

## القياسات الدقيقة

### Fine measurements

في كثير من التجارب نحتاج لقياس أبعاد أجسام بدقة عالية أو نحتاج لقياس أبعاد أجسام صغيرة ولذلك نستخدم أجهزة القياس الدقيق ذات الورانية ( كالقدمة والميكروميتر والإسفيروميتر و...) والتي تصل الدقة في بعض الأنواع إلى (0.0005 cm).

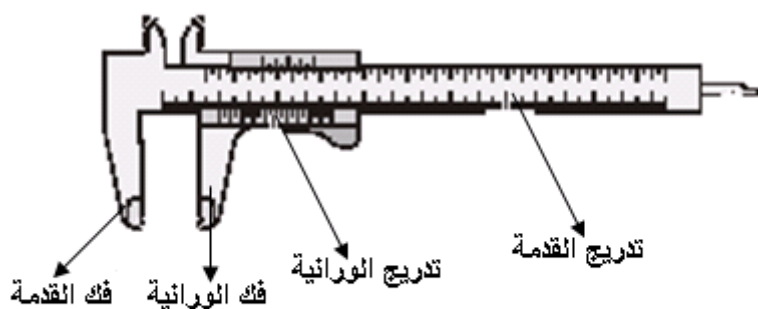
### قاعدة أجهزة القياس الدقيق ذات الورانية:

جميع أجهزة القياس الدقيق ذات الورانية يتكون تدريجها من جزئين اثنين، أحدهما ثابت ويسمى التدريج الأساسي أو الثابت والآخر متحرك علي الجزء الثابت ويسمى بالورانية. والورانية المتحركة مقسمة إلى عدد  $n$  من الأقسام المتساوية.

والقاعدة العامة للقياس بهذه الأجهزة هي أن قيمة العدد  $n$  من أقسام الورانية تكافئ قيمة اصغر قسم موجود على التدريج الثابت.

والآن إليكم بعض أجهزة القياس الدقيق ذات الورانية وكيفية استخدامها.

### أولاً: القدمة ذات الورانية The Vernier Caliper:



شكل (1)

تتكون القدمة ذات

الورانية كما بالشكل ( 1 ) من

فكي القدمة والتدريج الأساسي

والورانية. التدريج الأساسي

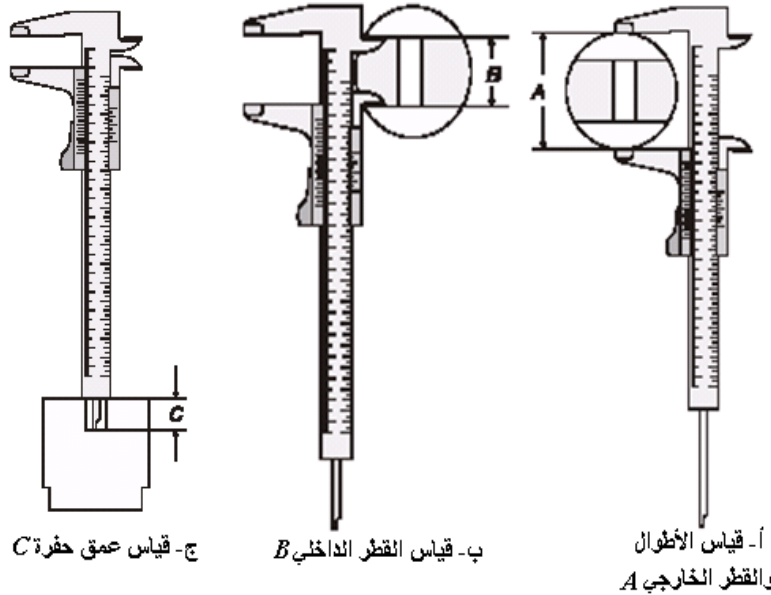
(الجزء الثابت) مدرج

بالسنتيمترات والمليمترات وبالتالي فأصغر قسم موجود عليه هو 1 ملليمتر. أما الجزء المتحرك

(الورانية) فمقسم في بعض القدمات إلى عشرة أقسام (شرط) (أي أن  $n = 10$ ) فتكون قيمة

كل قسم (شرطه) (0.1 mm) أي (0.01 cm), أما القدمات الأكثر دقة تكون الورانية مقسمة

إلى عشرين شرطة ( $n = 20$ ) قيمة كل شرطة في تلك الحالة (0.005 cm).



ونستخدم القدمة لقياس

الأبعاد ( أطوال - الأقطار

الخارجية والداخلية - أعماق

- ... ) ويوضح شكل ( 2 )

بعض هذه الاستخدامات.

شكل (2)

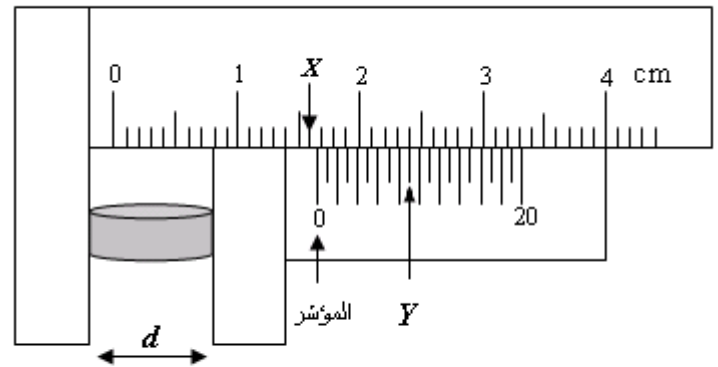
### طريقة القياس بالقدمة:

1- يوضع الجسم المراد قياس أحد أبعاده  $d$

بين فكي القدمة كما هو واضح بالشكل (3).

2- صفر التدرج المتحرك ( الورانية) يسمى

نقطة بداية القياس (المؤشر) حيث نقرأ قيمة



شكل (3)

الشرطة التي تقع قبل صفر الورانية على التدرج الثابت ولتكن  $X$ .

3- يتم تحديد عدد أقسام (شرط) الورانية بين صفر الورانية وبين أول شرطة تنطبق تماما مع

إحدى شرط التدرج الأساسي ولتكن  $Y$  كما بالشكل (3) فيكون بعد الجسم المراد تعيينه هو:

$$d = (X + Y \times 0.005) \text{ cm}$$

$$= 1.6 + 9 \times 0.005 = 1.645 \text{ cm}$$

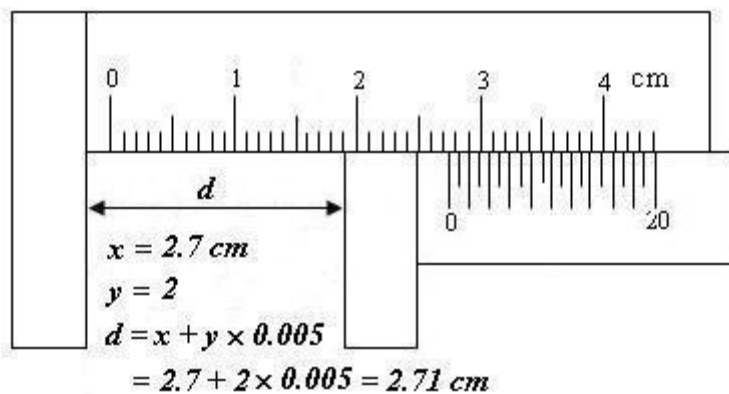
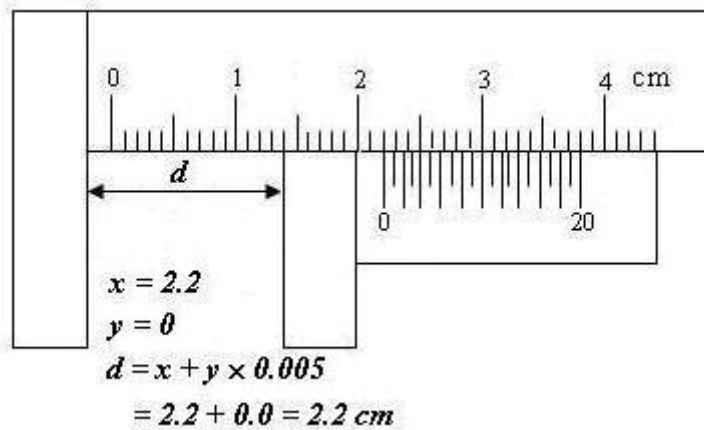
حالة خاصة:

