50$ mm.	1 عدسة بعدها المحرقي (+50 مم).
1 Lens in frame $f = + 120$ mm.	1 عدسة بعدها المحرقي (+100 مم).
1 Lens in frame $f = + 200$ mm.	1 عدسة بعدها المحرقي (+200 مم).
1 Translucent screen.	1 شاشة شفافة.
1 Small optical bench.	1 مقعد ضوئي صغير.
1 Stand base, V-shape, 28 cm.	1 قاعدة حاملة على شكل حرف V ارتفاعها 28 سم.
4 Leybold multiclamps.	4 مقابض أو ملازم تثبيت ليبولد.
1 Stand rod, 25 cm.	1 قضيب حامل طوله 25 سم.
1 Steel tape measure, 2m.	1 متر معدني طوله 2 متر.

4- خطوات العمل: Carrying out the experiment

حساب البعد المحرقي لعدسات مقربة بطريقة بيسيل:

Deterrming the focal lengths at collecting (convergent) lenses using Bessel's method



الشكل (6): مخطط مبسط للتجربة، حيث يشير G إلى حجم الجسم المضيء، و B إلى حجم الخيال المتشكل.

تنفيذ التجربة وألية كتابة النتائج:

1- ضع العدسة التي بعدها المحرقي $f = +50 \text{ mm} = +5 \text{ cm}$ في الوسط بين حامل المصباح والشاشة الشفافة، كما هو موضح في الشكل.

2- ضع الشاشة الشفافة على مسافة S عن الجسم، بحيث يتحقق الشرط $S \geq 4f$.

3- حرك العدسة نحو الجسم حتى تشاهد على الشاشة (اللوحة الشفافة) صورة (خيال للجسم المضيء) حادة (شديدة التركيز) وأكبر ما يمكن، وقس المسافة $b_1 = x_1$ بين الشاشة والعدسة، كما هو موضح في الشكل (6).

4- حرك العدسة نحو الشاشة الشفافة فتشاهد صورة حادة مرة أخرى ولكن أصغر ما يمكن. قد يكون من الضروري ضبط المصباح لمراقبة الصورة الصغيرة للجسم.

5- قس المسافة $b_2 = x_2$ بين الشاشة الشفافة والعدسة.

6- أحسب الفرق ما بين البعدين السابقين $\Delta = (x_1 - x_2) = (b_1 - b_2)$.

7- قس المسافة ما بين الجسم المضيء والشاشة الشفافة S .

8- أكمل حساب القيم المعطاة في الجدول المرفق رقم (1)، وباستخدام العلاقة (4):

$$f_{exp} = \left(\frac{D^2 - b^2}{4D} \right) = \frac{1}{4} \cdot \left(S - \frac{(X_1 - X_2)^2}{S} \right) = \frac{1}{4} \cdot \left(S - \frac{(\Delta)^2}{S} \right)$$

9- أعد التجربة، وسجل النتائج في الجدول المرفق.

10- كرر التجربة من أجل العدسة التي بعدها المحرقي $f = +100 \text{ mm} = +10 \text{ cm}$.

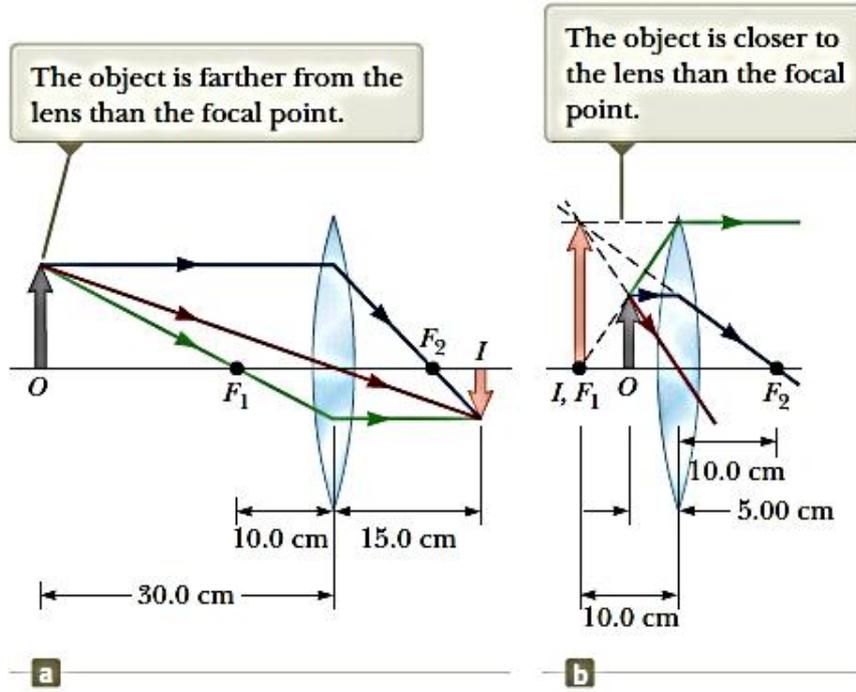
11- احسب الأخطاء المرتكبة في قياس البعد المحرقي بطريقة القيم الوسطى.

f (mm) البعد المحرقي للعدسة	x_1 ()	x_2 ()	$\Delta = x_1 - x_2$ ()	S ()	f_{exp} () تجريبياً من العلاقة النظرية	$\overline{f_{exp}}$ ()
$f = +50$					$f_{exp} =$	
$f' = +50$					$f'_{exp} =$	

مثال (2):

عدسة بعدها المحرقي $f = +100 \text{ mm} = +10 \text{ cm}$ ، بعد الجسم عن العدسة S_1 موضح على الشكل المرفق في الحالتين (a) و (b). المطلوب رسم الأشعة الضوئية، وإيجاد بعد الخيال عن العدسة ومن ثم وصف الخيال المتشكل في الحالتين (a) و (b).

