

## تجارب في الفيزياء /1/



لطلاب السنة الأولى – هندسة المعلوماتية

د. أيهم دلا م. علي إسماعيل أ. غادة جبور أ. ديانا قوجه م. ماريارسلان

2022 – 2023 م

## الفهرس

الصفحة	اسم التجربة	رقم التجربة
2	استخدام أدوات القياس The use of measuring tools	1
12	انعكاس الضوء على المرايا المستوية والمنحنية Study of Reflection of Light at Straight and curved mirrors	2
19	جمع وتحليل القوى Composition and decomposition of forces	3
25	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)	4
30	تجربة راسم الأشعة المهبطي Oscilloscope experiment	5
35	مبدأ الصدى الصوتي (السونار) (حساب سرعة الصوت) Principle of an echo sounder	6
39	تحديد البعد المحرقي للعدسات المقربة باستخدام طريقة بيسيل Determining the focal lengths at collecting (convergent) lenses using Bessel's method	7
43	قياس مقاومة مجهولة بوساطة جسر واطسطن Determining a Resistor by Wheatstone bridge	8
48	التحقق من صحة قانون أوم Verifying Ohm's law	9

## 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:

<p>_ Using both the varnier caliper and the micrometer caliper to measure the small dimensions of different objects.</p>	<p>_ استخدام كلا من القدم القنوية (varnier caliper) و الدوارة اللولبية (micrometer caliper) لقياس الأبعاد الصغيرة لأجسام مختلفة.</p>
--	--

#### 2- المبدأ النظري: Principles

تُستخدم 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).

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

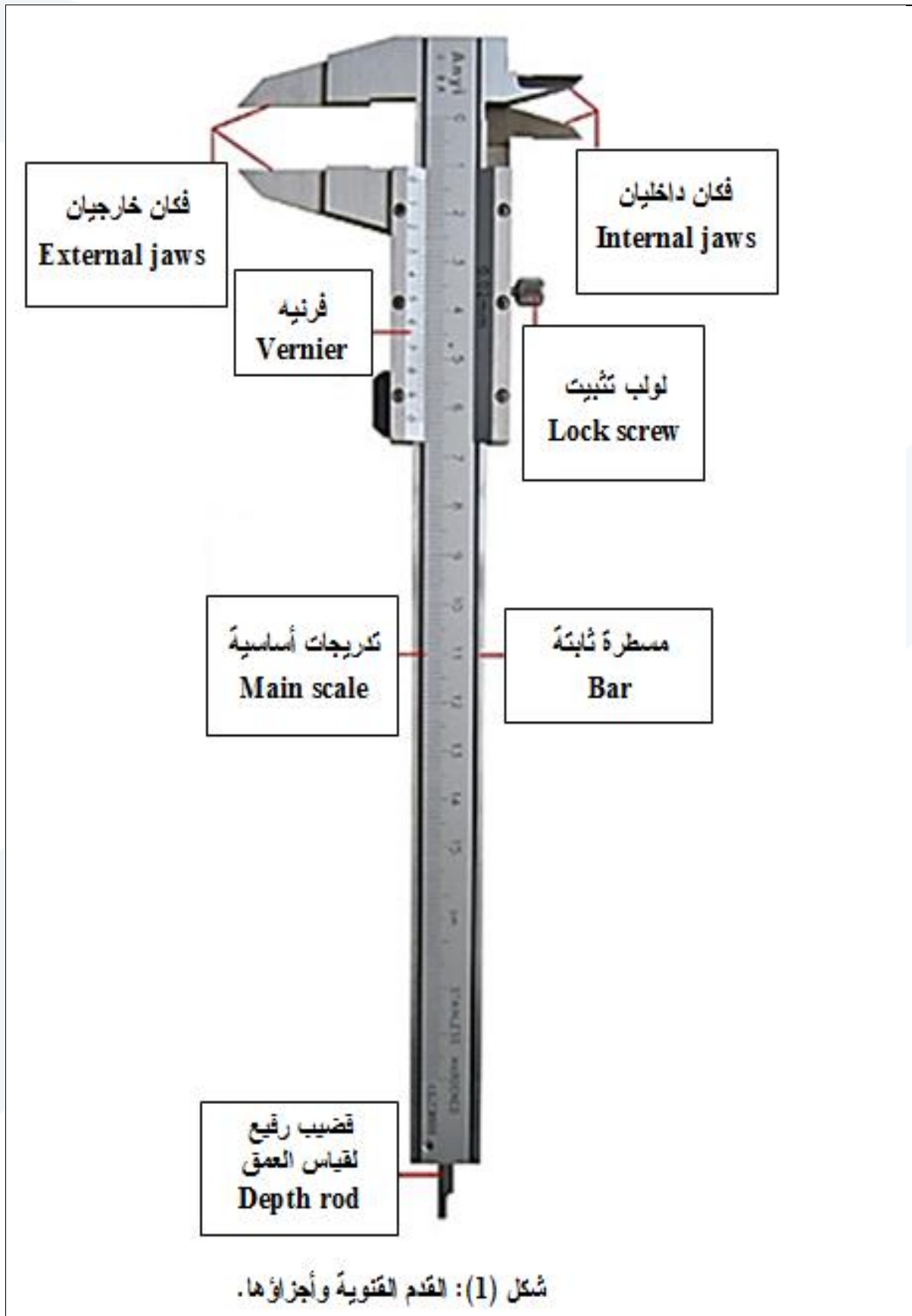
#### أولاً - القدم القنوية

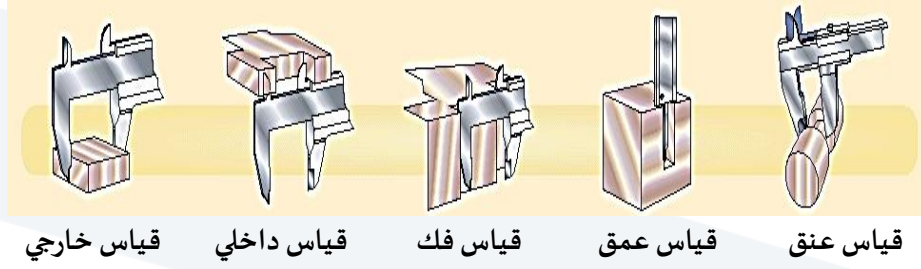
##### 1- تعريفها:

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

##### 2- تركيبها:

تتألف كما هو مبين في الشكل (1) من مسطرة معدنية ثابتة مدرجة بالمليمترات أو أنصاف المليمترات. ينتهي أحد طرفيها بمسند مؤلف من فك وسيف يقابلهما فك وسيف مثبتان على 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. والفرنیه جزء من القدم القنوية وهي عبارة عن مسطرة إضافية متحركة تنزلق على المسطرة الثابتة، وتتميز عنها باختلاف تقسيماتها. يوضح الشكل (2) استخدامات مختلفة للقدم القنوية.





شكل (2): استخدامات مختلفة للقدم القنوية.

### 3- دقتها:

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

- الدقة (1/10): أي أن دقة القدم القنوية تساوي (1/10mm) أو (0,1mm).

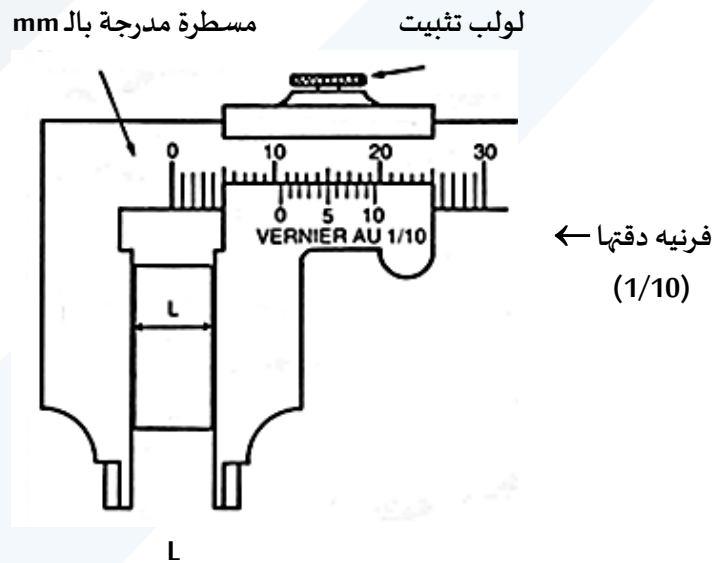
- الدقة (1/20): أي أن دقة القدم القنوية تساوي (1/20mm) أو (0,05mm).

- الدقة (1/50): أي أن دقة القدم القنوية تساوي (1/50) من المليمتر، أي (0,02mm).

وغالباً ما تكون القدم قنوية مدرجة بالمليمترات أو بالإنش، ويجب الانتباه إلى اختيار الوحدة بشكل صحيح، علماً أن  $(1inch = 2,54cm)$ .

### 4- طريقة استخدامها:

لقياس طول جسم ما نجعل نهايته الأولى بمحاذاة صفر المسطرة الثابتة ونزلق المسطرة المتحركة حتى يصبح صفر الفرنيه محاذياً 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 (4).



القطعة المراد قياس طولها

شكل (4): قياس طول جسم L.

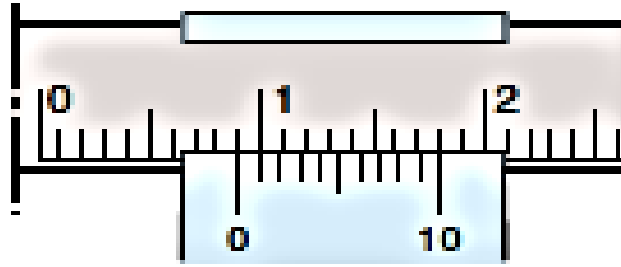
ونمّيز هنا حالتين:

**الحالة الأولى:**

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

**مثال: (فرنیه دقتها 1/10)**

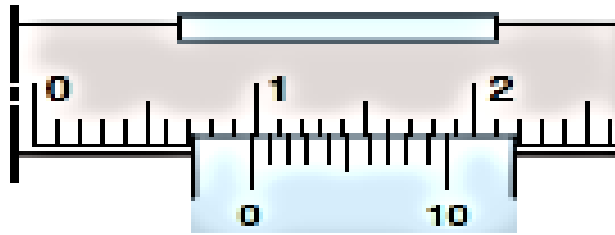
يبين الشكل (5) فرنیه ذات دقة (1/10) حيث نلاحظ أن صفر الفرنيه يقابل تماماً التدريج (9) على المسطرة الثابتة، أي أن طول الجسم يساوي 9 تدريجات، هذا يعني (9mm).