إذا انطبق صفر التدرج المتحرك على إحدى شُرطُ التدرج الثابت فإن معنى ذلك أن  $Y = 0$

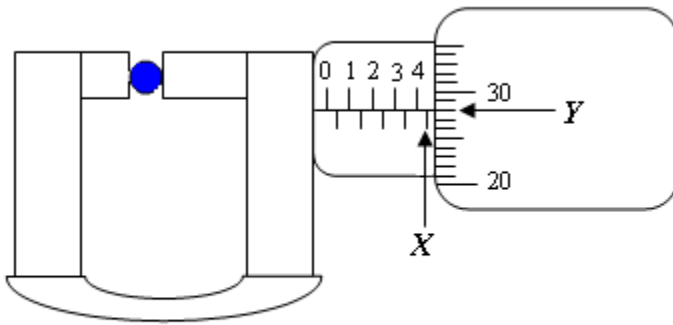
وبالتالي فإن:

$$d = X \text{ cm}$$

أمثلة:



## ثانيا: الميكروميتر Micrometer:



شكل (4)

يتكون الميكروميتر كما هو

موضح بالشكل ( 4 ) أسطوانة ثابتة

عليها التدرج الأساسي وهي مقسمة

إلى ملليمترات ولها كذلك تدرج سفلي

يمثل أنصاف الملليمترات, أي أن أقل

جزء علي التدرج الأساسي هو 0.5 ملليمتر. أما الورانية فهي عبارة عن تدرج دائري موجود علي أسطوانة دائرية متحركة حول الأسطوانة الثابتة. والورانية مقسمة إلى خمسين شرطة فتكون قيمة كل شرطة (0.01 mm).

يستخدم الميكروميتر لقياس الأبعاد (أطوال - الأقطار الخارجية - سمك الألواح الخارجية ....) للأجسام الصغيرة بدقة أكبر من القدمة.

## طريقة القياس بالميكروميتر:

1 يوضع الجسم المراد قياس بعد من أبعاده بين فكي الميكروميتر كما بالشكل (4).

2 -حدد قيمة آخر شرطة تظهر على التدرج الثابت ولتكن  $X$ .

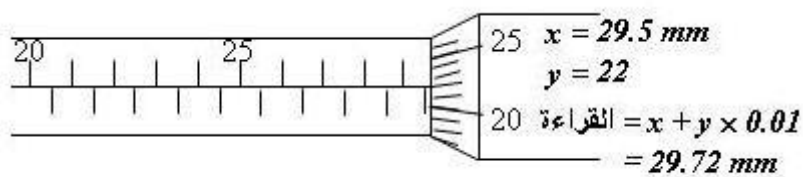
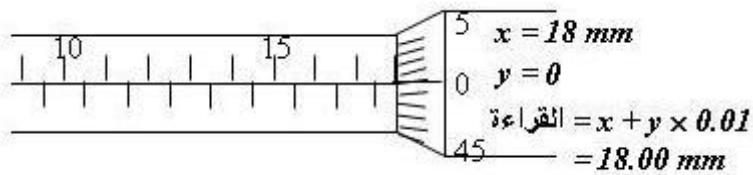
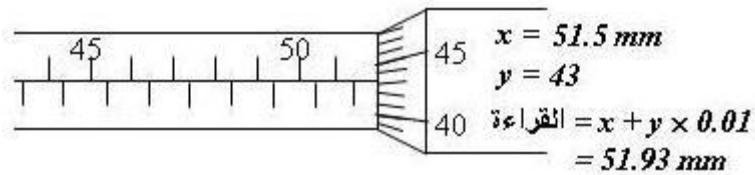
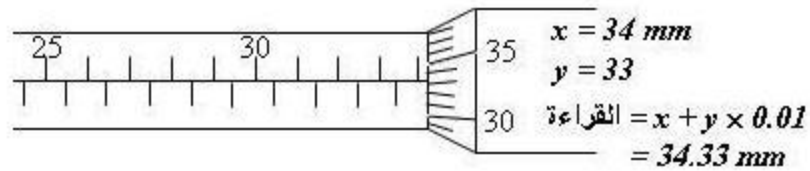
3 تأخذ قراءة الورانية التي ينطبق عليها الخط الأفقي في التدرج الثابت ولتكن  $Y$  كما بالشكل

(4) فيكون بعد الجسم المراد تعينه هو:

$$d = (X + Y \times 0.01) \text{ mm}$$

$$= 4.5 + 28 \times 0.01 = 4.78 \text{ mm}$$

أمثلة:



## التمثيل البياني

### أولاً: أنواع الأخطاء:

يجب في البداية أن يُدرك الطالب قبل إجراء التجارب العملية أنواع الأخطاء التي يمكن أن يقع فيها حتى يتمكن من تلافيها أو التقليل من نسبة الخطأ في نتائج العملية . أما الأخطاء التي ترجع إلى الطالب مثل الخطأ في توصيل التجربة أو في قراءة مقياس الأجهزة أو الخطأ في حساب النتائج فإنها أخطاء مرفوضة *Illegitimate errors* وتتطلب إعادة التجربة. فلأخطاء التي سنعالجها هي الأخطاء الخارجة عن إرادة الطالب والتي ترجع إلى عدم دقة الأجهزة أو صعوبة الوصول إلى الظروف المثالية للتجربة وهي:

### 1- خطأ معلمي **Experimental or Instrumental Errors**:

يعتمد هذا الخطأ على دقة وحساسية أجهزة القياس وطرق القياس نفسها . مثال لهذا الخطأ لو أننا نقيس تيار يتغير بمعدل 2mA واستخدمنا أميتر حساسيته 5mA فالقراءات لن تكون دقيقة.

### 2- خطأ شخصي **Personal Error** :

يعتمد هذا النوع من الأخطاء على دقة الشخص في ملاحظة وتسجيل البيانات الخاصة بالأجهزة وتسجيل القراءات بعناية. لذا يجب على الطالب مراعاة الدقة التامة في ملاحظة وتدوين النتائج و تكرار القياس عدة مرات (كلما أمكن ذلك) ثم حساب المتوسط.

### 3- خطأ منتظم **Systematic Error** :

هو خطأ ثابت موجود في جميع القراءات وفي نفس الاتجاه (إما بالزيادة أو النقصان) وهو يظهر نتيجة لعدم معايرة الأجهزة المستخدمة في القياس وكذلك يمكن أن يظهر بسبب تغير في الظروف الطبيعية كالضغط و درجة الحرارة والرطوبة. لذا يجب مراجعة الأجهزة المستخدمة جيداً و معايرتها وحمايتها من عوامل التلف الناتجة من سوء التخزين أو سوء الاستخدام.

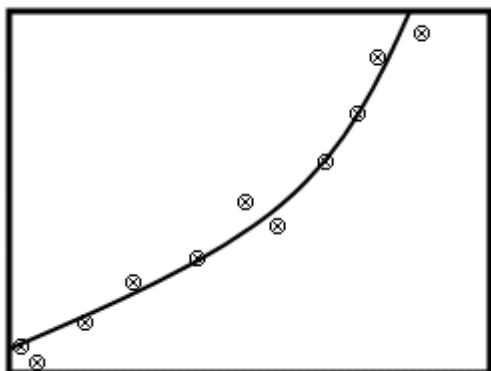
**4- خطأ عشوائي Random error:**

هو الخطأ الذي يحدث بمقادير متغيرة وينشأ من تغيير طفيف في حالة التجربة ومثل ذلك الخطأ الذي ينشأ عن تكرار قياس كمية معينة عدة مرات وفي كل مرة تحصل على نتيجة مختلفة قليلاً جداً عن السابقة.