Images formed by a converging lens



الحالة (a): بعد الجسم عن العدسة $S_1 = +300 \text{ mm} = +30 \text{ cm}$ ، الخيال مقلوب وراء العدسة

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S'_1} \rightarrow \frac{1}{S'_1} = \frac{1}{f} - \frac{1}{S_1}$$

$$\frac{1}{S'_1} = \frac{1}{10 \text{ cm}} - \frac{1}{30 \text{ cm}}$$

$$\rightarrow S'_1 = 15 \text{ cm}$$



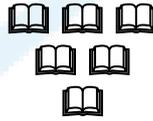
جَامِعَة
الْمَنَارَة
MANARA UNIVERSITY

الحالة (b): بعد الجسم عن العدسة $S_1 = +100 \text{ mm} = +10 \text{ cm}$ ، الخيال حقيقي أمام العدسة

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S_1} - \frac{1}{S'_1} \rightarrow \frac{1}{S'_1} = +\frac{1}{S_1} - \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{S'_1} = \frac{1}{10 \text{ cm}} - \frac{1}{-10 \text{ cm}} = \frac{1}{10 \text{ cm}} + \frac{1}{10 \text{ cm}}$$

$$\rightarrow S'_1 = 5 \text{ cm}$$



جَامِعَة
الْمَنَارَة
MANARA UNIVERSITY

التجربة الثامنة

قياس مقاومة مجهولة بواسطة جسر وطسطن

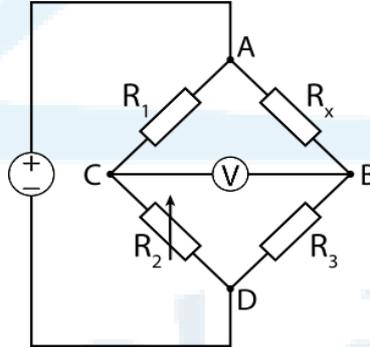
Determining a Resistor by Wheatstone bridge

1 - أهداف التجربة: Objects of the Experiment

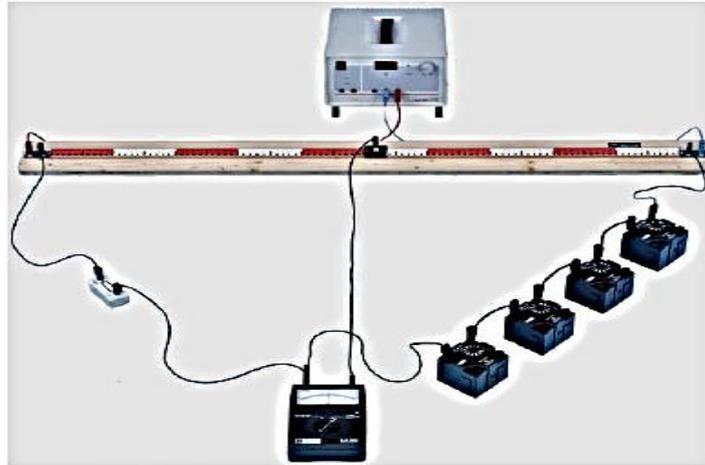
- (1) قياس مقاومات مجهولة باستخدام جسر وطسطن.
- (2) التحقق من قوانين وصل مقاومات على التسلسل وعلى التفرع، تجريبياً وعملياً.

2- مفاهيم أساسية: Principles

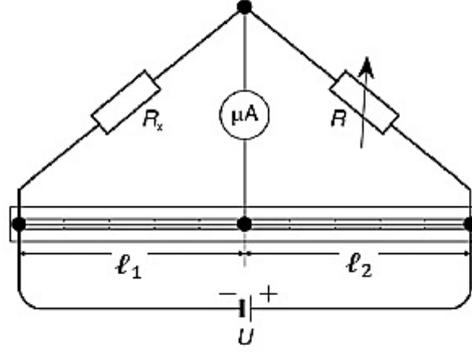
يُعتبر جسر وطسطن أكثر الأجهزة استخداماً لقياس المقاومات، وهو يتألف من دائرة كهربائية (A, B, C, D) تحوي أربع مقاومات، الشكل (1). ثلاث منها معلومة (R_1, R_2, R_3) أما الرابعة (R_x) فهي المقاومة المجهولة المراد قياسها.



الشكل (1): مخطط دائرة وطسطن، لقياس قيمة مقاومة مجهولة R_x .



الشكل (2): طريقة توصيل دائرة جسر وطسطن.



شكل (3): دائرة جسر واطسطن، المستخدمة في التجربة.

يتم اختيار قيم المقاومات في هذه الدارة حتى يصبح الجهد المار في مقياس الغلفانومتر (V) معدوماً، عندها يكون الجسر متوازناً. وعندما يتوازن جسر واطسطن يكون فرق الكمون بين النقطتين B و C معدوماً أي أن:

$$U_B - U_C = 0$$

حيث U_B كمون النقطة B و U_C كمون النقطة C. وتكون شدة التيار I_x الكهربائي المار في الفرع AB مساوية لشدة التيار الكهربائي I_3 في الفرع BD. وكذلك تكون شدة التيار الكهربائي I_1 في الفرع مساوية لشدة التيار الكهربائي I_2 في الفرع DC، وبالتالي يكون فرق الكمون بين النقطتين A و B يساوي فرق الكمون بين النقطتين C و A:

$$U_{AB} = U_{AC} \quad (1)$$

وكذلك فرق الكمون بين النقطتين B و D يساوي فرق الكمون بين النقطتين C و D:

$$U_{BD} = U_{DC} \quad (2)$$

باستخدام قانون أوم ($U = R \cdot I$) تصبح العلاقتين (1) و (2) كما يلي:

$$R_x \cdot I_x = R_1 \cdot I_1 \quad (3)$$

$$R_3 \cdot I_3 = R_2 \cdot I_2 \quad (4)$$

بنسبة العلاقتين (3) و (4)، آخذين بالاعتبار أن:

$$I_x = I_1 \text{ \& } I_3 = I_2$$

نحصل على:

$$\frac{R_x}{R_3} = \frac{R_1}{R_2} \rightarrow R_x = R_3 \cdot \frac{R_1}{R_2} \quad (5)$$