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

**الحالة الثانية:**

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



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

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

**مثال: (فرنیه دقتها 1/10)**

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

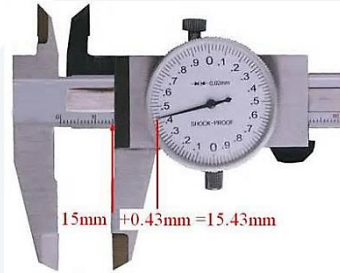
1- نقرأ القيمة الصحيحة التامة مقدرة بالمليمتر قبل صفر الفرنيه، فهي تساوي (9mm).

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

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

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

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



قدم قنوية ذات قرص مدرج



قدم قنوية رقمية Digital

شكل (7): نماذج للقدم القنوية.

### ثانياً – الدوّارة اللولبية:

#### 1- تعريفها:

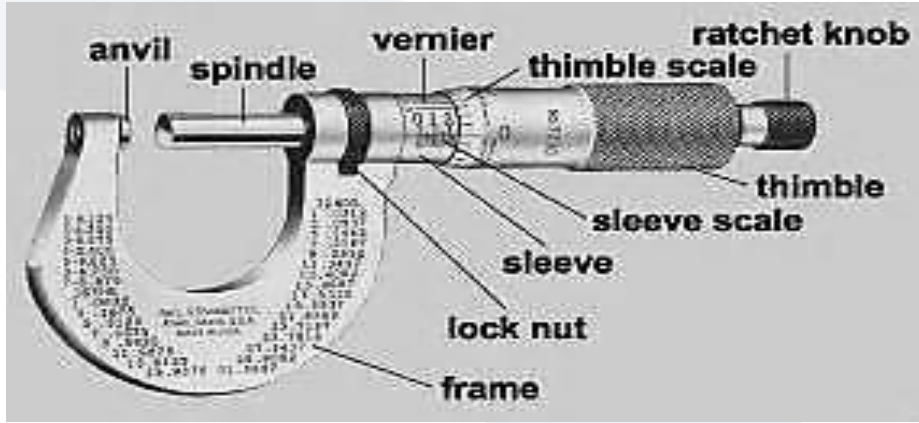
هي أداة تُستخدم لقياس أقطار الأسلاك وهي أدق من القدم القنوية.

#### 2- تركيبها:

تتألف كما هو مبين في الشكل (9) من قطعة معدنية على شكل حرف U في إحدى طرفيها صامولة ثابتة يدور فيها بسهولة لولب ينتهي بأنبوب معدني قصير ومن ثم بقبضة محددة من طرفها العلوي ومقسّمة في الحالة العامة إلى n تدريجاً



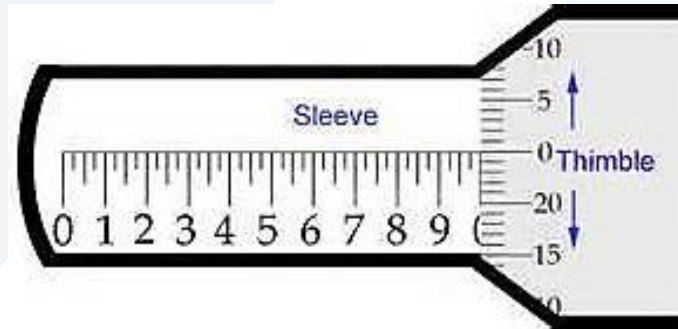
متساوياً، وفي الطرف الآخر مسند يقابل رأس اللولب، أي رأس محور الدوران. كما يوجد على طول الأنبوب المعدني مسطرة L مدرجة بأنصاف المليمتر، ومن ثم فرنيه.



شكل (9): دارة لولبية.

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

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



شكل (10): يوضح تدريجات الأسطوانة وتدرجات المسطرة.

إذا قُسمت الأسطوانة (Thimble) إلى 50 تدريجاً ( $n_1 = 50$ ) وكانت كل دورة من دوراتها تعادل نصف مليمتر (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 الدائرة اللولبية.



وعندما يتم حصر الجسم بين المسند والمحور يُقرأ التدرج المكشوف من المسطرة الثابتة (Sleeve) وليكن مثلاً (خمس تدرجات  $a = 5$  من أصغر تدرجة 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 تدرجة ( $n_1 = 50$ ) وكانت كل دورة من دوراتها تعادل نصف ميليمتر (0,5mm) على المسطرة الثابتة، الأشكال (11) و (12)، فعندئذٍ يمكن حساب ثخن الجسم من العلاقة التالية:

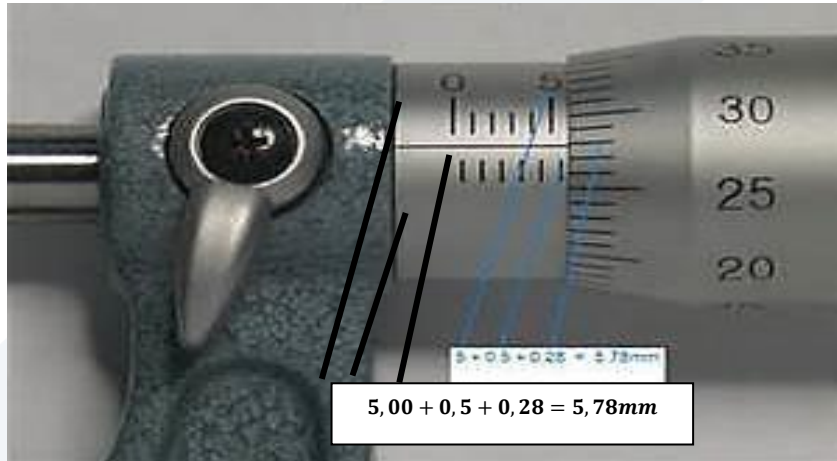
$$L = a + m \times \frac{1}{n}$$

حيث أن:

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

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

ومنه نجد:



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

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

### 3 – الأجهزة والأدوات: Apparatus

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

ملاحظة:

إذا كانت نتيجة الحسابات تُشير إلى أن للخطأ المطلق قيمة أصغر من نصف أصغر تدرج يمكن قراءته بواسطة القدم القنوية، عندئذٍ 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 عدة، 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 الصالحة التامة الموجودة على يسار صفر الفرنيه، ويرمز لها بـ  $a$ .
  - (e) أبحث على الفرنيه عن أول تدريجة والتي تحاذي تماماً إحدى تدريجات المسطرة.
  - (f) عدّ عدد التدريجات الموجودة بين صفر الفرنيه والتدريجة التي تحاذي إحدى تدريجات المسطرة الثابتة ويرمز لها بـ  $m$ . ثمّ نضرب عدد هذه التدريجات أي  $m$  بـ  $(\frac{1}{n} = \frac{1}{20} = 0.05mm)$ ، فهذا يعطينا الجزء من المليمتر.
- 3- عوض قيمة المقادير السابقة في العلاقة  $X = a + m \frac{1}{n}$  حيث  $L = 2r$ ، سجل قيمة القياس مقدرة بالمليمتر.
- 4- أحسب الأخطاء المرتكبة في حساب نصف القطر الأسطوانة  $r$ ، بطريقة المتوسط الحسابي، ثم رتب نتائج جميع القياسات في الجدول المرفق.
- 5- أحسب مساحة قاعدة الأسطوانة  $S = \pi \bar{r}^2$ .
- 6- قس ارتفاع الأسطوانة الخشبية  $h$ ، ثم أحسب حجم الأسطوانة  $V = S \cdot h$ .
- 7- أحسب الأخطاء المرتكبة في عملية قياس الحجم بالطريقة اللوغاريتمية.

### ثانياً: الدائرة اللولبية:

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

## تنفيذ التجربة وآلية كتابة النتائج

### أولاً – القدم القنوية:

- 1- حساب القطر الخارجي للأسطوانة الخشبية  $2r$  مرتين، ومن ثم تعيين نصف القطر  $r$  في كل مرة:
- 2- حساب الأخطاء المرتكبة في عملية قياس نصف القطر  $r$  بطريقة المتوسط الحسابي:
  - (a) يجب أولاً حساب  $\bar{r}$  أي المتوسط الحسابي لقيمة  $r$ .

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

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

الخطأ المطلق المرتكب في أول عملية قياس  $\Delta r_1$ .

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

و الخطأ المطلق المرتكب في ثاني عملية قياس  $\Delta r_2$ .

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

(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:

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

رتب النتائج في الجدول التالي:

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

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

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

5- حساب ارتفاع الأسطوانة الخشبية  $h$ .

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

$V$  حساب الأخطاء 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:

$$\begin{aligned} \log V &= \log(\pi) + \log(r^2) + \log(h) \\ \log V &= \log(\pi) + 2\log(r) + \log(h) \end{aligned}$$

(d) نفاضل طرفي العلاقة:

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

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

(e) عندما تنتقل من التفاضل  $d$  إلى التغير  $\Delta$ . 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 كمايلي:

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

(g) القيمة الحقيقية:

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

ثانياً: الدائرة اللولبية:

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

2- حساب مساحة الكرة.

3- حساب حجم الكرة.

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

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

#### 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  $\alpha$  (الزاوية بين الشعاع الوارد والناظم على السطح في نقطة الورود) وزاوية الانعكاس  $\beta$  (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:

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

(Angle of Incidence):  $\alpha$

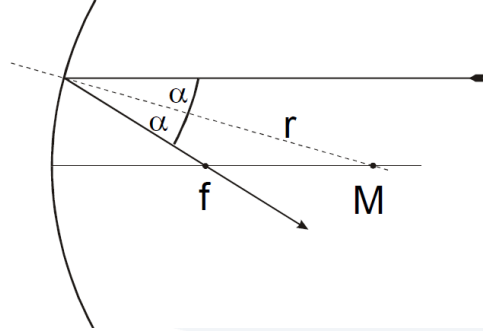
(Angle of reflection):  $\beta$

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 المحرقي (المحرق).

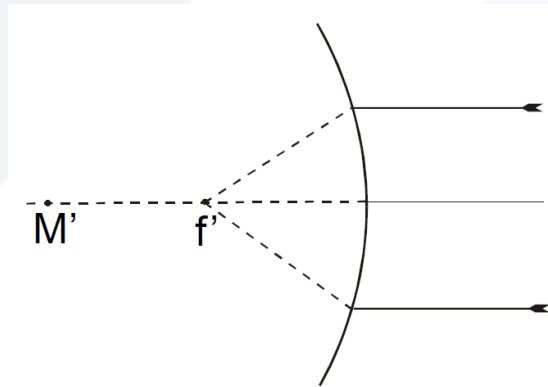
Figure (1): Reflection at a concave mirror,  $r$  radius of curvature,  $M$  center of curvature,  $f$  focal length.