**ثانياً: التمثيل البياني:**

يحتاج الطالب في معظم التجارب التي يقوم بها إلى التمثيل البياني لما يحصل عليه من نتائج وذلك للحصول على الثوابت الفيزيائية المطلوب حسابها من هذه النتائج. من هنا يجب أن يتعلم تمثيل النتائج بيانياً بصورة محكمة ودقيقة وكيفية الحصول على ما يحتاجه منها. ولتمثيل ورسم النتائج التي حصل عليها من القياسات العملية يجب ملاحظة الآتي :

- 1 يجب أخذ أكبر عدد من النتائج الممكنة فهذا يقلل من الأخطاء الشخصية المحتملة.
- 2 - يجب عند تمثيل كمية معينة اختيار مقياس الرسم المناسب على المحورين السيني والصادي ويتم ذلك بتحديد أكبر وأقل قيمة لمعرفة مدى القراءات وبالتالي أخذ المقياس المناسب بعد معرفة عدد المربعات المتاحة في ورقة الرسم البياني.
- 3 تمثل النتائج التي حصلت عليها كنقاط حولها دائرة صغيرة.



- 4 - في حالة رسم المنحنيات توصل النقاط باليد بدقة بدون تعرجات للحصول على منحنى متصل يصل أكبر عدد من النقاط ويترك من الجانبين عدد شبه متساوي من النقاط وفي بعض الأحيان يستخدم راسم المنحنيات (French Curve).

## الأبعاد والوحدات

### الكميات الفيزيائية:

الكميات الفيزيائية نوعان: نوع أساسي كالطول والكتلة والزمن والتيار الكهربى ودرجة الحرارة ، ونوع مستنبط من الكميات الأساسية كالسرعة والقوة والمقاومة الكهربائية وشدة المجال الكهربى والمغناطيسى، ..... الخ. وهذا التقسيم ينطبق أيضا على الوحدات والأبعاد بالنسبة لهذه الكميات  $[Watt/(m.^0K)]$  ولذلك يجب معرفة الطريقة التي تستنبط بها.

للوحدات نظم عديدة منها النظام المطلق (سم , جم , ثانية), النظام الانجليزي (قدم , رطل , ثانية) . وقد اتفق عالميا على استخدام نظام الوحدات العالمى International System (SI) . في هذا النظام تستخدم الوحدات الأساسية الآتية:

الكمية الفيزيائية	رمز البعد	الوحدة	الوحدة
الطول	L	متر	Meter (m)
الكتلة	M	كيلومتر	Kilogram (Kg)
الزمن	T	ثانية	Second (sec.)
شدة التيار الكهربى	A	أمبير	Ampere (Amp.)
درجة الحرارة	K	درجة كلفن	Kelvin Temperature(K)
كمية المادة	mol	مول	Mole (mol)
شدة الاستضاءة	cd	قنديله	Candela (cd)

وتستنبط وحدات وأبعاد الكميات الفيزيائية الأخرى بدلالة (cd, mol, K, A, T, M, L)

$$P = \frac{F}{A} = \frac{m a}{A} = \frac{m d}{A t^2} : (P) \text{ فمثلا الضغط}$$

الضغط = قوة ÷ المساحة = (الكتلة × العجلة) ÷ المساحة = (الكتلة × المسافة) ÷ (زمن)<sup>2</sup> × المساحة).



أبعاد الضغط : وحدات الضغط هي  $(\text{Kg. m}^{-1} \cdot \text{sec}^{-2})$  ومن تعريف الضغط يمكن كتابة

هذه الوحدة : نيوتن/متر<sup>2</sup> وفي النظام العالمي (SI) تسمى وحدة الضغط (بار Par) .

فيما يلي جدول لوحدهات وأبعاد بعض الكميات الفيزيائية المستنبطة:

الكمية الفيزيائية ورمزها	الأبعاد	الوحدات
السرعة الخطية $v$	$LT^{-1}$	متر/ثانية
السرعة الدورانية $w$	$T^{-1}$	درجة نصف قطرية/ثانية
التردد $\nu$	$T^{-1}$	ذبذبة/ثانية أو هيرتز
العجلة الخطية $g$	$LT^{-2}$	متر/ثانية <sup>2</sup>
القوة $F$	$MLT^{-2}$	نيوتن
معامل المرونة $Y$	$ML^{-1}T^{-2}$	نيوتن/متر <sup>2</sup>
الشغل والطاقة $W$	$ML^2T^{-2}$	نيوتن . متر = جول
القدرة $P$	$ML^2T^{-3}$	وات = جول/ثانية
عزم القصور الذاتي $I$	$ML^2$	كجم متر <sup>2</sup>
شدة المجال الكهربائي $E$	$MLA^{-1}T^{-3}$	فولت / متر
الجهد الكهربائي $V$	$ML^2A^{-1}T^{-3}$	فولت
كثافة الفيض المغناطيسي $B$	$MA^{-1}T^{-2}$	ويبر/متر <sup>2</sup> = تسلا
الفيض المغناطيسي $\Phi_B$	$ML^2A^{-1}T^{-2}$	ويبر
شدة المجال المغناطيسي $H$	$AL^{-1}$	أمبير- لفة/متر
الحرارة النوعية $S$	$L^2T^{-2}K^{-1}$	جول / (كجم. درجة كلفن)
معامل التوصيل الحراري $K$	$ML^{-1}T^{-1}K^{-1}$	وات/(متر.درجة كلفن)
قوة عدسة أو التمايل	$L^{-1}$	ديوبتر

يلاحظ في الجدول أن وحدات الكميات الفيزيائية قد سميت بأسماء تطبيقية مثل التردد

(هيرتز), الشغل (جول), كثافة الفيض المغناطيسي (الحث المغناطيسي) (تسلا), الضغط

(بار). ويلاحظ أيضا أن لبعض الأبعاد المستنبطة علاقة بأبعاد مستنبطة أخرى فمثلا: وات =

جول ÷ ثانية , فولت = ويبر ÷ ثانية.

بعض الكميات ليس لها أبعاد ولكنها قد أعطيت مسميات كوحدات لها ومن أمثلة ذلك :

1 -الزوايا: وحداتها بالتقدير الستيني "درجة ستينية" وبالتقدير الدائري "درجة نصف قطرية".

2 -عدد لفات ملف كهربي وحداته هي "لفة".

## جدول عام لتحويل الوحدات

وحدات عملية (سم. جم. ث.)		وحدات عالمية (متر . كيلوجرام ) M.K.S	الكمية
كهروستاتيكية e. s . u ( ستات )	كهرومغناطيسية مطلقة (أب) e.m.u		
1 ثانية	1 ثانية	1 ثانية	الزمن
100 سم	100 سم	امتر	الطول
1000 جم	1000 جم	1 كجم	الكتلة
$10^5$ دايين	$10^5$ دايين	1 نيوتن	القوة
$10^7$ إرج	$10^7$ إرج	1 جول	الطاقة
$3 \times 10^9$ ستات كولوم	0.1 اب كولوم	1 كولوم	الشحنة
$3 \times 10^9$ ستات أمبير	0.1 اب أمبير	1 أمبير	التيار
(1/300) ستات فولت	$10^8$ أب فولت	1 فولت	الجهد
(1/300000) ستات فولت	$10^6$ أب فولت/سم	1 فولت/متر	المجال الكهربى
$9 \times 10^{11}$ ستات فاراد	$10^{-9}$ اب فلواد	1 فاراد	السعة
$(1/9) \times 10^{-11}$ ستات أوم	$10^{-9}$ اب أوم	1 أوم	المقاومة
$(1/9) \times 10^{-9}$ ستات أوم.سم	$10^{11}$ أب أوم.سم	1 أوم . متر	المقاومة النوعية
$(1/3) \times 10^{-2}$ ستات فولت. ثانية	$10^8$ ماكسويل	1 وبر	الفيض المغناطيسى
$(1/3) \times 10^{-6}$ ستات فولت. ثانية/سم <sup>2</sup>	$10^4$ جاوس	1 وبر /متر <sup>2</sup>	كثافة الفيض
$12\pi \times 10^7$ ستات أمبير/سم	$4\pi \times 10^{-3}$ أورستد	1 أمبير / متر	المجال المغناطيس
$(1/9) \times 10^{-11}$ ستات هنرى	$10^9$ اب هنرى	1 هنرى	الحث الذاتى والمبادل