نعوض عن R_1, R_2 — قيمتها بدلالة طول الناقل l ، ومساحة سطح مقطعه S ومقاومته النوعية ρ ، حسب قانون أوم الثاني $R = \rho \frac{l}{S}$ فتصبح المعادلة (5) كما يلي:

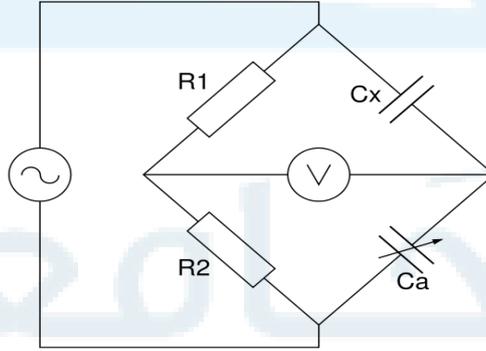
$$R_x = R_{\text{variable}} \cdot \frac{l_1}{l_2} \quad (6)$$

وهو القانون المستخدم في التجربة.

إذا أعطيت المقاومات ($l_1, l_2, R_{\text{variable}}$) يمكن استنتاج المقاومة الرابعة المجهولة (R_x)، وذلك في حال توازن الجسر. يمكن للسهولة استخدام علبة مقاومات عيارية R_{variable} متغيرة ومعلومة.
ملاحظة:

تجدر الإشارة هنا إلى جسر واطسطن يسمح بقياس مقاومة مجهولة، بينما هناك جسر آخر يسمح بقياس سعة مكثفة مجهولة يُدعى "جسر دوزوتي"، انظر الشكل (4). يعمل هذا الجسر بنفس طريقة واطسطن حيث هنا لدينا مقاومتين معلومتين، مكثفة أولى مُتغيرة معلومة C_a ، بينما المكثفة الثانية مجهولة C_x . يُعطى توازن جسر دوزوتي، بحسب الشكل (4)، بالعلاقة الآتية:

$$\frac{C_x}{R_2} = \frac{C_a}{R_1} \rightarrow C_x = C_a \cdot \frac{R_2}{R_1}$$



شكل (4): دائرة جسر دوزوتي Desauty bridge.

3 – الأجهزة والأدوات:

- 1- جسر واطسطن، انظر الشكل (1).
- 2- مقاومات معلومة ومجهولة.
- 3- علبة مقاومات معلومة.
- 4- مقاييس غلفانومتر حساس.
- 5- منبع تغذية مستمر (3-12V).
- 6- قاطعة لوصل أو لقطع التيار الكهربائي المار في الدارة.
- 7- أسلاك توصيل مقاومتها الكهربائية مهملة عملياً بالنسبة للمقاومات المستخدمة في الجسر.

4- خطوات العمل: Carrying out the experiment

أولاً: قياس مقاومات مجهولة باستخدام جسر واطسطن.

- يُبين الشكل (3) الدارة المستخدمة في القياسات التجريبية.
- صل إحدى المقاومات المجهولة R_x مع دائرة الجسر.
- طبق جهد مستمر ذات قيمة معينة $U = 1V$ من منبع التغذية.
- غير قيم المقاومة المعلومة (المتغيرة) $R_{variable}$ حسب القيم المعطاة في الجدول المرفق.
- حرك الزاقلقة إلى أن يشير مقياس الغلفانو متر إلى القيمة ($I = 0A$)، من أجل كل قيمة من قيم المقاومات المعلومة والمتغيرة .
- سجل قيمة ℓ_1 ، ℓ_2 في الجدول المرفق.
- احسب قيمة المقاومة R_x من العلاقة (6).
- أحسب الخطأ المطلق والنسبي المرتكب في عملية القياس، والقيمة الحقيقية، بطريقة المتوسط الحسابي.
- تحقق من قوانين وصل المقاومات على التسلسل وعلى التفرع عملياً باستخدام الجسر، ومن ثم نظرياً، ماذا تستنتج؟

R_V	ℓ_1	ℓ_2	$R_x = R_V \left(\frac{\ell_1}{\ell_2} \right)$	$\overline{R_x}$
3			$R_{x1} =$	⋮
5			$R_{x2} =$	
10			$R_{x3} =$	
15			$R_{x4} =$	
20			$R_{x5} =$	

ثانياً – التحقق من وصل المقاومات على التسلسل وعلى التفرع. نظرياً وتجريبياً (عملياً) باستخدام الجسر.

سؤال 1: عند وصل مقاومتين R_1 ، R_2 على التسلسل كما هو مبين بالشكل (5)، كيف نوجد نظرياً قيمة المقاومة المكافئة لهما أي R ؟

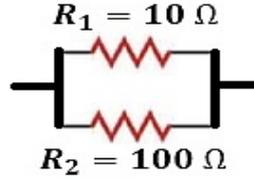
$$R_1 = 10 \Omega \quad R_2 = 100 \Omega$$



الشكل (5): يبين وصل مقاومتين على التسلسل.

أوجد قيمة المقاومة المكافئة تجريبياً.

سؤال 2: عند وصل مقاومتين R_1 ، R_2 على التفرع كما هو مبين بالشكل (6)، كيف نوجد نظرياً قيمة المقاومة المكافئة لهما أي R ؟



الشكل (6): يبين وصل مقاومتين على التفرع.