إن الأشعة غير القريبة من المحور الرئيسي لن تجميع إلى المحرق (لا تمر في المحرق)، وإنما ستكون صورة منتشرة. وهذه الأشعة ستتقاطع 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 وهمي يبعد عن طرف المرآة مسافة تساوي البعد المحرقي 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).



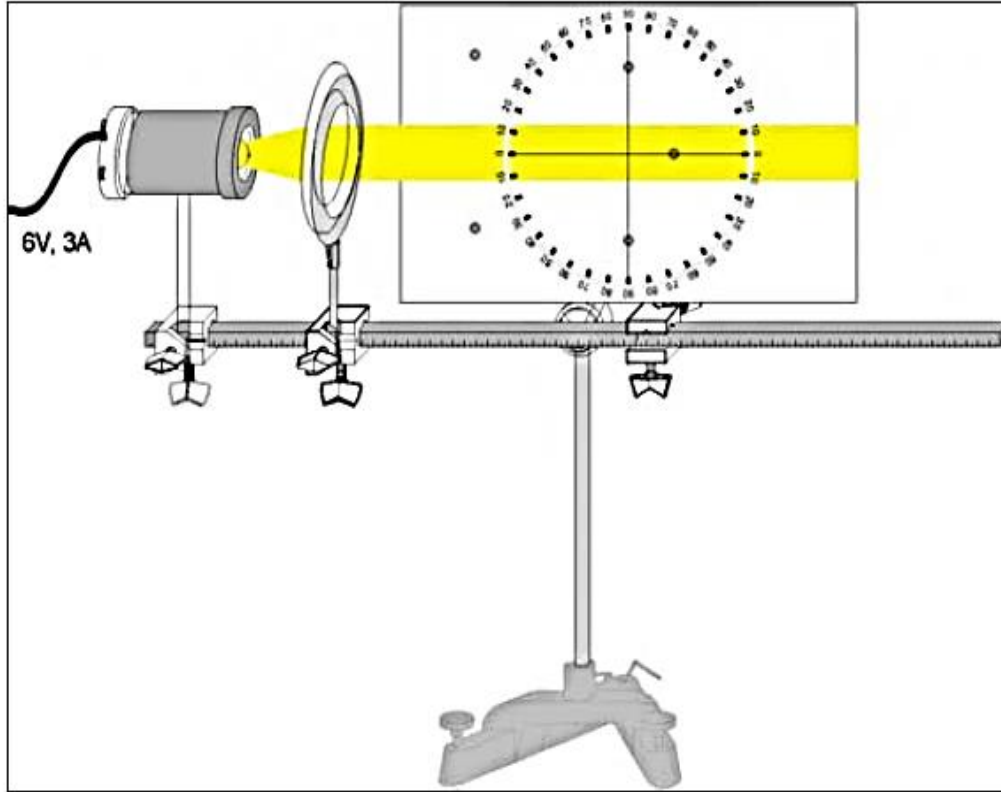
الشكل (2): انعكاس الأشعة على مرآة محدبة:  $r$  نصف قطر الانحناء،  $f'$  البعد المحرقي الظاهري،  $M' = 2f'$  مركز التقعر.

Figure (1): 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 الانعكاس يمكن أن يُدرس باستخدام الضوء المرئي باستخدام قرص ضوئي ذو خلفية بيضاء، حيث يمكن تثبيت مختلف أنواع المرايا على هذا القرص الضوئي.

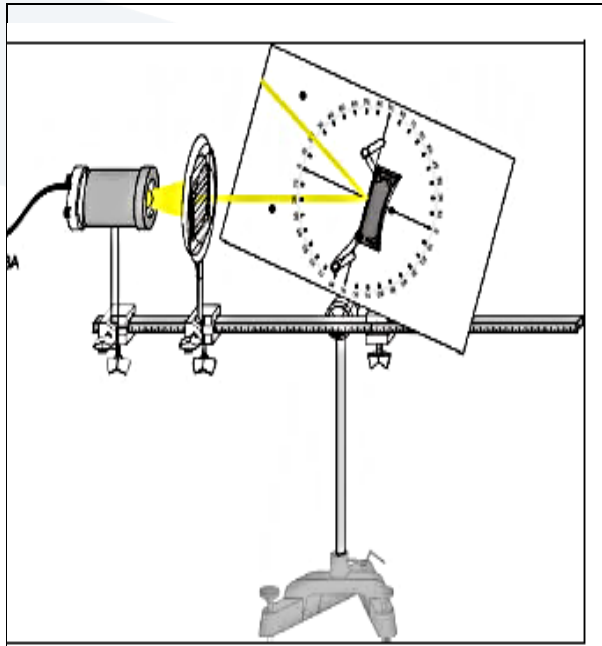
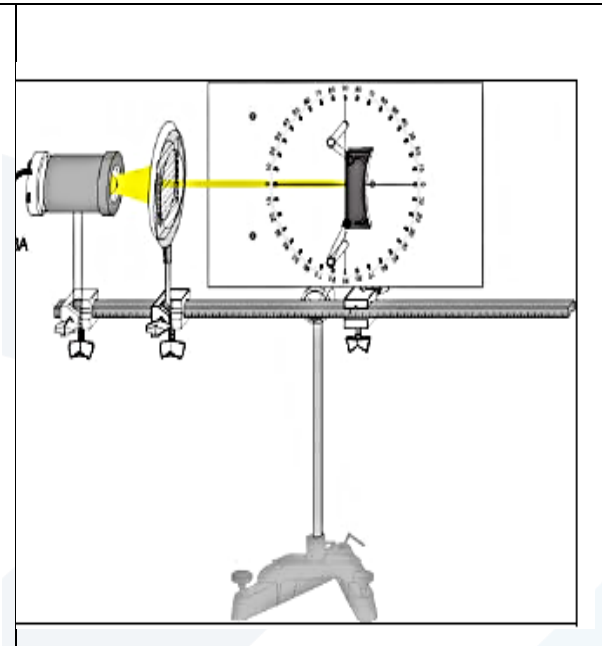
يتم إعداد المنبع الضوئي بوجود عدسة مجمعة ببعد محراقي (بدون وجود حاجز أو صفيحة بخمسة شقوق) وقرص مركب على قاعدة ضوئية كما هو موضح في الشكل (3).  
نُشغل إضاءة المنبع الضوئي (6V) لمعايرة الإضاءة على القرص الضوئي بشكل أفقي.  
نقوم بمعايرة المسافة بين المنبع الضوئي والعدسات لتصبح الأشعة متوازية على القرص الضوئي، وذلك لتساعدنا على اختيار المسافة بين القرص الضوئي والعدسة حيث بالإمكان تدوير القرص الضوئي كما هو موضح في الشكل (5).

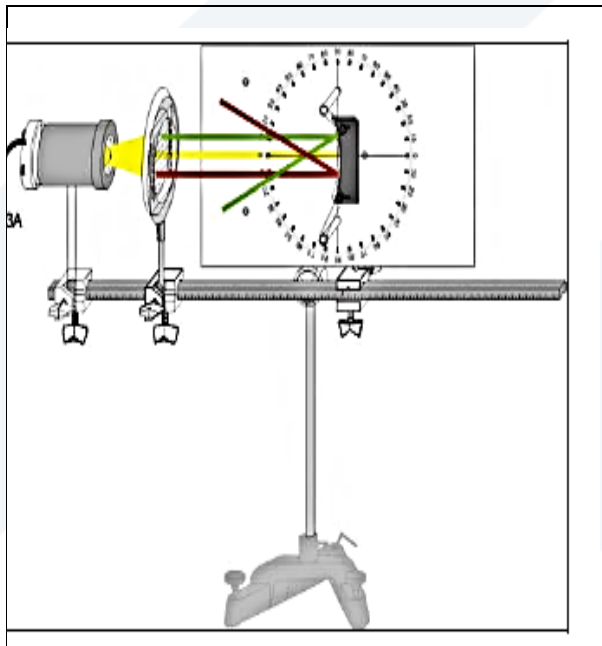
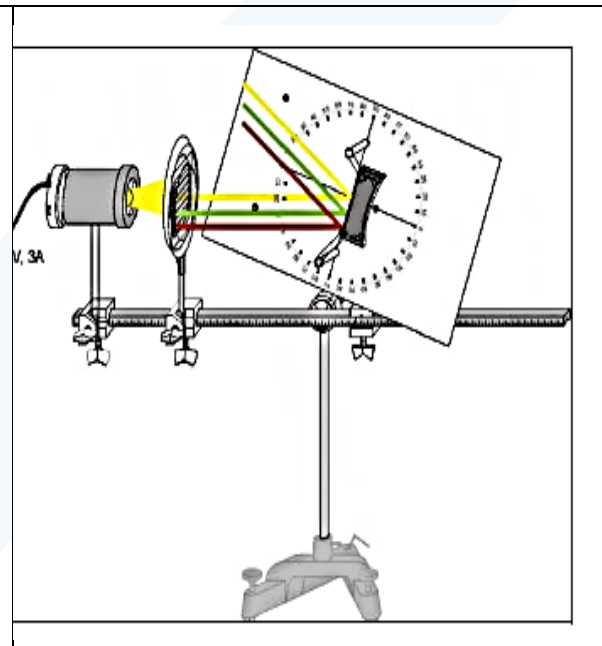


الشكل (3): إعداد تجربة انعكاس الشعاع الضوئي لمرآة على قرص ضوئي.

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

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

نفس الشروط الهندسية من أجل 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 المحرق السلي كما هو معطى بالعلاقة رقم (3).

يمكن تعيين البعد المحرق 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 المحرق (+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 الورد وزاوية الانعكاس، ماذا تستنتج؟
- 3- حرك الدائرة الموجودة عليها المرآة وراقب تغير الزوايا، وخذ عدة قيم لزوايا الورد والانعكاس، كما هو موضح في الشكل (5). ضع قيم الزوايا في الجدول المرفق، ماذا تستنتج؟

$\alpha$	زاوية الورد بالدرجة				
$\beta$	زاوية الانعكاس بالدرجة				

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

- 1- أسقط ثلاث أشعة ضوئية على المرآة المقعرة، كما هو موضح في الشكل (7)، ماذا تلاحظ؟ ناقش واحسب كل من البعد المحرق (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):

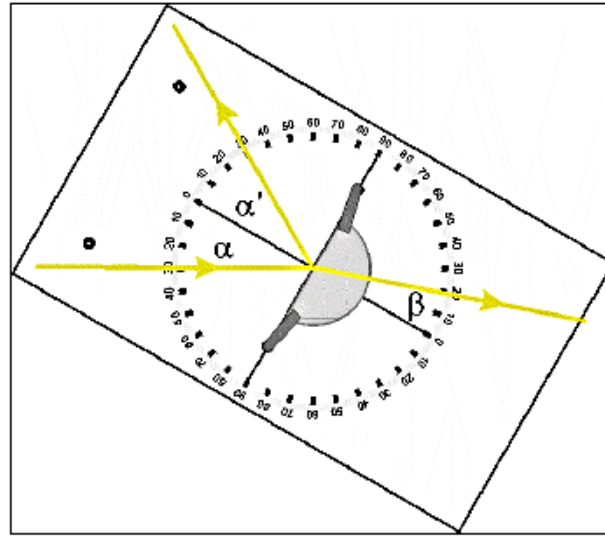


Fig. 1: Schematic representation of refraction and reflection of a light beam at a object with a plane surface (see equation (1)).