### قيم بعض الثوابت الطبيعية

$$\text{شحنة الإلكترون} = - 1.6 \times 10^{-19} \text{ كولوم} = - 4.8 \times 10^{-10} \text{ ستات كولوم}$$

$$\text{شحنة البروتون} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ كولوم} = 4.8 \times 10^{-10} \text{ ستات كولوم}$$

$$\text{كتلة الإلكترون} = 9.108 \times 10^{-31} \text{ كيلو جرام}$$

$$\text{كتلة البرتون} = 1.67 \times 10^{-27} \text{ كيلو جرام}$$

$$\text{كتلة دقيقة ألفا} = 6.68 \times 10^{-27} \text{ كيلو جرام}$$

$$\text{ثابت بلانك} = 6.62 \times 10^{-34} \text{ جول . ثنائية}$$

$$\text{معامل السماحية للفراغ} \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ (كولوم}^2 \text{)/(نيوتن.متر}^2 \text{)}$$

$$\text{معامل النفاذية للفراغ} \mu_0 = 4\pi = 10^{-7} \text{ نيوتن/(أمبير}^2 \text{) أو وبر/(أمبير.متر)}$$

$$\text{العزم المغناطيسي للإلكترون (بوهر مجنيتون)} = 9 \times 10^{-24} \text{ أمبير . متر}^2$$

$$\text{الشحنة النوعية أي (e / m) للإلكترون} = 1.76 \times 10^{-11} \text{ كولوم / كيلو جرام}$$

$$\text{عدد أفوجادرو} = 6.02 \times 10^{23}$$

$$\text{سرعة الضوء} = 3 \times 10^8 \text{ متر / ث}$$

$$\text{الإلكترون فولت} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ جول}$$

$$\text{عجلة الجاذبية الأرضية g} = 9.807 \text{ متر / ثانية}^2$$

$$\text{ثابت الجاذبية العام G} = 6.670 \times 10^{-11} \text{ نيوتن . م}^2 \text{ / كجم}^2$$

$$\text{كثافة الماء (النهاية العظمى) } \rho = 0.999972 \text{ جم/سم}^3$$

$$\text{كثافة الزئبق في م.ض. د} = 13.595 \text{ جم / سم}^3$$

$$\text{الضغط الجوى} = 1.0132 \times 10^5 \text{ نيوتن / م}^2$$

$$\text{حجم الغاز المثالي في م.ض. د} = 22.421 \text{ سم}^3 \text{ / جزئي}$$

$$\text{ثابت الغاز العام (R)} = 8.3166 \text{ جول / جزئ. درجة مطلقة}$$

$$\text{المكافئ الميكانيكي الحراري (J)} = 4.1855 \text{ جول / سعر}$$

$$\text{ثابت ستيفان - بولتزمان (}\sigma\text{)} = 5.6686 \times 10^{-8} \text{ وات / درجة مطلقة}^4$$

$$\text{الفارادى F} = 9.6520 \times 10^4 \text{ كولوم}$$

## السقوط الحر

### الهدف من التجربة :

تعيين عجلة الجاذبية الأرضية باستخدام طريقة السقوط الحر.

### نظرية التجربة:

يوضح الشكل (1) رسماً تخطيطياً لجهاز تجربة السقوط الحر، ف عندما يسقط في الهواء جسم كتلته  $m$  سقوطاً حراً من السكون ويقطع مسافة  $h$  كما في الشكل (1) ومع إهمال مقاومة الهواء وقوة الدفع لأرشميدس فإن القوة  $F$  المؤثرة عليه تكون وزنه إلى أسفل وتكسبه تسارعا  $a$  مساويا لتسارع الجاذبية الأرضية  $g$ . باستخدام قانون نيوتن الثاني للحركة

$$\vec{F} = m \vec{g} = m \vec{a} \quad (1)$$

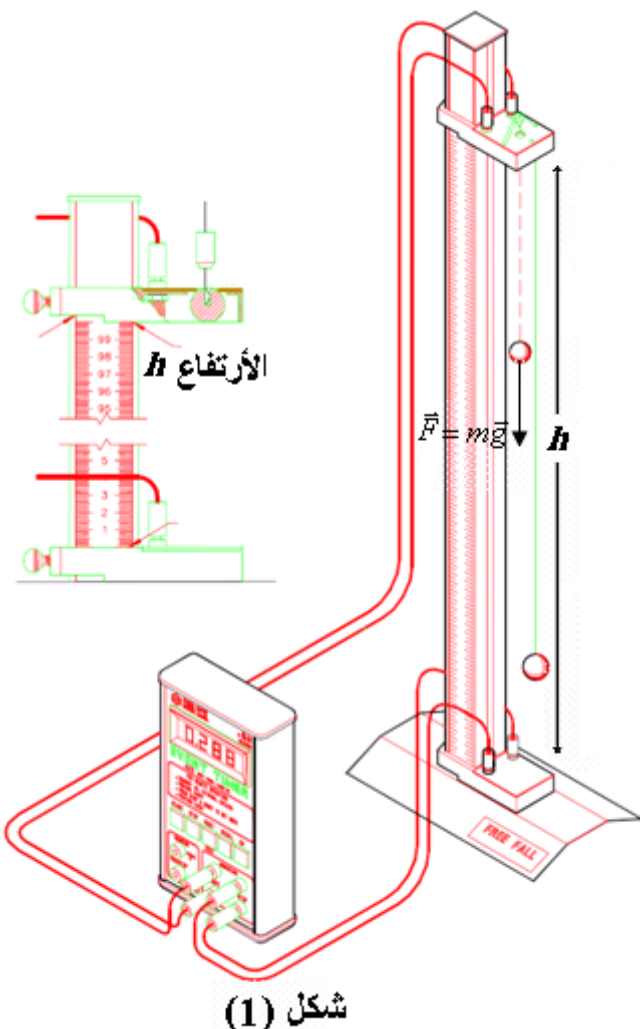
يمكننا كتابة معادلة تفاضلية لهذه الحالة على الصورة

$$a = \frac{d^2 x}{dt^2} = g \quad (2)$$

ويمكن إيجاد السرعة بتكامل المعادلة (2):

$$v = \frac{dx}{dt} = gt + v_0 \quad (3)$$

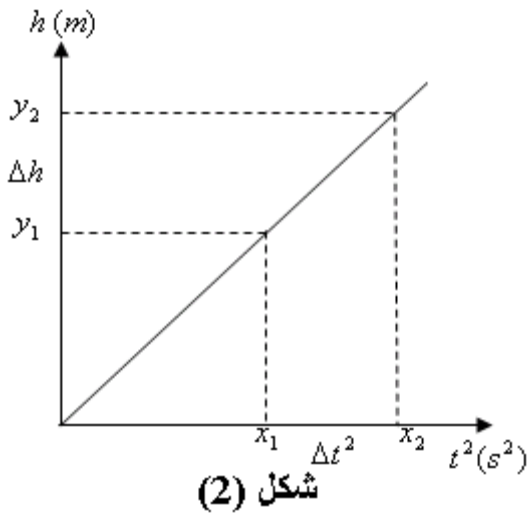
وبتكامل المعادلة (3) نحصل على المسافة:



$$x = \frac{1}{2} g t^2 + v_0 t + x_0 \quad (4)$$

بافتراض أنه عند الزمن  $t = 0$  يكون الجسم عند نقطة الأصل  $x_0 = 0$  وسرعته الابتدائية  $v_0 = 0$  وعند وصوله إلى الأرض  $x = h$ . بالتعويض في المعادلة (4) نحصل على:

$$h = \frac{1}{2} g t^2 \quad (5)$$



حيث:  $t$  زمن السقوط. شكل (2) يمثل هذه العلاقة بين الارتفاع  $h$  علي المحور الرأسي وبين مربع الزمن  $t^2$  علي المحور الأفقي هي علاقة خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي  $g/2$ ، ومنه يمكن تعيين عجلة الجاذبية الأرضية  $g$ .