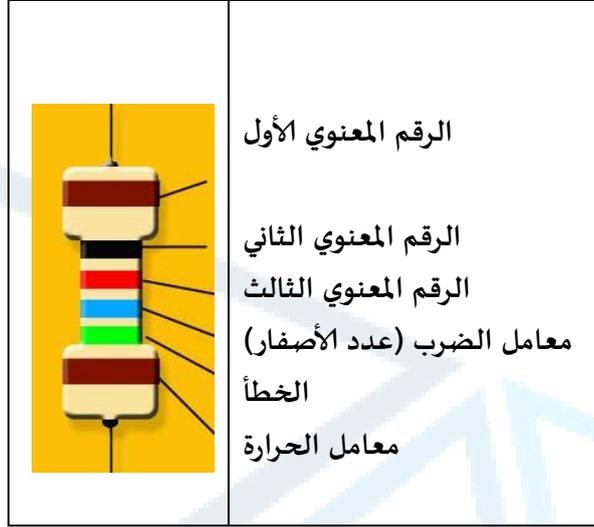
أوجد قيمة المقاومة المكافئة تجريبياً.

سؤال (3): قارن القيم التجريبية مع القيمة النظرية المحسوبة من قانون وصل المقاومات على التسلسل وعلى التفرع، ماذا تستنتج؟

سؤال (4): هل هناك طريقة أخرى لحساب مقاومة مجهولة في دائرة كهربائية، دون استخدام الجسر؟
سؤال (5): يبين كيفية استنتاج العلاقة (6).

5- كيفية قراءة المقاومات انطلاقاً من الألوان المسجلة عليها:
مصطلحات: رمز الألوان

اللون	اسم اللون	رمز اللون	أول رقم معنوي	ثاني رقم معنوي	ثالث رقم معنوي	معامل الضرب	الخطأ (\pm)	معامل درجة الحرارة
	فضي	0,01					10%	
	ذهبي	0,1					5%	
	أبيض	9	9	9	9	10^9		
	رمادي	8	8	8	8	10^8	0,05%	
	بنفسجي	7	7	7	7	10^7	0,10%	
	أزرق	6	6	6	6	10^6	0,25%	
	أخضر	5	5	5	5	10^5	0,5%	
	أصفر	4	4	4	4	10^4		
	برتقالي	3	3	3	3	10^3		
	أحمر	2	2	2	2	10^2	2%	
	بني	1	1	1	1	10^1	1%	
	أسود	0	0	0	0	10^0		



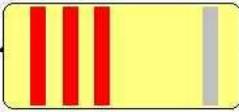
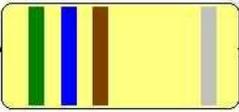
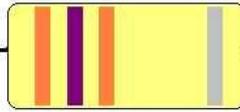
ملاحظة (1): إذا لم يُشر إلى الخطأ فالخطأ يكون عادة (20%).

ملاحظة (2): معامل الحرارة يساوي:

$$200 \text{ ppm} = 200 \text{ parts per million}$$

أي 200 جزء من المليون.

أمثلة:

		
22×100 $= 2200 \Omega$	$56 \times 10 = 560 \Omega$	37×100 $= 37000 \Omega$
الخطأ (10%) من أجل المقاومات الثلاث		

أولاً – مقاومات بأربع حلقات

- تُعطي الحلقة الأولى والثانية الأرقام المعنوية: الأولى تُعطي العشرات والثانية تُعطي الآحاد،
- تُعطي الحلقة الثالثة عامل الضرب: قوة العشرة التي يجب أن نضرب بها الأرقام المعنوية،
- تُعطي الحلقة الرابعة الخطأ أو الارتياب في قيمة المقاومة المُعطى من قبل المُصنِّع.

ثانياً – مقاومات بخمس حلقات

- تُعطي الحلقات الثلاث الأولى الأرقام المعنوية: الأولى تُعطي المئات، الثانية تعطي العشرات والثالثة تعطي الآحاد،
- تُعطي الحلقة الرابعة عامل الضرب: قوة العشرة التي يجب أن نضرب بها الأرقام المعنوية،
- تُعطي الحلقة الخامسة الخطأ أو الارتياب في قيمة المقاومة المُعطى من قبل المصنع.

ثالثاً – مقاومات بست حلقات

- إن الحلقات الأربع الأولى لها نفس المعنى كما هو الحال في المقاومات بخمس حلقات.
- ترمز الحلقة السادسة إلى عامل الحرارة (أي تغير الناقلية الكهربائية بتابعة درجة الحرارة).

مثال:

أول رقم معنوي أصفر = 4

ثاني رقم معنوي أخضر = 5

معامل الضرب برتقالي = 3

الخطأ: لونه ذهبي: أي (5%)

أي أن قيمة المقاومة تساوي: $45 \times 10^3 = 45 \text{ k}\Omega$ بخطأ يُقدر بـ (5%).

مثال:

أول رقم معنوي أحمر = 2

ثاني رقم معنوي بنفسجي = 7

معامل الضرب بني = 1

الخطأ: لونه فضي: أي (10%)

أي أن قيمة المقاومة تساوي: $27 \times 10^1 = 270 \Omega$ بخطأ يُقدر بـ (10%).



التجربة التاسعة
التحقق من صحة قانون أوم
Verifying Ohm's law

1- أهداف التجربة: Objects of the Experiment

التحقق من صحة قانون أوم بتحديد المقاومات.