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

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

- 1- أسقط شعاع ضوئي منطبق تماماً على المحور الضوئي للوسط الشفاف، لاحظ مسار الشعاع الضوئي، وسجل عندئذ قيمة كل من زاوية الورد  $\alpha$ ، زاوية الانعكاس  $\alpha'$ ، وزاوية الانكسار  $\beta$ ، 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:

$\alpha$ : زاوية ورود الشعاع الضوئي على سطح الوسط الشفاف.

$\beta$ : زاوية الانكسار داخل الوسط الشفاف.

$\alpha'$ : زاوية الانعكاس.

$n_1$ : قرينة الانكسار المطلقة للوسط الأول والهواء وتساوي الواحد.

$n_2$ : قرينة الانكسار المطلقة للوسط الثاني أي الوسط الشفاف.

$n_{21}$ : قرينة الانكسار النسبية، والتي تمثل قرينة أنكسار الوسط الثاني (وسط الانكسار) بالنسبة إلى قرينة أنكسار الوسط الأول (وسط الورود).

$\alpha^\circ$	$\alpha'^\circ$	$\beta^\circ$	$\sin \alpha$	$\sin \beta$	$n = n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$	$\bar{n}$
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 الانكسار  $\beta_c$  المقابلة لزاوية ورود  $90^\circ$ ، ماذا تسمى  $\beta_c$ ؟
- 7- استنتج قيمة الزاوية الحرجة  $\beta_c$  من العلاقة (4)، ماذا تلاحظ؟
- 8- عرف قرينة الانكسار المطلقة، ثم عرف قرينة الانكسار النسبية، عيّر عنها بالعلاقات الرياضية المناسبة.
- 9- بين فيما إذا كان الشعاع الضوئي المنكسر في الوسط الشفاف يقترب من الناظم أم يبتعد ولماذا؟

## جمع وتحليل القوى

### Composition and decomposition of forces

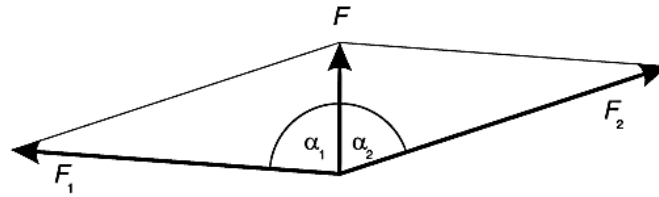
#### 1- أهداف التجربة: Objects of the Experiment

<p>-Composition of two non-parallel forces <math>\vec{F}_1</math> and <math>\vec{F}_2</math> acting on a point to form a force <math>\vec{F}</math>.</p> <p>-Resolution of a force <math>\vec{F}</math> acting on a point into two non-parallel forces <math>\vec{F}_1</math> and <math>\vec{F}_2</math>.</p> <p>-Determining the absolute values of the component forces as a function of their directions.</p>	<p>- جمع قوتين <math>\vec{F}_1</math> و <math>\vec{F}_2</math> غير متوازيتين مُطبقتين في نقطة بقوة وحيدة <math>\vec{F}</math>.</p> <p>- تحليل قوة <math>\vec{F}</math> إلى قوتين <math>\vec{F}_1</math> و <math>\vec{F}_2</math> غير متوازيتين مُطبقتين في نقطة.</p> <p>- تحديد قيمة القوى الجزئية بتابعية اتجاهها.</p>
--	---

#### 2- مفاهيم أساسية: Principles

يمكن استناداً للوحة مغناطيسية البرهان على أن القوة هي مقدار شعاعي. نُحدد 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 بدِيناموتر يُشكلان زاويتين  $\alpha_1$  و  $\alpha_2$  مع الشاقول. إن قيمتي القوتين  $F_1$  و  $F_2$  الجزئيتين تُحددان بتابعية الزاويتين  $\alpha_1$  و  $\alpha_2$ ، 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 المُشكل من القوتين، والذي يُعتبر الأساس في جمع الأشعة، ومن ثمَّ نقوم بالتحقق من صحة العلاقة (3)، من أجل المركبة الشعاعية العمودية

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

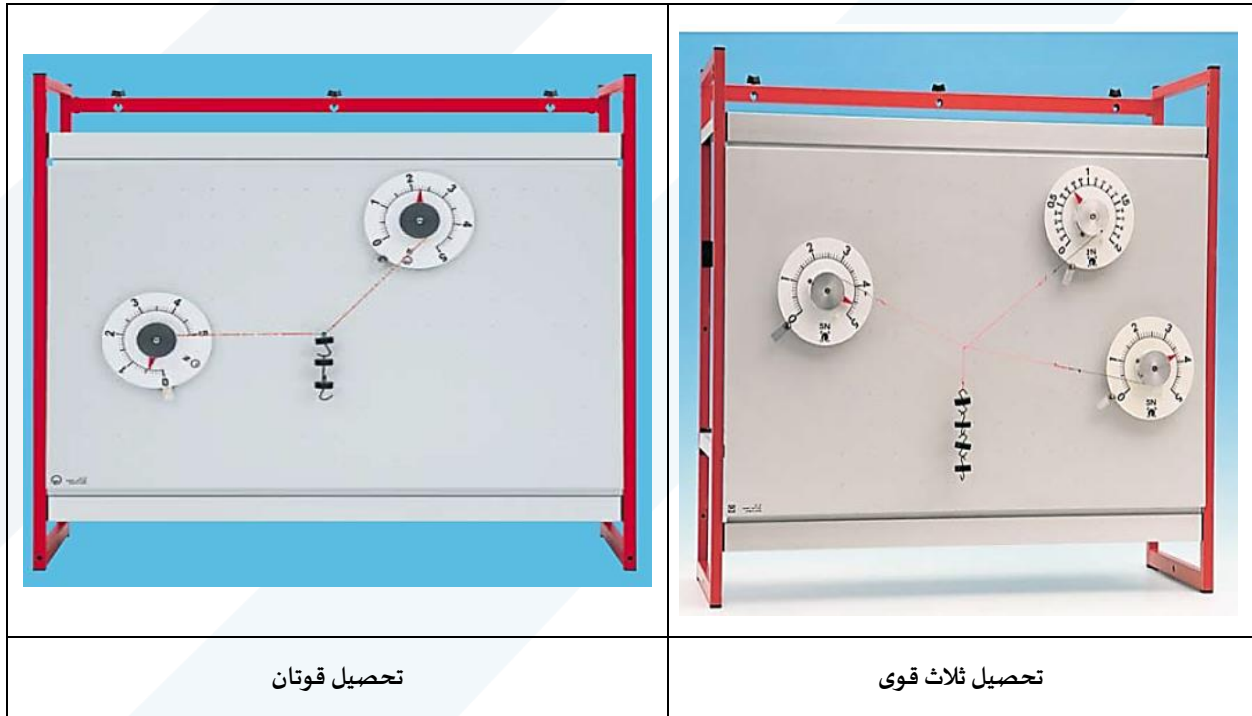
ومن العلاقة (4)، من أجل المركبة الأفقية.

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

### 3- الأجهزة والأدوات

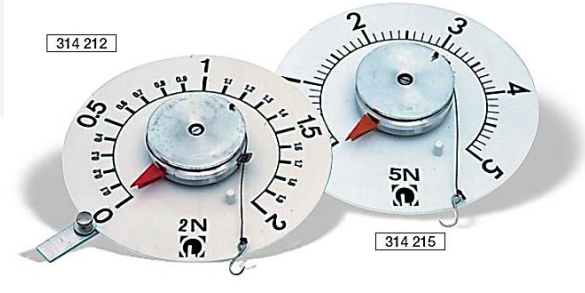
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adhesive magnetic board.</li> <li>- Round dynamometers (2-5) N.</li> <li>- Magnetic base with hook.</li> <li>- Set of weight, 50 g each.</li> <li>- Disc to determine the angles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• لوحة تثبيت مغناطيسية.</li> <li>•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

يبين الشكل (2) لوحات تثبيت المغناطيسية.



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 (3) بعض الكتل بأشكال مختلفة، وحوامل للكتل.



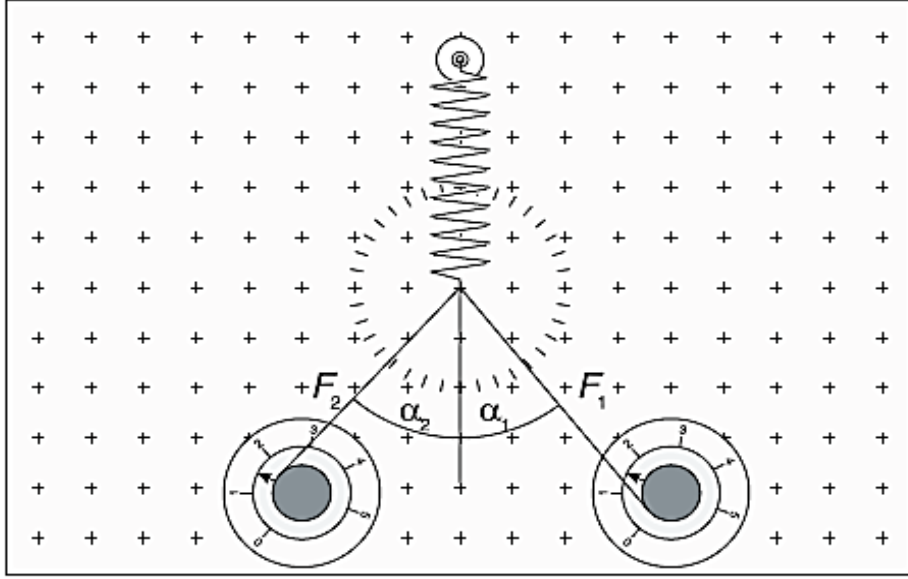
شكل (4): كتل مختلفة وحوامل الكتل.