### الأدوات المستخدمة:

جهاز السقوط الحر الموضح بالشكل (1) والشكل (3).

### خطوات العمل:

- 1- إرفع القاعدة المتحركة إلى ارتفاع  $h$  ثم اسحب الخيط المتصل بالكرة حتي تلامس الكرة القاعدة المتحركة كما هو موضح بالشكل (3). وعندما تلامس الكرة القاعدة يضبط العداد الزمني علي الصفر.
- 2- حرر الكرة من الخيط فتبدأ في السقوط الحر ويبدأ العداد الزمني في حساب الفترة الزمنية حتي تصطدم الكرة بقاعدة الجهاز السفلية فيتوقف العداد الزمني. سجل كل من الارتفاع



$h$  والفترة الزمنية  $t$  التي استغرقتها الكرة لقطع المسافة  $h$  في الجدول المرفق.

3 - كرر الخطوة (2) ثلاث مرات لكل ارتفاع  $h$  ثم احسب متوسط الزمن  $t$  اللازم للسقوط من هذا الارتفاع وذلك للتأكد من دقة القياس.

4 - كرر الخطوات من (1) إلى (3) عدة مرات مع ارتفاعات  $h$  مختلفة وسجل النتائج في الجدول المرفق.

5 - ارسم العلاقة بين الارتفاع  $h$  على المحور الرأسي وبين مربع الزمن  $t^2$  على المحور الأفقي هي علاقة خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي  $g/2$ ، ومنه يمكن تعيين عجلة الجاذبية الأرضية  $g$ .

**النتائج:**

$h (m)$	$t_1 (s)$	$t_2 (s)$	$t_3 (s)$	$t (s)$	$t^2 (s^2)$

$$\text{الميل} = g/2 = \dots\dots$$

$$g = 2 \times \text{الميل} = \dots\dots m/sec^2$$

## معامل ينج

### الهدف من التجربة:

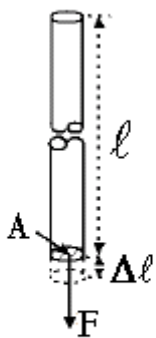
تعيين معامل ينج لسلك معدني بطريقة سيرل.

### نظرية التجربة:

إذا وقع جسم تحت تأثير مجموعة من القوي، فإنه يستجيب عادة لتأثير هذه القوي ويتحرك بتسارع. أما إذا كان الجسم مثبتاً بحيث لا يسمح له بالحركة، فإن هذه القوي تحرك أجزائه بالنسبة لبعضها البعض حركة صغيرة، وبالتالي يتغير شكل الجسم وحجمه. وبسبب قوي الترابط بين جزيئات الجسم بعضها مع بعض، تنشأ عن حركتها قوي داخلية تحاول أن تعيد الجسم إلي كل من شكله وحجمه الأصلي. ويكون هناك تناسب طردي بين القوي الداخلية الناشئة عن الانفعال وبين القوي الخارجية التي أحدثت هذا الانفعال.

يقال لجسم انه تام المرونة إذا عاد إلى نفس شكله وأبعاده الأصلية بعد زوال المؤثر الخارجي عليه. أما إذا تغير الجسم تغيراً دائماً ولم يستعيد شيئاً من شكله وأبعاده الأصلية يقال للجسم أنه لدن أو عديم المرونة. أما الجسم الذي يستعيد حالته الأصلية جزئياً فيقال إنه جسم مرن.

والجسم التام المرونة لا يملك هذه الصفة بشكل مطلق، ولكن يكون الجسم تام المرونة في مدي معين، وخلال هذا المدى يتناسب الانفعال تناسب طردياً مع الإجهاد كما ينطبق قانون هوك خلال هذا المدى. والحد الذي يفقد الجسم عنده خاصية المرونة التامة يسمى بحد المرونة. ومثال علي ذلك نابض "زنبرك" أو سلك معدني مثبت من طرفه ويؤثر في طرفه الآخر قوة خارجية.



فإذا نُبت سلك طوله  $l(cm)$  ومساحة مقطعه  $A(cm^2)$  من طرفه العلوي ثم علق في طرفه الأسفل كتلة مقدارها  $m(kg)$  فإن السلك يقع تحت تأثير قوة  $F = mg(N)$  ونتيجة لهذه القوة فإن السلك يستطيل بمقدار  $\Delta l(cm)$ . وعند إزالة القوة  $F$  يعود السلك إلي طوله الأصلي  $l$  كما في الشكل (1).

شكل (1)



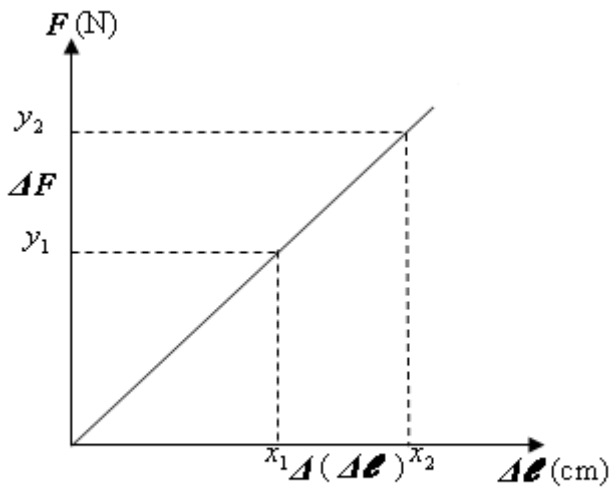
تسمى القوة المؤثرة علي وحدة مساحة مقطع السلك  $F/A$  بالإجهاد، ويسمى التغير في الطول بالنسبة إلى الطول الأصلي  $\Delta \ell / \ell$  بالانفعال الطولي.

حسب قانون هوك فإن الإجهاد يتناسب تناسباً طردياً مع الانفعال، ويسمى معامل التناسب  $Y$  معامل المرونة الطولي للسلك أو معامل ينج لمادة السلك.

$$\frac{F}{A} = Y \frac{\Delta \ell}{\ell} \quad (1)$$

ومن المعادلة أعلاه نجد أن القوة  $F$  تتناسب مع الاستطالة  $\Delta \ell$ :

$$F = \frac{A Y}{\ell} \Delta \ell \quad (2)$$



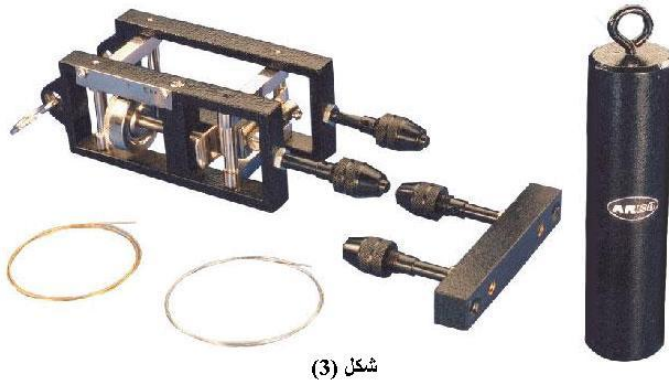
شكل (2)

ومن الجدير بالذكر أن العلاقة (2) صالحة فقط عند القيم الصغيرة للإجهاد. أما عند قيم أكبر قليلاً للإجهاد فيحدث للمادة تشويه دائم ولا يمكن أن تعود بعدها لنفس الأبعاد الأصلية. وبتطبيق قيم أكبر للإجهاد يحدث للمادة خضوع (استسلام) وبعدها تكسر المادة. وبرسم العلاقة بين القوة  $F$  علي المحور الرأسي وبين الاستطالة  $\Delta \ell$  علي المحور الأفقي نحصل علي خط مستقيم يمر

بنقطة الأصل وميله يساوي  $AY/\ell$  كما هو موضح بالشكل (2). أي أن:

$$\frac{\Delta F}{\Delta(\Delta \ell)} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \text{ميل الخط المستقيم}$$

ويكون معامل ينج:



شكل (3)

$$Y = \frac{\ell}{A} \times \text{الميل}$$

### الأدوات المستخدمة:

جهاز سيرل لتعيين معامل ينج

الموضح بالشكل (3) - سلك معدني مرن

- مجموعة أثقال - مسطرة مدرجة - ميكروميتر.