ملاحظة:

قانون أوم الأول:

$$R = \frac{V}{I}$$

قانون أوم الثاني:

$$R = \rho \cdot \frac{\ell}{S}$$

قانون أوم الثالث:

$$R + \sum_i r_i = \frac{E}{I}$$

2- مفاهيم أساسية: Principles

لنفرض أنه لدينا الدارة الموضحة في الشكل (1). إن الجهد U (أو فرق الكمون) بين طرفي ناقل، بتقريب جيد، يتناسب مع شدة المار في الناقل، وهذا ما يُدعى بقانون أوم الذي يُعطى بالعلاقة الآتية:

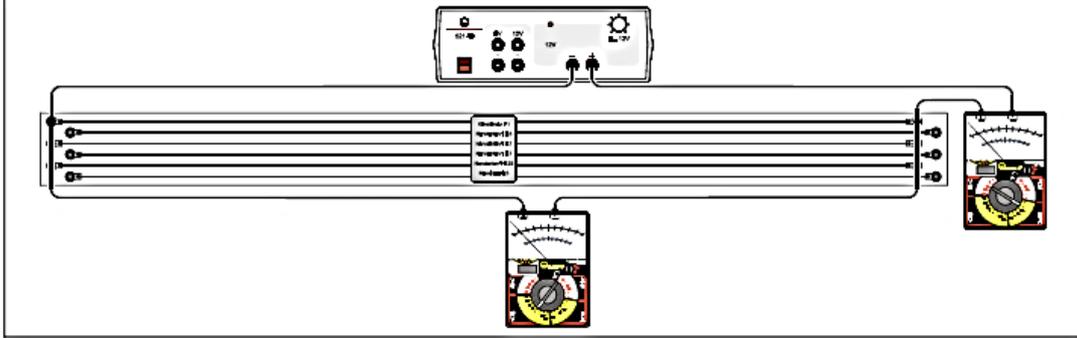
$$U = R \cdot I \quad (1)$$

وتُدعى ثابتة التناسب R بمقاومة الناقل. إن مقاومة سلك R طوله ℓ و سطح مقطعه A تُعطى بالعلاقة الآتية:

$$R = \rho \cdot \frac{\ell}{S} \quad (2)$$

حيث ρ المقاومة النوعية للسلك المعدني.

سنتحقق في هذه التجربة من صحة العلاقة (1)، أي أن التناسب بين شدة التيار والجهد مُحقق من أجل أسلاك معدنية بأطوال ومقاطع مختلفة، ومن أجل أسلاك مصنوعة من معادن مختلفة. سيُتم تحديد، في كل حالة، المقاومة كثابت تناسب. وسيُتم التحقق من أن ثابت التناسب R يتعلق بطول السلك ℓ ، بسطح مقطعه S ، وبمقاومته النوعية ρ ، أي سيُتم التحقق من صحة العلاقة (2).



شكل (1): الدارة التجريبية المستخدمة للتحقق من صحة قانون أوم.

3- الأجهزة والأدوات

- 1- جسر من الأسلاك لقياس مقاومتها.
- 2- منبع تغذية مستمر ومتناوب (DC/AC)(1-12 V).
- 3- مقياس تيار مستمر $I < 3A$ (DC).
- 4- مقياس جهد مستمر $U < 15V$ (DC).
- 5- أسلاك توصيل.

خطوات تنفيذ التجربة وألية كتابة النتائج:

أولاً: تعيين مقاومة سلكين من الكونستنتان بأطوال متساوية ($l = 1m$) ومقاطع مختلفة، ثم استنتاج تأثير تغير سطح مقطع السلك على المقاومة.

1- صل مقياس الجهد إلى سلك الكونستنتان ذو القطر $d = 1mm$ ، والسطح $S = 0,8mm^2$ ثم صل منبع الجهد ومقياس الأمبير على التسلسل مع السلك المستخدم، كما هو موضح في الشكل (1).

2- طبق فرق في الجهد مابين طرفي السلك المستخدم ابتداءً من القيمة $u = 0.1V$ صعوداً حتى القيمة $U = 1V$ بمعدل زيادة قدرها $0.1V$ في كل خطوة، كما هو مبين في الجدول (1).

3- راقب مقياس الأمبير وسجل شدة التيار، المار بين طرفي السلك المدروس، من أجل كل قيمة من قيم الجهد المطبق، ضع النتائج في الجدول (1).

4- احسب مقاومة السلك، باستخدام قانون أوم الأول $R(\Omega) = \frac{U(V)}{I(A)}$.

5- استبدل السلك بسلك آخر من الكونستنتان ذو قطر أصغر $d = 0.7mm$ ، والسطح $S = 0,4mm^2$ مع المحافظة على ترتيب توصيل الأجهزة ومجالات قياس الأجهزة، تماما كما في المرحلة السابقة.

6- طبق فرق في الجهد ما بين طرفي هذا السلك ابتداءً من القيمة $U = 0.2V$ حتى القيمة $U = 2V$ بمعدل زيادة في الجهد قدرها $U = 0.2V$ في كل خطوة، كما هو مبين في الجدول (1).

7- سجل شدة التيار المار بين طرفي هذا السلك، من أجل كل قيمة من قيم الجهد المطبق، في الجدول.

8- احسب مقاومة السلك، باستخدام قانون أوم الأول $R(\Omega) = \frac{U(V)}{I(A)}$.

9- استنتج تأثير تغير سطح مقطع السلك على المقاومة.

جدول (1): أسلاك من الكونستنتان

بأطوال متساوية ($\ell = 1m$) ومقاطع مختلفة.

$d = 1mm$ $S = 0,8mm^2$				$d = 0,7mm$ $S = 0,4mm^2$			
$U(V)$	$I(A)$	$R(\Omega)$	$\bar{R}(\Omega)$	$U(V)$	$I(A)$	$R(\Omega)$	$\bar{R}(\Omega)$
0,1			⋮	0,2			⋮
0,2				0,4			
0,3				0,6			
0,4				0,8			
0,5				1,0			
0,6				1,2			
0,7				1,4			
0,8				1,6			
0,9				1,8			

10- قارن قيم $\bar{R}(\Omega)$ في الجدول السابق، ماذا تستنتج؟

11- احسب الأخطاء المرتكبة في عملية قياس R بطريقة المتوسط الحسابي من أجل أحد السلكين السابقين.