#### 4 - خطوات العمل Carrying out the experiment

أولاً: جمع القوى:

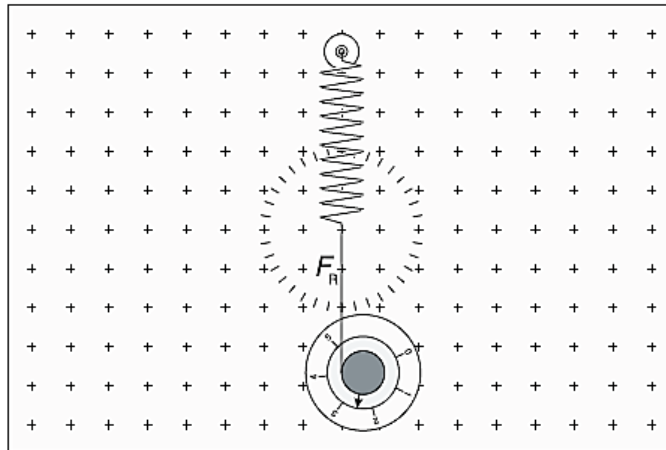
(a) يبين الشكل (5) المونتاج المستخدم لجمع قوتين  $\vec{F}_1$  و  $\vec{F}_2$ .





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

- (b) ثبت النابض والدينامومترين 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  $\alpha_1$  و  $\alpha_2$  المشكلتين بين خيطي الدينامومترين والشاقول، انظر الشكل (5).
- (e) باستخدام العلاقة (3) أحسب محصلة هاتين القوتين  $F_R$ .
- (f) افصل أحد الديناموترين عن الآخر، وبوساطة الديناموتر الآخر شد النابض الشاقولي نحو الأسفل حتى منتصف القرص الدائري، انظر الشكل (6).



الشكل (6): تحديد قيمة القوة المحصلة  $F_R$ .

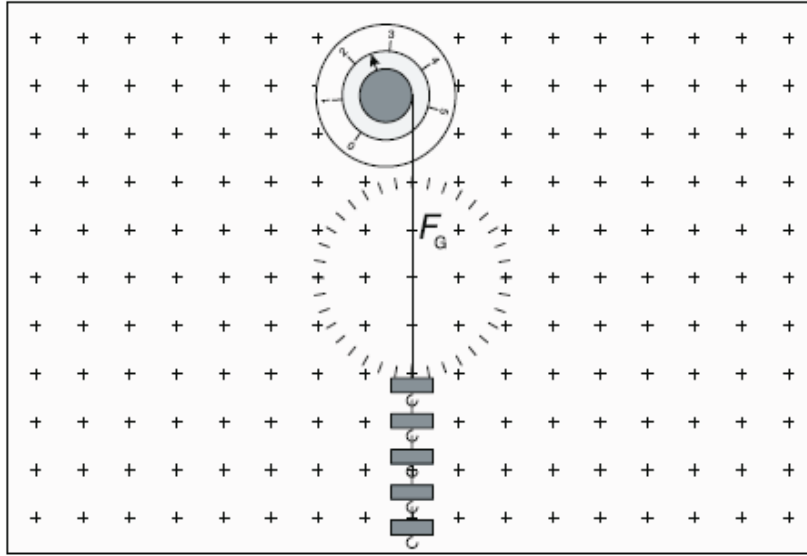
(g) سجل قيمة القوة  $F_R$  التي يشير إليها الدينامومتر، ومن ثم قارن قيمتها مع القيمة التي حصلت عليها في الطلب (e)، وماذا تستنتج؟

(h) أعد التجربة مع قيم مختلفة لكل من  $\alpha_1$  و  $\alpha_2$ ، 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 دينامومتريين، وذلك بطريقة المتوسط الحسابي.

### ثانياً: تحليل القوى:

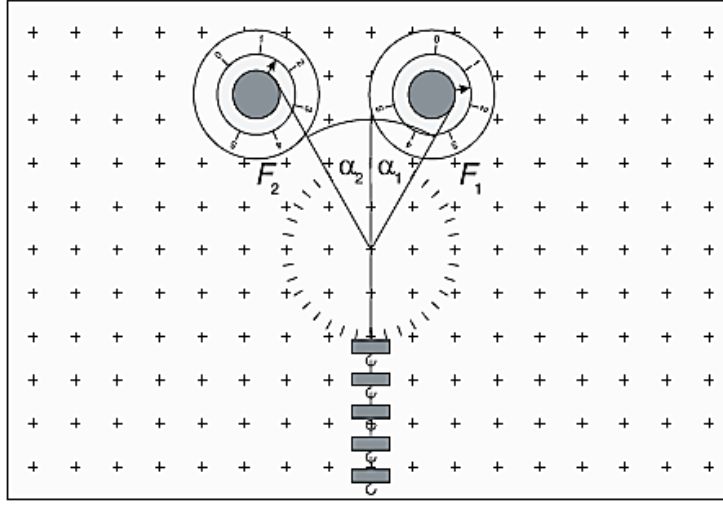
(a) ثبت دينامومتر دائري على اللوحة المغناطيسية، ومن ثم علق بخيط الدينامومتر خمس كتل معدنية كما هو موضح في الشكل (7).



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 دينامومتريين 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 الدينامومترين 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 الدينامومترين  $F_1$  و  $F_2$ ، وكذلك قيمتا الزاويتين  $\alpha_1$  و  $\alpha_2$  المشكلتين بين خيطي الدينامومترين 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  $\alpha_1$  و  $\alpha_2$ ، و  $F_1$  و  $F_2$ .

(ا) أحسب الأخطاء المرتكبة في عملية تحليل قوة  $F_G$  إلى قوتين المقاسة باستخدام دينامومترين، وذلك بطريقة المتوسط الحسابي.

ثالثاً: وظيفة، حساب الأخطاء المرتكبة في عملية تحليل قوة إلى قوتين باستخدام دينامومترين، وذلك بطريقة المتوسط الحسابي:

## التجربة الرابعة.

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

### 2- المبدأ النظري (مفاهيم أساسية): Principles

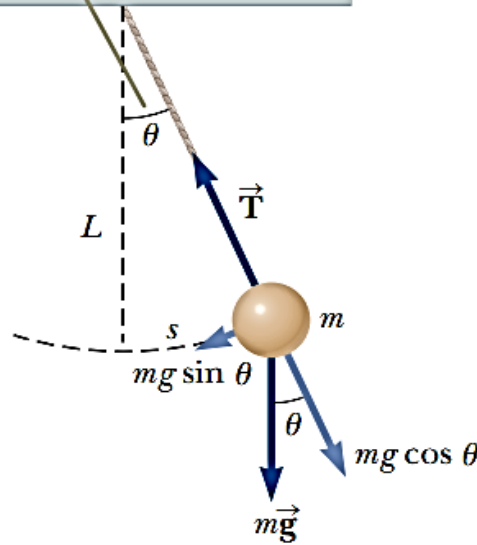
إن النواس، بشكل عام، هو عبارة عن جسم صلب قابل للنوسان حول محور لا يمر من مركز ثقله، وغالباً ما يُعتبر هذا المحور أفقياً.

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  $\theta$  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  $\theta$  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 النواس  $\theta$ : تدعى سعة النوسان بالزاوية  $\theta$  وهي أكبر زاوية يصنعها خيط النواس مع الشاقول المار من نقطة التعليق أثناء نوسانه، أي عند قيامه بحركة اهتزازية توافقية.

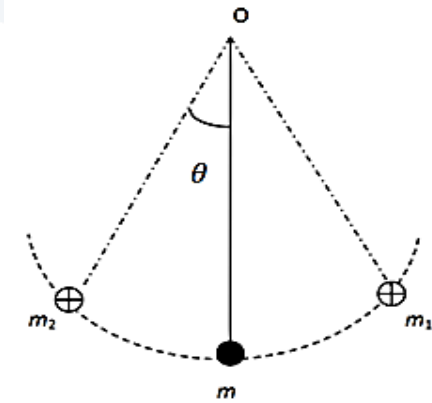
دور النواس  $T$ : هو المدة الزمنية اللازمة ليقوم النواس بنوسة كاملة. النواسة الكاملة: هي الحركة التي تنجزها كرة النواس عندما تبدأ الحركة من نقطة معينة، ومن ثم تعود إلى التي انطلقت منها بنفس الجهة التي انطلقت بها في بداية الحركة.

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 كرتة على خط الشاقول نفسه (الوضعية  $Om$ ) نقول إن النواس ساكن. أما إذا حرفنا خيط النواس عن وضعية التوازن (السكون) السابقة، بحيث يصنع زاوية  $\theta$  مع خط

الشاقول  $om$  ويقوم بحركة اهتزازية توافقية (جيبية)، وتهتز كرتة ما بين الوضعتين  $m_1$  أو نقطتين  $m_2$  و  $m_1$  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.

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 اعتمدناه 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  $\theta$  سعة النواس مقدرة بالراديان. ويفضل أن تكون سعة النوسان بحدود 7 درجات:

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

### 3 – الأجهزة والأدوات: Equipment

1 Ball with pendulum suspension.	-كرة معلقة بخيط النواس (خيط دقيق قليل الكتلة والفتل والتمدد).
1 Steel tape measure, 2m.	-متر معدني طوله 2 متر.
1 Stop clock (Chronometer).	-ميكاتية.

### 4- خطوات العمل وألية كتابة النتائج: Carrying out the experiment

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

1- أضبط طول النواس البسيط على القيمة  $L=0.5\text{cm}$ ، ثم اتبع الخطوات التالية، وسجل جميع النتائج في الجدول (3):

(a) قم بإزاحة خيط النواس بشكل أفقي (إزاحة الكرة) عن وضعية التوازن بزاوية صغيرة ولتكن  $\theta = 0.1 \text{ rad} = 6^\circ$  (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  $g \left( \frac{m}{s^2} \right)$  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).

$L$	$\sqrt{L}$	$t$	$T = \frac{t}{30}$	$T^2$	$\frac{L}{T^2}$	$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2}$	$\bar{g}$
$m$	$m^{\frac{1}{2}}$	$s$	$s$	$s^2$	$\frac{m}{s^2}$	$\frac{m}{s^2}$	$\frac{m}{s^2}$
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  $\theta > 0.24 \text{ rad}$ ).