### خطوات العمل:

1 - علق سلكين متساويين في الطول ومن نفس نوع المادة في جهاز سيرل، وفائدة السلك

المرجع أنه يعادل أي تغير في طول السلك محل الاختبار نتيجة لتغير درجة حرارة

الغرفة أثناء التجربة. ثم عين

طول أي منهما  $\ell$  وسجل

النتيجة. يوضح الشكل (4)

رسماً تخطيطياً لجهاز سيرل

المستخدم في هذه التجربة.

2 - مستخدماً الميكروميتر عين

قطر السلك  $2r$  في أكثر من

موضع، ثم أحسب متوسط

نصف قطر السلك  $r$ . ثم عين

مساحة مقطع السلك  $A$ ، حيث

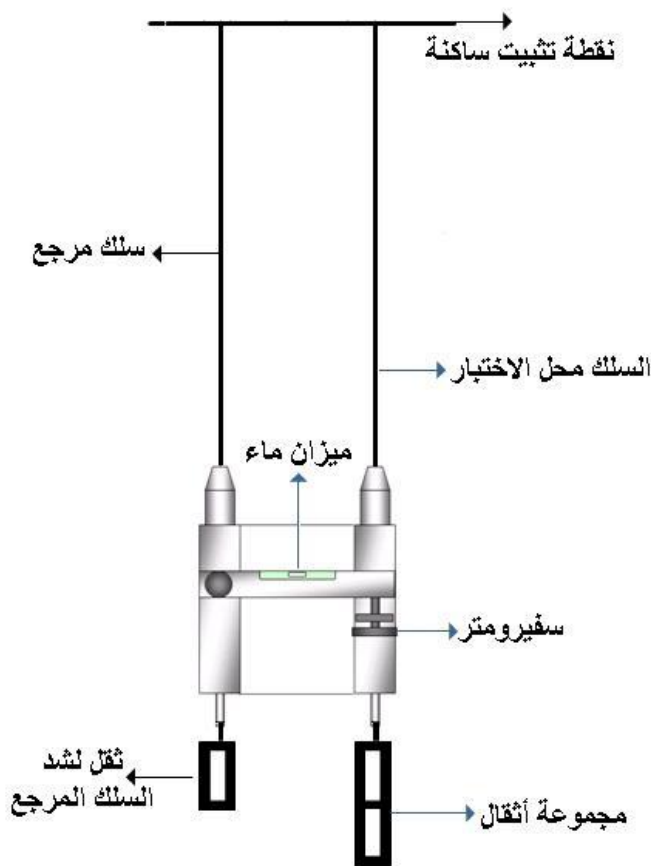
$$A = \pi r^2$$

3 - علق ثقلين متساويين في

السلك المرجع والسلك محل

الاختبار لجعلهما مشدودين

جيداً "هذه الأثقال لا تحسب عند حساب الكتلة  $m$ ". أضبط الأسفروميتر بحيث تكون فقاعة



شكل (4)

الهواء لميزان التسوية "ميزان الماء" في منتصف التدرج وهذا يعنى أن ميزان التسوية في وضع أفقي تماماً، ثم سجل قراءة الأسفرومتر عند هذا الوضع ولتكن  $x_0$ .

- 4 - علق ثقلاً آخر مقداره  $m \text{ kg}$  في السلك محل الاختبار، سوف تلاحظ انحراف فقاعة الهواء في ميزان التسوية عن موضعها السابق مما يدل علي استطالة السلك نتيجة الشد.
- 5 - حرك الأسفرومتر إلي أن توجع الفقاعة إلي منتصف التدرج، ثم سجل القراءة الجديدة  $x$  في الجدول المرفق.

6 - أوجد الفرق بين القراءتين  $(x - x_0)$  وهي تمثل مقدار الاستطالة في طول السلك  $\Delta l$ .

- 7 - كرر الخطوات السابقة (3) إلي (5) بوضع أثقال مختلفة، وفي كل مرة أحسب استطالة السلك  $\Delta l$ ، ثم سجل النتائج في الجدول المرفق.

- 8 - ارسم العلاقة بين القوة  $F$  علي المحور الرأسي وبين الاستطالة  $\Delta l$  علي المحور الأفقي نحصل علي خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي  $AY/l$ .

### النتائج:

$$l = \dots\dots m$$

$$r = \dots\dots m$$

$$A = \pi r^2 = \dots\dots m^2$$

$$x_0 = \dots\dots cm$$

$m(kg)$	$F=mg \text{ (N)}$	$x \times 10^{-2}(m)$	$\Delta l = x - x_0$
---------	--------------------	-----------------------	----------------------

--	--	--	--

ميل الخط المستقيم = .....

$$Y = \frac{l}{A} \times \text{الميل} = \dots\dots\dots \frac{N}{m^2}$$

## تعيين معامل اللزوجة لسائل بطريقة ستوكس

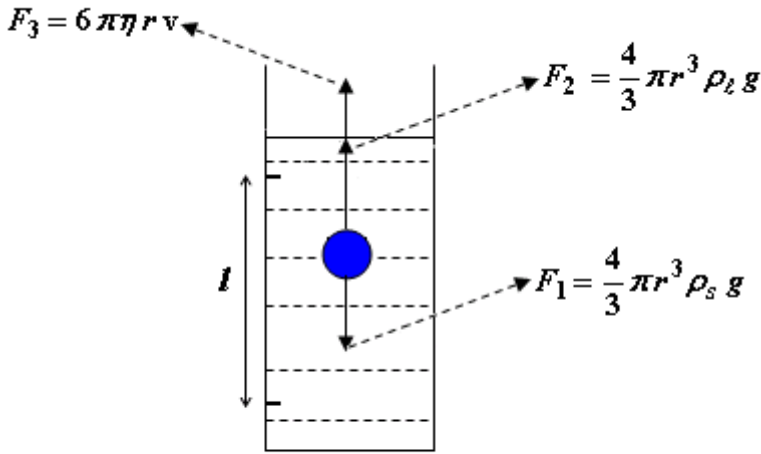
## الهدف من التجربة:

تعيين معامل اللزوجة لسائل بطريقة ستوكس.

## نظرية التجربة :

تعرف اللزوجة على أنها المقاومة التي تبديها السوائل أو بشكل عام الموائع ضد حركتها هي أو ضد حركة الأجسام الأخرى فيها. وتلك الخاصية تختلف كثيرا بين السوائل بعضها البعض ويمكن التفريق بينهما بقياس ما يسمى **معامل اللزوجة** وهو القوة المماسية التي إذا أثرت على وحدة مساحة طبقة سائل غيرت معدل ميل السرعة في الاتجاه العمودي بمقدار الوحدة. ومعامل اللزوجة يتوقف على نوع السائل وعلى درجة حرارته ويقاس بوحدة تسمى البواز أبعادها هي الداين لوحدة المساحة لوحدة ميل السرعة  $(\text{dyne.sec/cm}^2)$ . وهناك عدة طرق لتعيين معامل لزوجة السوائل منها سقوط كرة معدنية في أنبوبة زجاجية بها سائل وهذه الطريقة تعرف بطريقة **ستوكس**.