12- أرسم على الورقة الميليمترية المرفقة تغيرات الجهد المطبق $U(V)$ بتابعة شدة التيار $I(A)$ ، لأحد السلكين السابقين، ثم احسب ميل الخط البياني مع ذكر واحدة قياسه، وماذا يمثل الميل.

ثانياً: تعيين مقاومة سلكين من الكونستنتان بمقاطع متساوية ($d = 0,7mm$ ، $S = 0,4mm^2$ ، وأطوال مختلفة ($\ell = 2m$ ، $\ell = 1m$)، ثم استنتاج تأثير تغير طول السلك على المقاومة.

ملاحظة: تم حساب مقاومة سلك الكونستنتان، ($S = 0.4mm^2$, $d = 0,7mm$, $\ell = 1m$)، في الجزء الأول من التجربة، حيث تبين أن قيمتها الوسطية:

$$\bar{R} = \dots\dots\dots$$

- 1- قم بوصل سلكي كونستنتان متطابقين ($d = 0.7mm$, $S = 0.4mm^2$) للحصول على سلك جديد بطول $\ell = 2m$.
- 2- طبق فرق في الجهد ما بين طرفي السلك، حسب القيم الموجودة في الجدول (2)، ثم احسب شدة التيار المار بين طرفي هذا السلك.
- 3- احسب مقاومة السلك، باستخدام قانون أوم الأول $R(\Omega) = \frac{U(V)}{I(A)}$ ، ثم احسب القيمة الوسطية \bar{R} .
- 4- استنتج تأثير تغير طول السلك على المقاومة.

جدول (2): أسلاك من الكونستنتان

بمقاطع متساوية ($d = 0,7mm$, $S = 0.4mm^2$) وأطوال مختلفة.

$(\ell = 1m)$	$(\ell = 2m)$			
$\bar{R}(\Omega)$	$U(V)$	$I(A)$	$R(\Omega)$	$\bar{R}(\Omega)$
	0,4			
	0,8			
	1,2			
	1,6			
	2,0			
	2,4			
	2,8			
	3,2			
	3,6			
	4,0			
	4,4			

5- قارن قيم $(\bar{R}(\Omega))$ في الجدول السابق، ماذا تستنتج؟

ثالثاً: تعيين مقاومة سلكين أحدهما من الكونستنتان والآخر من النحاس الأصفر بمقاطع متساوية $(d = 0,5mm, S = 0.78mm^2)$ ، وأطوال متساوية $(\ell = 1m)$ ، ثم استنتاج تأثير تغير نوع السلك على المقاومة.

- 1- طبق فرق في الجهد بين طرفي سلك من الكونستنتان الذي قطره $(d = 0,5mm)$ ، وطوله $(\ell = 1m)$ ، وذلك حسب القيم المبينة في الجدول (3)، ثم سجل قيمة شدة التيار في الجدول.
- 2- احسب مقاومة السلك، باستخدام قانون أوم الأول $R(\Omega) = \frac{U(V)}{I(A)}$ ، ثم أحسب قيمة $\bar{R}(\Omega)$.
- 3- طبق فرق في الجهد بين طرفي سلك من النحاس الأصفر الذي قطره $d = 0,5mm$ ، وطوله $\ell = 1m$ ، وذلك حسب القيم المبينة في الجدول (3)، ثم سجل قيمة شدة التيار في الجدول.
- 4- احسب مقاومة السلك، باستخدام قانون أوم الأول $R(\Omega) = \frac{U(V)}{I(A)}$ ، ثم أحسب قيمة $\bar{R}(\Omega)$.
- 5- استنتج تأثير تغير نوع السلك على المقاومة.

جدول (3): سلك من النحاس الأصفر وسلك من الكونستنتان بمقاطع متساوية $(d = 0,5mm)$ وأطوال متساوية $(\ell = 1m)$.

نحاس أصفر				كونستنتان			
$U(V)$	$I(A)$	$R(\Omega)$	$\bar{R}(\Omega)$	$U(V)$	$I(A)$	$R(\Omega)$	$\bar{R}(\Omega)$
0,1				0,4			
0,2				0,8			
0,3				1,2			
0,4				1,6			
0,5				2,0			
0,6				2,4			
0,7				2,8			
				3,2			
				3,6			

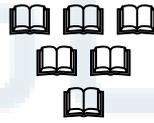
- 6- قارن قيم $\bar{R}(\Omega)$ في الجدول السابق، ماذا تستنتج؟

أجب على الأسئلة التالية:

- 1- ما هو القانون الذي يمكن استنتاجه من دراسة تأثير تغير كل من: المقاومة النوعية ρ ، وطول السلك l ، ومساحة مقطع السلك S ، على مقاومة سلك R .
- 2- أحسب المقاومة النوعية ρ لسلك النحاس الأصفر الذي طوله $l = 1m$ ، ومساحة مقطعه $(S = 0.1964mm^2)$ ، ومقاومته $R = \dots\dots\dots$ باستخدام القانون المناسب.

المقاومة النوعية لسلك من الكونستنتان وسلك من النحاس الأصفر،
بفرض أن أبعاد السلكين متساوية ($S = 0,2mm^2$ & $l = 1m$).

مادة السلك	$\rho \left[\frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right]$	
	تجريبياً	مرجعية
كونستنتان	0,510	0,490
نحاس أصفر	0,074	0,065



التجربة العاشرة

قياس الخطوط الطيفية لغاز حامل 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

<ul style="list-style-type: none"> • Adjusting the prism spectrometer • Calibrating the prism spectrometer with an He-lamp. • Measuring an "unknown" line spectrum. • Calculation of prism refractive index and spectral lines energy. 	<ul style="list-style-type: none"> • ضبط الموشور الطيفي. • معايرة الموشور الطيفي مع المنبع الضوئي لضوء الهليوم. • حساب قرينة انكسار الموشور و طاقة الخطوط الطيفية .
--	--

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).