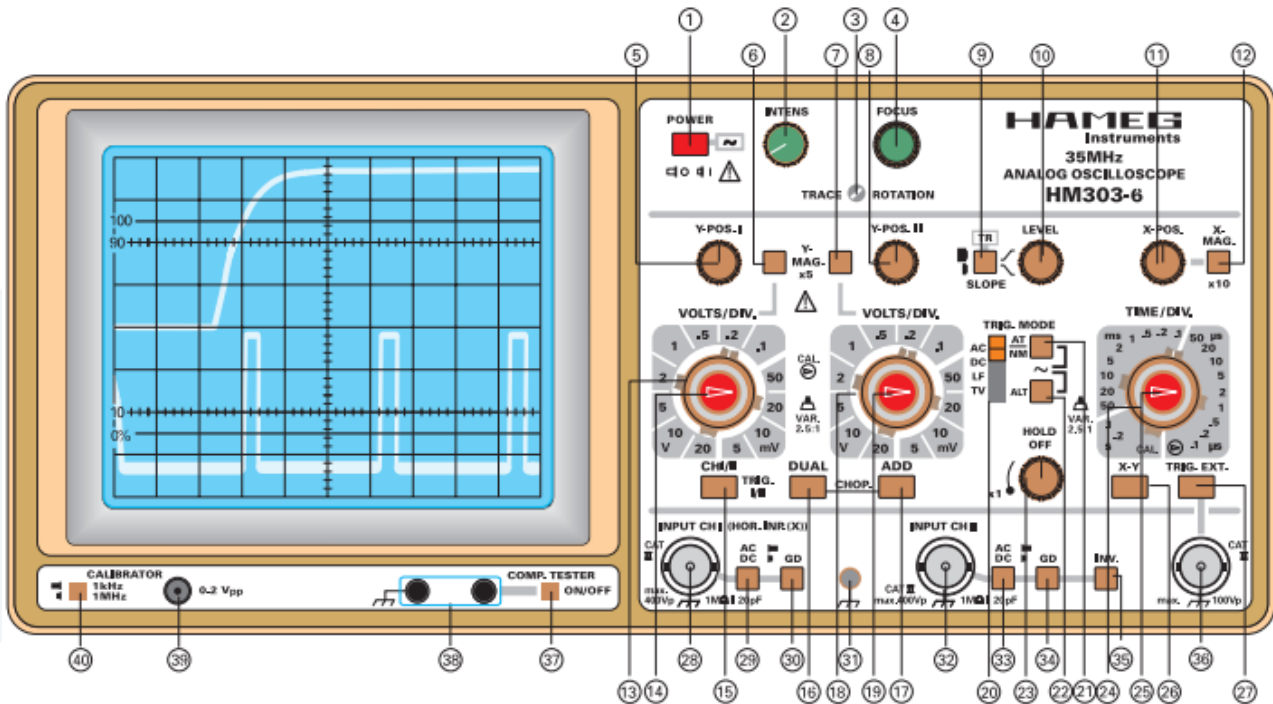
## تجربة راسم الأشعة المهبطي Oscilloscope experiment

### 1- أهداف التجربة: Objects of the Experiment

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

### 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 جيبيه 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 المهيطي ستجد أنها تحتوي على عدة أقسام معرفة بالأسماء التالية:

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

والآن لتتعرف على كل جزء بشيء من التفصيل:

أولاً – التشغيل: (Power)

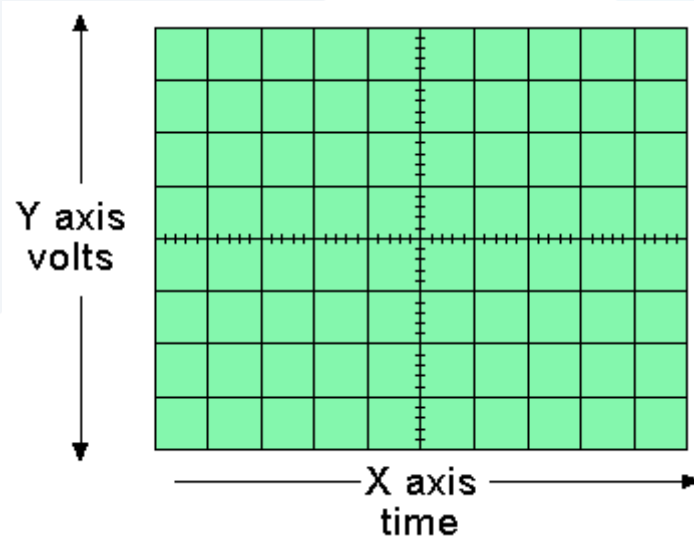
إن هذا الجزء من الراسم يحتوي على مفتاح التشغيل الثلاثة، انظر الشكل (1):

(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 المهيطي هي رسم بياني لفرق الجهد بدلالة الزمن حيث يُمثل الجهد بالمحور العمودي والزمن بالمحور الأفقي كما هو موضح في الشكل (2).

الجهد



الزمن

الشكل (2): شاشة راسم الأشعة المهيطي 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 يضرب 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 يضرب بقيمة مفتاح القاعدة الزمنية لنحصل على قيمة الزمن الموافق لإشارة المقاسة.

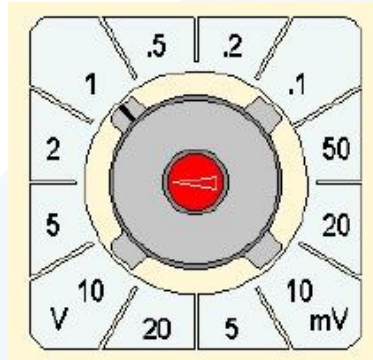
#### ثالثاً-المدخل: (Inputs)

- مدخل القناة الأولى: عن طريقه يمكننا ادخال الموجة التي نريد رؤيتها في القناة الأولى، المفتاح رقم 28 في الشكل (1).
- مدخل القناة الثاني: 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). والآن لنرى 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 في 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.



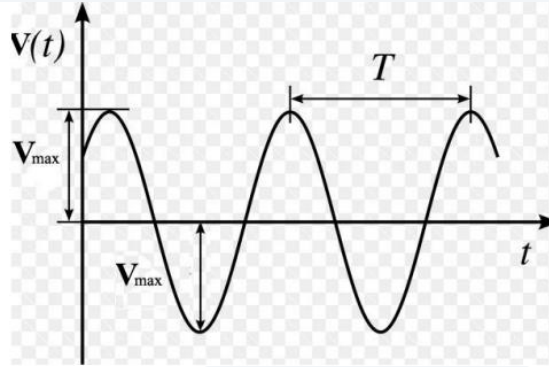
Vertical sensitivity  $S_v$

Volts/div or m Volts/div

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

مثال:

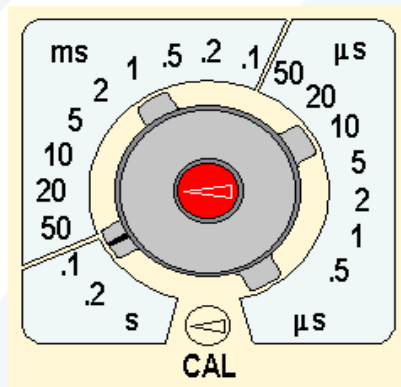
لو كانت سعة الإشارة هي (2,4) أي مربعين وجزئين صغيرين ومفتاح التضخيم على القيمة (2Volts/Div) فيكون جهد الإشارة حاصل جداء ( $2,4 \times 2 = 4,8 \text{ V}$ ). في حال الحصول على إشارة كاملة نبضة موجبة ونبضة سالبة، فإن سعة الإشارة تساوي إلى إحدى السعتين أي يجب أن نقسم الإشارة على 2، ولكن هذه السعة تُسمى الجهد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

الشكل (4): يبين الحساسية الأفقية  $S_h$  Horizontal sensitivity حيث مقسمة بالثانية s، بالملي ثانية ms، أو بالميكرو ثانية  $\mu\text{s}$ . 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: أختار من مولد الإشارات، إشارة جيبيية بتواتر ما.

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

2- قس قيمة  $V_{MAX}$ ،  $V_{P.P}$ ، ومن ثم أحسب  $V_0$  جهد الإشارة بطريقتين.

3- احسب دور الإشارة  $T$ .

4- احسب تواتر الإشارة  $f$ .

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

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

2- قس قيمة  $V_{MAX}$ ،  $V_{P.P}$ ، ومن ثم أحسب  $V_0$  جهد الإشارة بطريقتين.

3- احسب دور الإشارة  $T$ .

4- احسب تواتر الإشارة  $f$ .

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

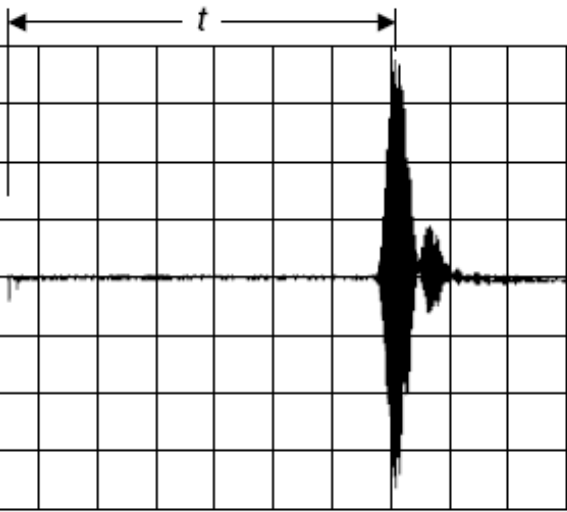
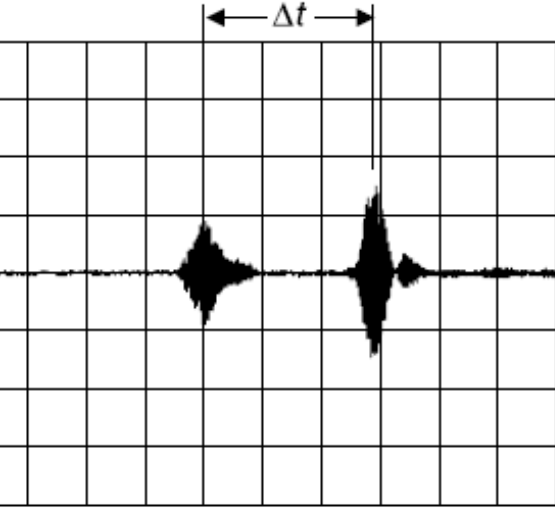
### 2- المبدأ النظري (مفاهيم أساسية): Principles

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 الانضغاطية الذي يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية (اهتزازية)، وبالعكس وذلك اعتماداً على طريقة التشغيل.

عندما يطبق جهد متناوب على جهاز الكهرباء الانضغاطية، 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 الانضغاطية يتناسب مع السعة الصوتية (أو سعة الصوت).