إذا أسقطت كرة في سائل



شكل (1)

لزج فإن سرعتها تزداد تدريجيا إلى أن تصل إلى قيمة نهائية تسقط بعدها الكرة بسرعة منتظمة  $v$  وتصل الكرة إلى هذه الحالة سريعا بعد عدة سنتيمترات من سطح السائل، وعندها تصبح الكرة أثناء حركتها إلى أسفل في حالة اتزان تحت تأثير ثلاثة قوى هي كما في الشكل (1):

الأولي: قوة الوزن (الجاذبية الأرضية)  $F_1$  وتكون لأسفل وتساوى:

$$F_1 = m g = V_s \rho_s g = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_s g$$

حيث:  $m$  كتلة الكرة،  $g$  عجلة الجاذبية الأرضية،  $V_s$  حجم الكرة،  $\rho_s$  كثافة مادة الكرة،  $r$  نصف قطر الكرة.

الثانية: قوة دفع السائل للكرة  $F_2$  وتكون لأعلى وهو يساوى وزن كمية من السائل حجمها مساو لحجم الكرة وتساوى:

$$F_2 = V_s \rho_\ell g = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_\ell g$$

حيث:  $\rho_\ell$  كثافة مادة السائل.

الثالثة: القوة الناتجة عن لزوجة السائل  $F_3$  وتكون لأعلى وتساوى:

$$F_3 = 6\pi\eta r v$$

حيث:  $v$  سرعة سقوط الكرة داخل السائل،  $\eta$  معامل اللزوجة للسائل.

وشرط اتزان هذه القوي عندما تنتظم سرعة الكرة داخل السائل هو:

$$F_1 = F_2 + F_3$$

ومنها بعد التعويض والاختزال نحصل علي:

$$v = \frac{2}{9} (\rho_s - \rho_\ell) \frac{g}{\eta} r^2$$

وهذه العلاقة بين سرعة الكرة المنتظمة  $v$  ومربع

نصف قطرها  $r^2$  هي علاقة خط مستقيم يمر بنقطة

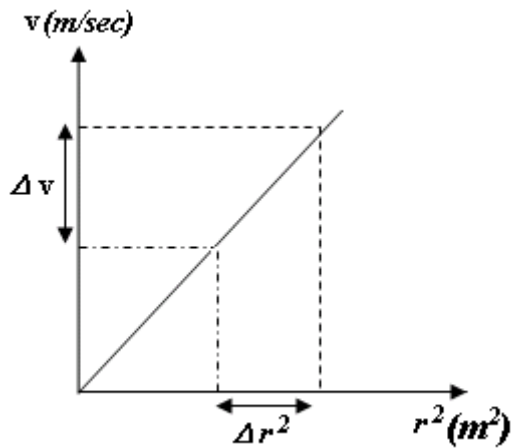
الأصل وميله يساوي:

$$\text{الميل} = \frac{2}{9} (\rho_s - \rho_\ell) \frac{g}{\eta}$$

وبذلك يمكن إيجاد معامل اللزوجة  $\eta$  للسائل

كالآتي:

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{(\rho_s - \rho_\ell) g}{\text{الميل}} \quad (1)$$



كرات معدنية (حديد) مختلفة الحجم، سائل لزج (جلسرين أو زيت)، ساعة إيقاف، ميكرومتر، مسطرة مترية.

## النتائج:

$r \text{ (m)}$	$t \text{ (sec)}$	$v \text{ (m/sec)}$	$r^2 \text{ (m}^2\text{)}$

$$\text{كثافة مادة الكرة } \rho_s = 7.85 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{كثافة السائل } \rho_\ell = \dots \text{ kg/m}^3$$

$$\text{عجلة الجاذبية } g = 9.85 \text{ m/sec}^2$$

$$\text{طول مسافة السقوط } L = \dots \text{ m}$$

$$\text{الميل} = \dots$$

$$\text{معامل اللزوجة } \eta = \dots \text{ N. sec /m}^2$$

$$\text{بواز} = \dots$$

ملحوظة:-

لتعيين كثافة السائل المستخدم أنظر جدول الكثافات في الملحق بنهاية المذكرة.

$$1 \text{ N. sec/m}^2 = 10 \text{ dyne.sec/cm}^2 = 10 \text{ Poise (بواز)}$$



## التوتر السطحي

### الهدف من التجربة:

تعيين معامل التوتر السطحي لسائل  $T$ .

### نظرية التجربة:

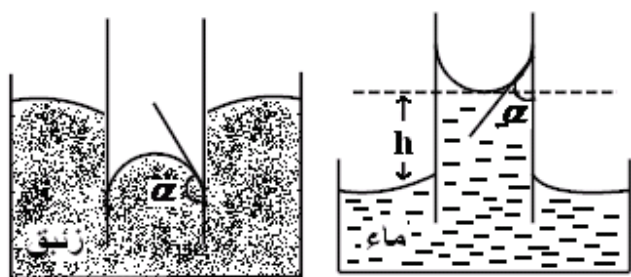
إن جميع الجزيئات الواقعة في الطبقة السطحية للسائل تتجاذب إلى داخل السائل، لكن الحيز داخل السائل يكون مشغولاً بجزيئات أخرى لذا تحدث الطبقة السطحية ضغطاً على السائل يدعى التوتر السطحي ومن ذلك يمكننا تعريف التوتر السطحي  $T$  على أنه القوة المؤثرة على وحدة الأطوال من محيط سطح السائل.

$$T = \frac{F}{L} \quad (N/m)$$

وهناك طرق عديدة لقياس التوتر السطحي لسائل منها طريقة الأنبوب الشعري وطريقة وزن القطرات، وفي هذه التجربة سوف نعين التوتر السطحي للسائل باستخدام طريقة الأنبوب الشعري.

فلذا غمرنا أنبوباً شعرياً زجاجياً في سائل فهناك احتمالين وهما:

1 - يرتفع سطح السائل داخل الأنبوب



(ب)

الشكل (1)

(أ)

الشعري عن منسوب السائل في الوعاء الذي يحويه، ويكون سطح السائل داخل الأنبوب الشعري مقعراً. وتكون الزاوية  $\alpha$  المحصورة بين المماس لسطح السائل وبين

جدار الأنبوب زاوية حادة ( $\alpha < 90^\circ$ ) وتسمى هذه الزاوية بزاوية التلامس (شكل 1- أ).

2 - ينخفض سطح السائل داخل الأنبوب الشعري عن منسوب السائل في الوعاء الذي يحويه، ويكون سطح السائل داخل الأنبوب الشعري محدباً. وتكون زاوية التلامس منفرجة ( $\alpha > 90^\circ$ ) (شكل 1- ب).

إن ارتفاع أو انخفاض السائل في الأنبوب الشعري عن منسوب السائل في الوعاء الذي يحويه يعود سببه إلى كل من قيمة محصلة قوي التلاصق بين جزيئات السائل وجزيئات الأنبوب الشعري وقيمة محصلة قوي التماسك بين جزيئات السائل بعضها وبعض. فإذا كانت محصلة قوي التلاصق أكبر من محصلة قوي التماسك فإن السائل يرتفع في الأنبوب الشعري ويأخذ سطحه شكلاً مقعراً، ويقال في هذه الحالة أن السائل مبللاً كما في حالة الماء مع الزجاج. أما إذا كانت محصلة قوي التماسك أكبر من محصلة قوي التلاصق فإن السائل ينخفض في الأنبوب الشعري ويأخذ سطحه شكلاً محدباً، ويقال في هذه الحالة أن السائل غير مبلل كما في حالة الزئبق مع الزجاج.