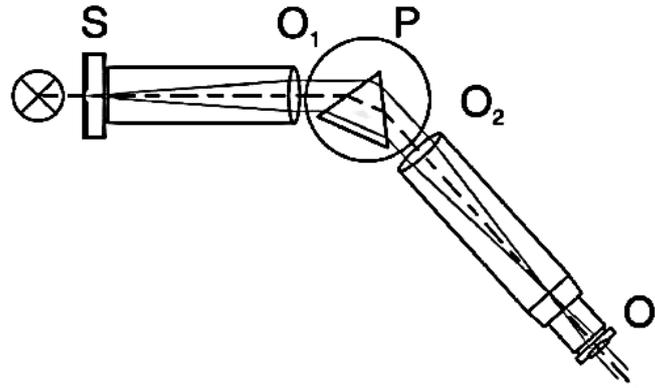
ستصدر المادة طيف خطي بأطوال موجية، التي تكون متعلقة بطبيعة وخصائص السويات الطاقية للمادة، بقياس هذه الأطوال الموجية، يمكننا أن نخلص إلى استنتاجات حول طبيعة المادة. يمكننا استخدام الموشور لفصل الأطياف الخطية، إن الأطوال الموجية تتعلق بقرينة انكسار الموشور n (المصنوع من مادة زجاج فلينت – flint glass) في 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 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 بزوايا 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.



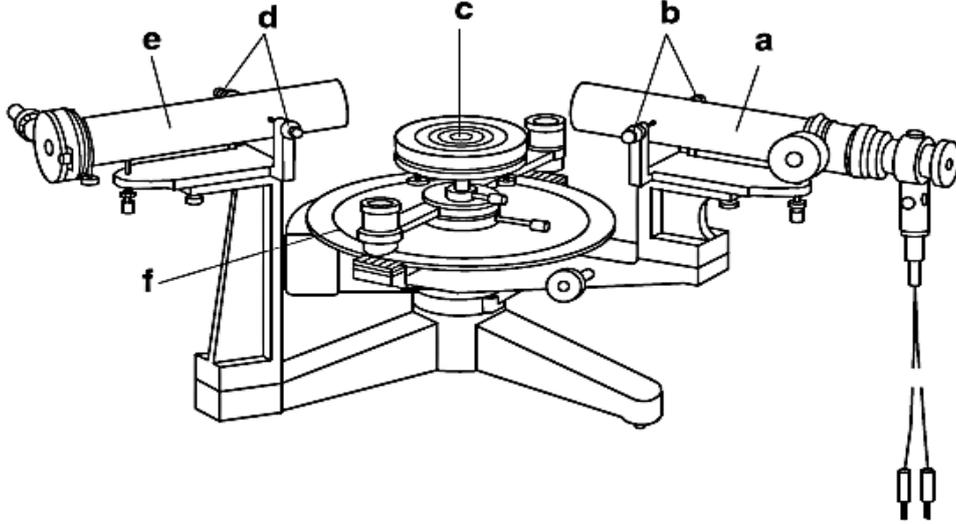
الشكل (1): مسار الشعاع الضوئي في الموشور الطيفي.

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، لتتمكن 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.