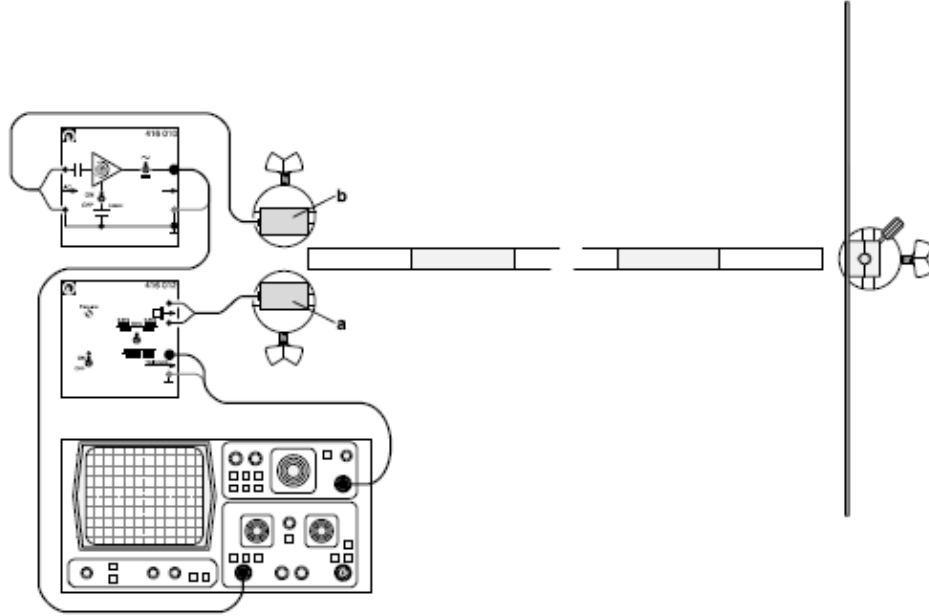
	
<p>The reflection plate لوحة انعكاس</p>	<p>The reflection plate and an additional obstacle placed in front of it لوحة انعكاس وإشارة إضافية وضعت أمامه</p>

### 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 التالية:  

$$x = v \cdot t \rightarrow v = \frac{x}{t} = \frac{2d}{t}$$
- 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  $20^{\circ}\text{C}$ .

11- أخيراً ناقش النتائج التي حصلت عليها.

تنفيذ التجربة وألية كتابة النتائج

أولاً: أكمل الجدول التالي، بعد قراءة خطوات العمل.

$d$	$2d$	$t$	$t$	$v = \frac{2d}{t}$	$\bar{v}$	$\Delta v$	$\overline{\Delta v}$
(m)	(m)	(ms) ميلي ثانية	(s) ثانية	( $\frac{m}{s}$ )	( $\frac{m}{s}$ )	( $\frac{m}{s}$ )	( $\frac{m}{s}$ )
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				$v_6 =$		$\Delta v_6 =$	

الخطأ النسبي $\frac{\Delta \bar{v}}{\bar{v}}$ ليس له واحدة	$\frac{m}{s}$ $(\bar{v} \pm \overline{\Delta v}) =$ القيمة الحقيقية
الخطأ النسبي المئوي $\frac{\overline{\Delta v}}{\bar{v}} \%$ 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  $20^{\circ}\text{C}$ .  
نشير إلى أن سرعة الصوت في الهواء بتابعة درجة حرارة الوسط تعطى بالعلاقة التالية:

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

## التجربة السابعة :

### تحديد البعد المحرقي للعدسات المقربة باستخدام طريقة بيسيل

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

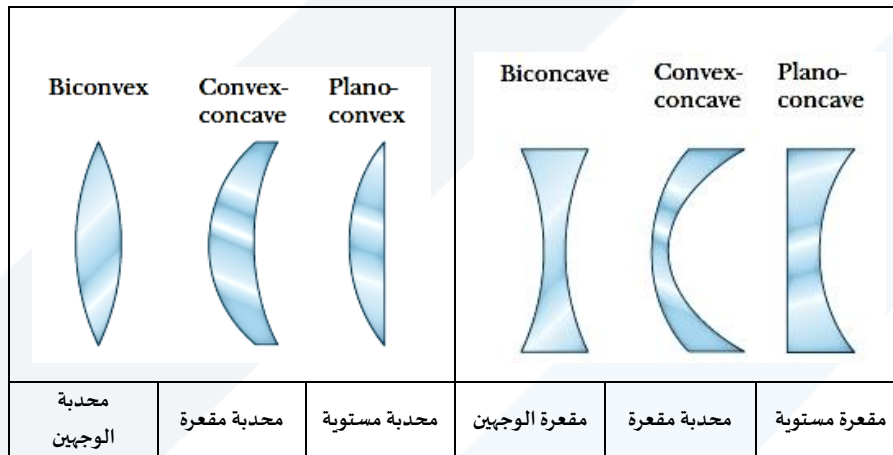
#### 1- أهداف التجربة: Objects of the Experiment

تحديد البعد المحرقي للعدسات مقربة.	Determination of the focal length of a convergent Lens.
------------------------------------	---

#### 2- المبدأ النظري (مفاهيم أساسية): Principles

##### تعريف العدسة:

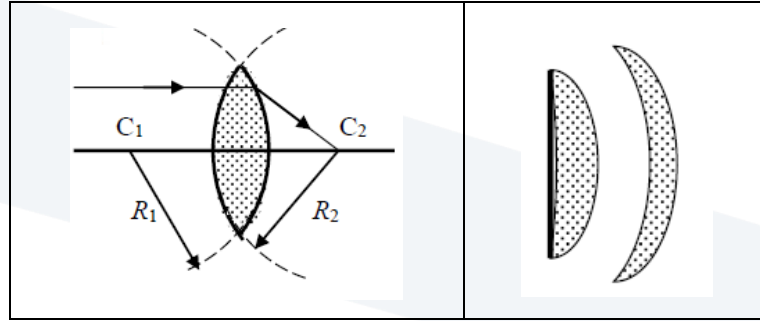
هي وسط شفاف كاسر للضوء محدود بسطحين محدبين أو مقعيرين، أو بسطح منحن وآخر مقعر أو محدب، ويكون للسطحين محور مشترك يمر من مركزي السطحين يُسمى بالمحور الأصلي أو الرئيسي للعدسة. يوضح الشكل (1) أشكال العدسات الموجودة وفقاً لشكل سطحي وجهيها.



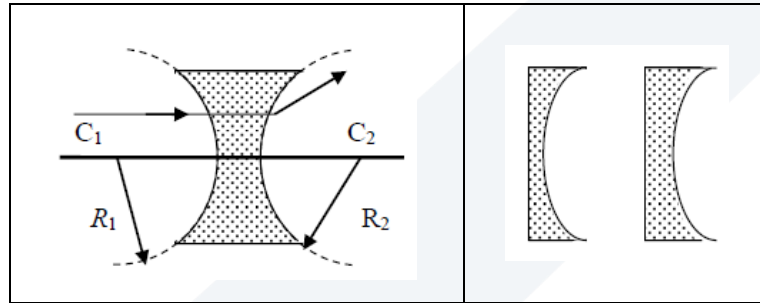
الشكل (1): يوضح أشكال العدسات الموجودة وفقاً لشكل سطحي وجهيها.

#### 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 مستوي أو محدباً. وتكون أطرافها أسمك من وسطها، وتقوم بكسر الأشعة الضوئية الواردة أو الساقطة عليها بعيداً عن محورها الأصلي أو الرئيسي، انظر الشكل (3).

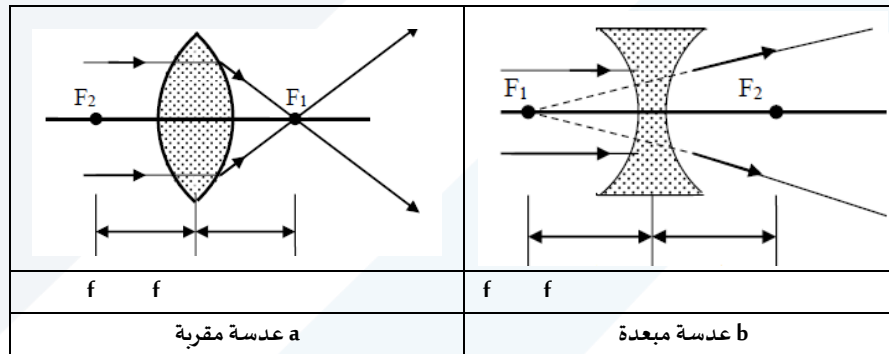


الشكل (2): عدسة مقربة.



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  $F_2$ .

يُعرّف البعد المحرق 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 المحرق.

إن البعد المحرقي يتوقف على ما يلي:

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

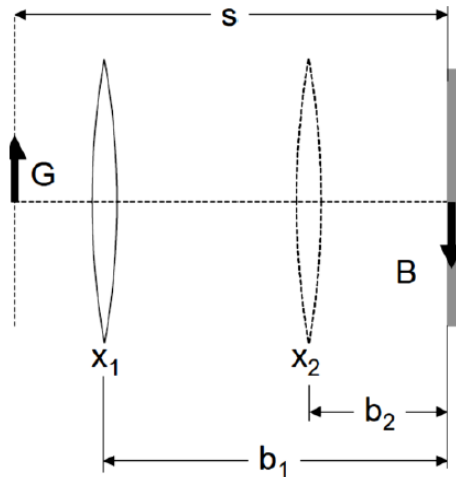
### 3 – الأجهزة والأدوات: Equipment

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 لبيولد.
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.

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):

$$f_{exp} = \left( \frac{D^2 - b^2}{4D} \right) = \frac{1}{4} \cdot \left( S - \frac{(x_1 - x_2)^2}{S} \right) = \frac{1}{4} \cdot \left( S - \frac{(\Delta)^2}{S} \right) \quad (1)$$

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	$\overline{f_{exp}}$ ( )
$f = +50$					$f_{exp} =$	
$f' = +50$					$f'_{exp} =$	

## التجربة الثامنة :

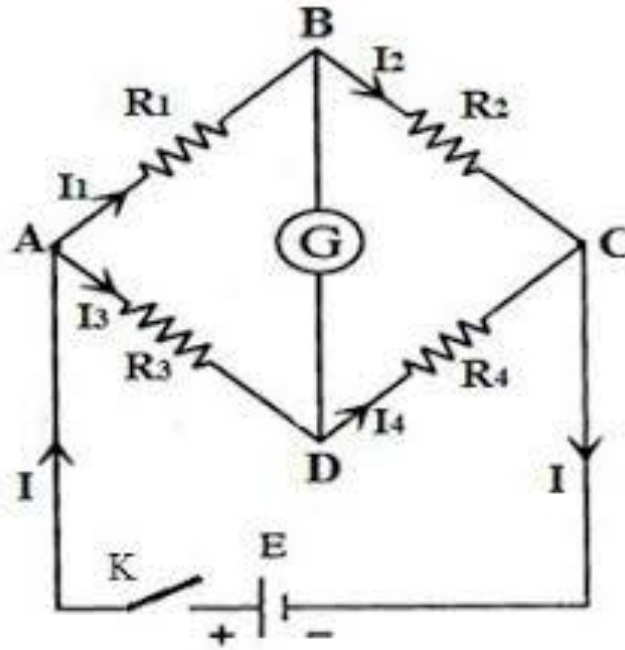
### قياس مقاومة مجهولة بوساطة جسر واطسطن Determining a Resistor by Wheatstone bridge

#### 1 - أهداف التجربة: Objects of the Experiment

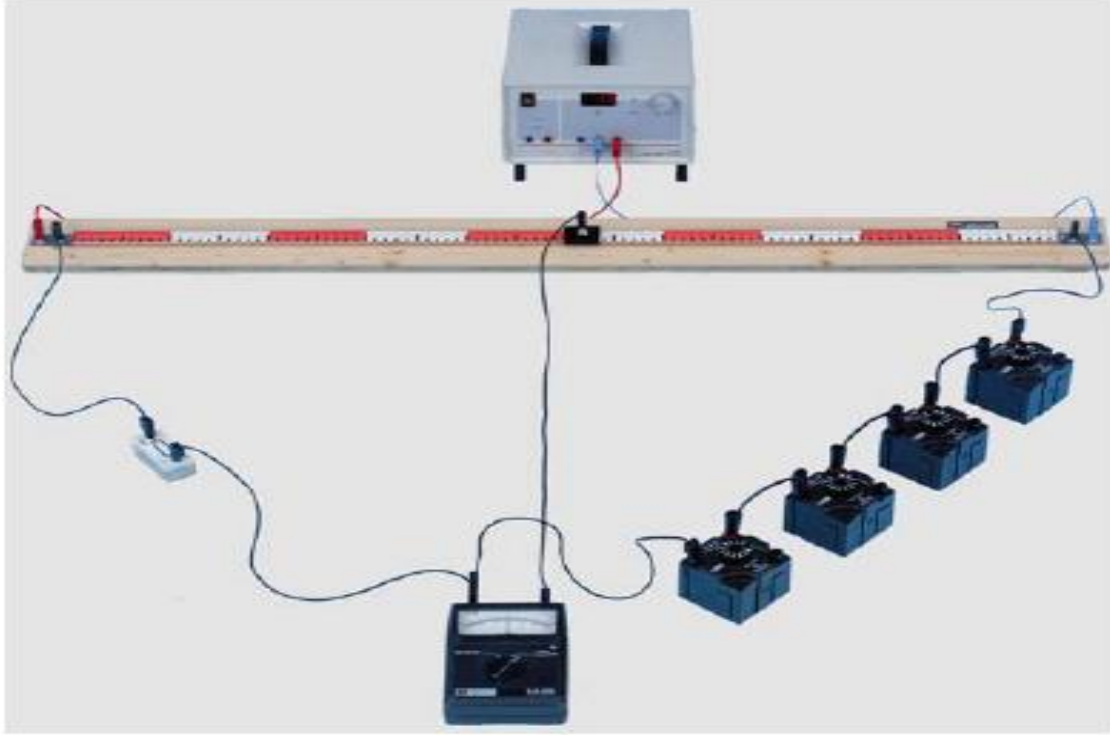
- (1) قياس مقاومات مجهولة باستخدام جسر واطسطن.
- (2) التحقق من قوانين وصل مقاومات على التسلسل وعلى التفرع، تجريبياً وعملياً.

#### 2- مفاهيم أساسية: Principles

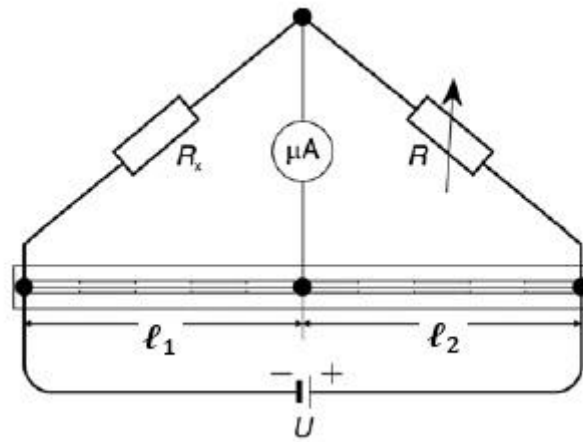
يُعتبر جسر واطسطن أكثر الأجهزة استخداماً لقياس المقاومات، وهو يتألف من دائرة كهربائية  $(A, B, C, D)$  تحوي أربع مقاومات، الشكل (1). ثلاث منها معلومة  $(R_1, R_2, R_3)$  أما الرابعة  $(R_x)$  فهي المقاومة المجهولة المراد قياسها.







الشكل (2): طريقة توصيل دائرة جسر واطسطن.



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:

$$U_B - U_D = 0$$

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

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

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

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

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

$$R_1 \cdot I_1 = R_2 \cdot I_2 \quad (3)$$

$$R_X \cdot I_3 = R_4 \cdot I_4 \quad (4)$$

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

$$I_x = I_4 \text{ \& } I_1 = I_2$$

نحصل على:

$$\frac{R_x}{R_1} = \frac{R_4}{R_2} \rightarrow R_x = R_4 \cdot \frac{R_1}{R_2} \quad (5)$$

نعوض عن  $R_1, R_2$  بقيمتها بدلالة طول الناقل  $\ell$ ، ومساحة سطح مقطعه  $S$  ومقاومته النوعية  $\rho$ ، حسب

قانون أوم الثاني  $R = \rho \frac{\ell}{S}$  فتصبح المعادلة (5) كما يلي:

$$R_x = R_4 \cdot \frac{\ell_1}{\ell_2} \quad (6)$$

وهو القانون المستخدم في التجربة.

إذا أُعطيت المقاومات ( $\ell_1, \ell_2, R_4 = R_{\text{variable}}$ ) يمكن استنتاج المقاومة الرابعة المجهولة ( $R_x$ )، وذلك في حال توازن الجسر. يمكن للسهولة استخدام علبة مقاومات عيارية  $R_{\text{variable}}$  متغيرة ومعلومة.

### 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.

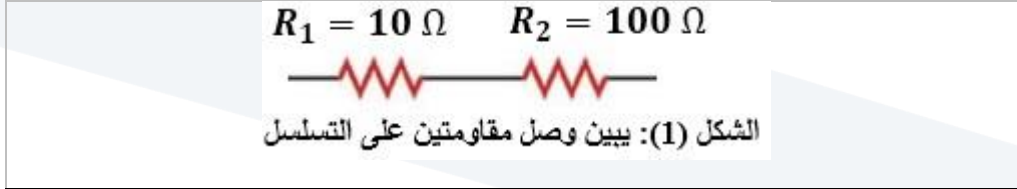
### 4 – خطوات العمل: Carrying out the experiment

أولاً: قياس مقاومات مجهولة باستخدام جسر واطسطن.

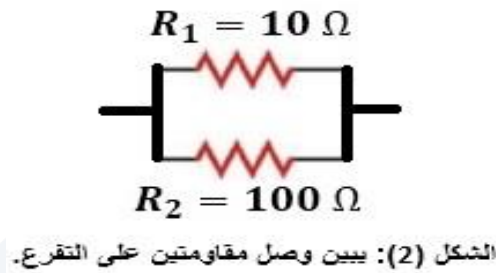
- يُبيّن الشكل (3) الدارة المستخدمة في القياسات التجريبية.
- صل إحدى المقاومات المجهولة  $R_x$  مع دائرة الجسر.
- طبق جهد مستمر ذات قيمة معينة  $U = 1V$  من منبع التغذية.
- غير قيم المقاومة المعلومة (المتغيرة)  $R_{variable}$  حسب القيم المعطاة في الجدول المرفق.
- حرك الزاقلقة إلى أن يشير مقياس الغلفانو متر إلى القيمة ( $I = 0A$ )، من أجل كل قيمة من قيم المقاومات المعلومة والمتغيرة.
- سجل قيمة  $\ell_1$  ،  $\ell_2$  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؟

$R_V$	$\ell_1$	$\ell_2$	$R_x = R_V \left( \frac{\ell_1}{\ell_2} \right)$	$\overline{R_x}$
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 (1)، كيف نوجد نظرياً قيمة المقاومة المكافئة لهما أي  $R$  ؟



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



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)

## 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 التيار في الناقل، وهذا ما يُدعى بقانون أوم الذي يُعطى بالعلاقة الآتية:

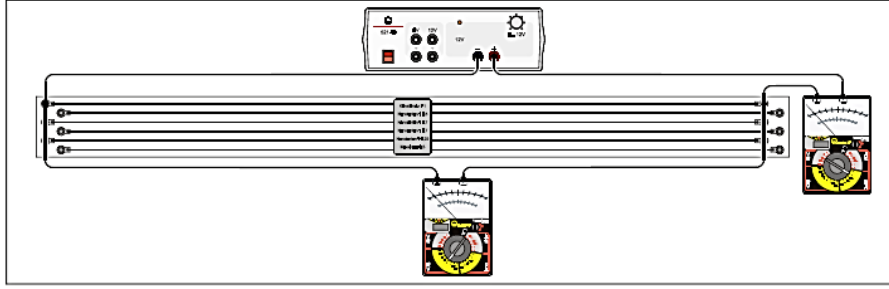
$$U = R \cdot I \quad (1)$$

وتُدعى ثابتة التناسب  $R$  بمقاومة الناقل. إن مقاومة سلك  $R$  طوله  $\ell$  وسطح مقطعه  $A$  تُعطى بالعلاقة الآتية:

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

حيث  $\rho$  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  $\ell$ ، بـ سطح مقطعه  $S$ ، وبمقاومته النوعية  $\rho$ ، 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 (1-12 V) (DC/AC).
- 3- مقياس تيار مستمر  $I < 3A$  (DC).
- 4- مقياس جهد مستمر  $U < 15V$  (DC).
- 5- أسلاك توصيل.

#### خطوات تنفيذ التجربة وآلية كتابة النتائج

أولاً: تعيين مقاومة سلكين من الكونستنتان بأطوال متساوية ( $\ell = 1m$ ) 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، تماماً 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.

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

10- قارن قيم  $(\overline{R}(\Omega))$  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 ( $S = 0.4mm^2, d = 0,7mm$ ) 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 أحسب 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			

- 5- قارن في  $(\bar{R}(\Omega))$  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			

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  $\rho$ ، وطول السلك  $\ell$ ، ومساحة مقطع السلك  $S$ ، على مقاومة سلك  $R$ .
- 2- أحسب المقاومة النوعية  $\rho$  لسلك النحاس الأصفر الذي طوله  $\ell = 1m$ ، 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