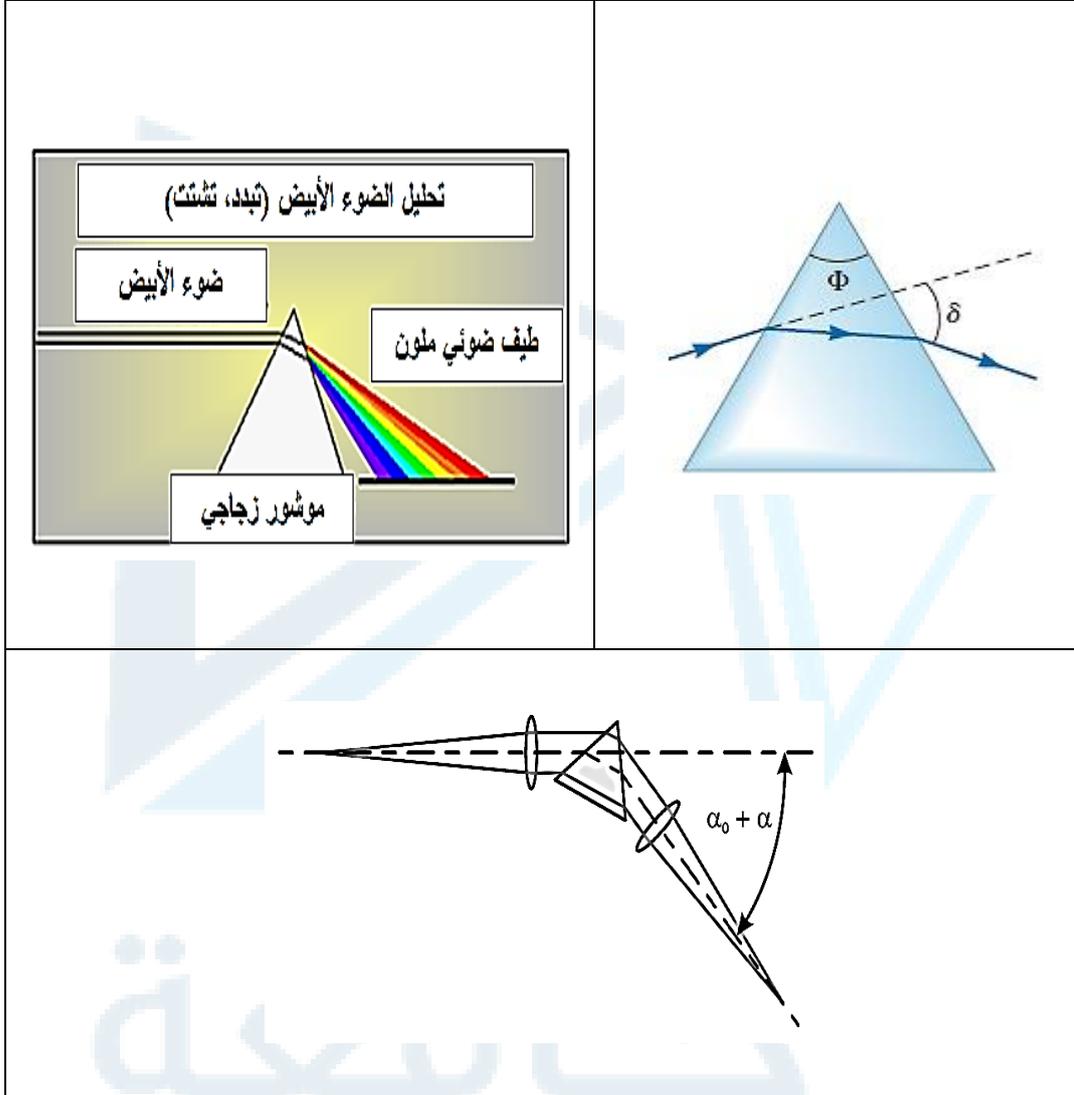


الشكل (2): المحلل الطيفي.

(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 وردت حزمة متوازية من ضوء مركب على أحد وجهي موشور ثلاثي كما هو موضح في الشكل (3)، برزت منه حزمة ضوئية تنحرف أشعتها بزوايا إنحراف مختلفة δ ، 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.

تُعطى قرينة انكسار الموشور بدلالة زاوية الانحراف δ بالعلاقة التالية:

$$n_{\lambda} = \frac{\sin\left(\frac{\Phi + \delta}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\Phi}{2}\right)}$$

حيث أن:

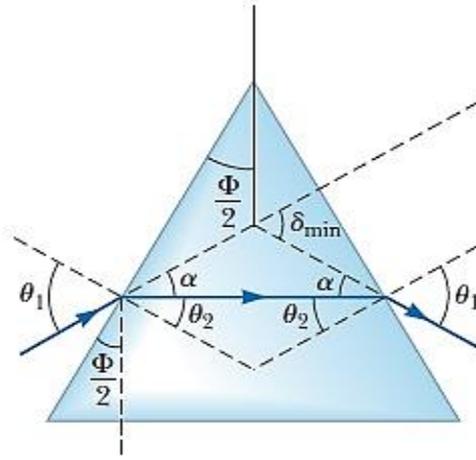
δ : زاوية الانحراف.

Φ : زاوية رأس الموشور.

حالة خاصة:

إذا ورود شعاع ضوئي على الوجه الأول للموشور بزاوية ورود θ_1 تساوي زاوية بروز الشعاع الضوئي من الموشو كما هو مبين في الشكل (4) يتحقق عندئذٍ مايلي:

- 1- يكون مسار الشعاع الضوئي المنكسر داخل الموشور موازي لقاعدة الموشور.
- 2- يطلق على زاوية الانحراف δ عندئذٍ بزاوية الانحراف الأصغري δ_m أي $\delta = \delta_m$.



الشكل (4): يوضح مخطط تعيين وتحديد زاوية الانحراف الأصغري δ_m تجريبياً، بحيث تم اختيار طول

$$\lambda = 706,5 \text{ nm} \text{ موجة اللون الأحمر}$$

موافقاً للزاوية صفر $\alpha = 0,00^\circ$ ، أي الزاوية المرجعية، وانطلاقاً منها تُحسب بقية الزوايا الانحراف للألوان الأخرى.

4- الأجهزة والأدوات: (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 كاديوم 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) 230 فولت و50 هرتز.
1 Transformer 6V AC, 12V AC.	1 محول 6V/12V.
1 stand base, small, V shape .	1 قاعدة حاملة صغيرة على شكل حرف V.

5- خطوات العمل وتنفيذ التجربة: Carrying out the experiment

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



الشكل (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 التصلب الموجود على المنظار مطابقاً 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 الانحراف 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 التصلب الموجود في المنظار على اللون الأحمر $\lambda = 706,5 \text{ nm}$ (الأحمر الفاتح).

(e) اقرأ من المنقلة المدرجة زاوية انحراف الشعاع الضوئي عبر الموشور (α) لكل لون علماً أن الزاوية (α_0) معطاة ضمن الجدول تمثل زاوية انكسار الشعاع الضوئي (حسب لونه) داخل الموشور .

(f) احسب زاوية الانحراف الأصغري δ_m لكل لون باستخدام العلاقة الآتية:

$$(\delta_m = \alpha + \alpha_0)$$

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

جدول رقم (1)

اللون Color	$\lambda(nm)$	α_0°	α	δ°	n_λ	\bar{n}_λ	$E = \frac{hc}{\lambda} (J)$	$E = \frac{hc}{\lambda} (eV)$
الأحمر	706,5	0.00°						
الأحمر	667,8	0.20°						
الأصفر	587,6	0.76°						
الأخضر	501,6	1.73°						
الأخضر	492,2	1.88°						
الأزرق	471,3	2.23°						
بنفسجي	447,1	2.73°						

10- احسب طاقة كل شعاع ضوئي E إذا علمت أن ثابت بلانك $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ j. s}$ ، وأن ثابت سرعة الضوء في الخلاء $c = 3 \times 10^8 \text{ m. s}^{-1}$. (وضح آلية حساب قيمة واحدة فقط).