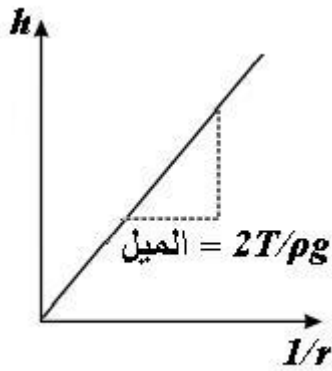
إن المسافة بين مستوي سطح السائل في الوعاء والمستوى الذي ارتفع إليه السائل داخل الأنبوب الشعري الزجاجي  $h$  تحدد بالعلاقة:

$$h = \frac{2 T \cos \alpha}{r \rho g} \quad (1)$$

حيث:  $\rho$  كثافة السائل،  $g$  تسارع الجاذبية الأرضية،  $r$  نصف قطر الأنبوب الشعري الزجاجي،  $\alpha$  زاوية التلامس،  $T$  التوتر السطحي.

في حالة الماء مع الزجاج تكون زاوية التلامس  $\alpha$  صغيرة جداً وقريبة من الصفر، بحيث يمكن استخدام التقريب  $\cos \alpha = 1$  وبالتالي تصبح العلاقة (2) على الصورة:

$$h = \frac{2 T}{\rho g} \frac{1}{r} \quad (2)$$



شكل (2)

والعلاقة (2) بين  $h$  على المحور الرأسي وبين  $1/r$  على المحور الأفقي هي علاقة خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي  $2T/\rho g$  كما هو موضح بالشكل (2). وبمعلومية كل من  $\rho$  كثافة السائل،  $g$  تسارع الجاذبية الأرضية يمكن تعيين معامل التوتر السطحي للسائل  $T$ .

كاس زجاجي – أنابيب شعرية مختلفة الأقطار – ماء .

**خطوات العمل:**

1. أغمر أنبوباً شعرياً نظيفاً (نصف قطره  $r$  معلوم) بشكل رأسي في كأس يحوى سائل (ماء).
2. قس الارتفاع  $h$  بين سطح السائل في الكأس ومستوى السائل في الأنبوب الشعري وسجل النتائج في الجدول المرفق.
3. كرر الخطوة 1، 2 عدة مرات لقيم مختلفة من  $r$  وسجل النتائج في الجدول المرفق.
4. ارسم العلاقة بين  $h$  علي المحور الرأسي وبين  $1/r$  علي المحور الأفقي لتحصل علي خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وميله يساوي  $2T/\rho g$ ، وبمعلومية كل من  $\rho$  كثافة السائل،  $g$  تسارع الجاذبية الأرضية عين معامل التوتر السطحي للسائل  $T$ .

**النتائج:**

$r (m)$	$h (m)$	$1/r$

$$\rho = 1000 \quad kg/m^3$$

$$g = 9.8 \quad m/sec^2$$

$$الميل = 2T/\rho g = \dots\dots$$

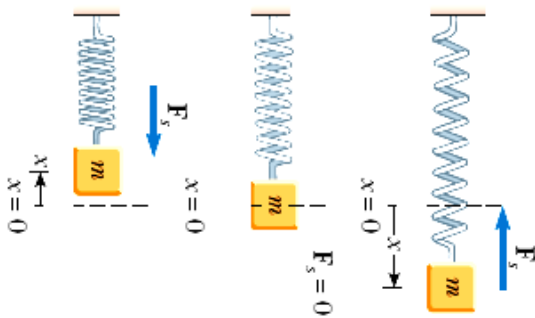
$$T = \dots \quad N/m$$

## تحقيق قانون هوك بالطريقة الساكنة "الإستاتيكية"

### الهدف من التجربة:

تحقيق قانون هوك وإيجاد عملياً ثابت المرونة (الاستطالة) بالطريقة الساكنة.

### نظرية التجربة:



شكل (1)

يرتبط قانون هوك بالأجسام المرنة ذات القابلية للاستطالة أو الانضغاطية نتيجة لوقوعها تحت تأثير قوة خارجية، والتي تشتهر بمسمى القوة الإرجاعية. والقوة الإرجاعية هي القوة التي تجعل الأجسام تستطيل وتنضغط حول موضع الاتزان كما في شكل (1)، وذلك تحت شرط

عودة الجسم إلى شكله الأصلي عند زوال القوة الإرجاعية. والصيغة الرياضية لقانون هوك هي

$$F = -k x \quad (1)$$

حيث  $F$  القوة الإرجاعية،  $k$  ثابت الاستطالة،  $x$  الاستطالة الحادثة.

و الطريقة الساكنة هي تطبيق مباشر على قانون هوك (المعادلة (1))، فعند تعليق أوزان

مختلفة  $F = mg$ ، حيث  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$  عجلة الجاذبية الأرضية، تحت شرط عدم

اهتزاز الزنبرك وقياس الاستطالة الحادثة في الزنبرك  $x$  نجد أن العلاقة هي:

$$F = mg = -k x \quad (2)$$

وهي عبارة عن علاقة خط مستقيم يمر بنقطة الأصل  $Y = aX$  حيث  $Y \equiv F$ ،  $X \equiv x$

وميل الخط المستقيم  $a = k$ .

### الأدوات المستخدمة:

**خطوات العمل:**

- 1 - علق كتلا مختلفة في طرف الزنبرك ثم حدد في كل مرة استطالة الزنبرك عند الاتزان.
- 2 - أحسب الاستطالة الناتجة في كل حالة.
- 3 - سجل النتائج في الجدول المرفق.
- 4 - أرسم العلاقة بين  $x$  على المحور السيني،  $F$  على المحور الصادي ثم أوجد ميل الخط المستقيم الناشئ ومنه عين ثابت الاستطالة "ثابت الزنبرك"  $k$ .

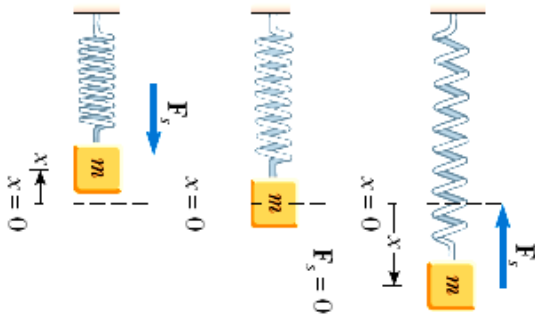
$F=mg$ (N)	$x$ (m)

## تحقيق قانون هوك بالطريقة الحركية "الديناميكية"

### الهدف من التجربة:

تحقيق قانون هوك وإيجاد عملياً ثابت المرونة (الاستطالة) بالطريقة الحركية.

### نظرية التجربة:



شكل (١)

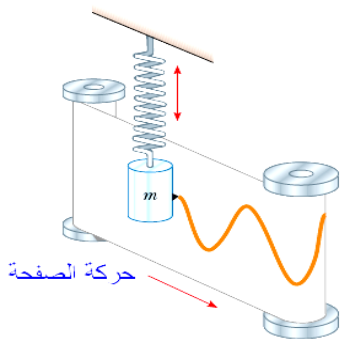
يرتبط قانون هوك بالأجسام المرنة ذات القابلية للاستطالة أو الانضغاطية نتيجة لوقوعها تحت تأثير قوة خارجية، والتي تشتهر بمسمى القوة الإرجاعية. والقوة الإرجاعية هي القوة التي تجعل الأجسام تستطيل وتنضغط حول موضع الاتزان كما في شكل (1)، وذلك تحت شرط

عودة الجسم إلى شكله الأصلي عند زوال القوة الإرجاعية. والصيغة الرياضية لقانون هوك هي

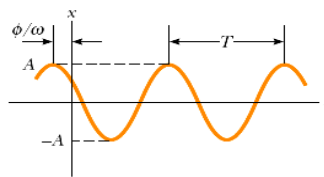
$$F = -k x \quad (1)$$

حيث  $F$  القوة الإرجاعية،  $k$  ثابت الاستطالة،  $x$  الاستطالة الحادثة.

التطبيق العملي لقانون هوك في صورته المبسطة هو اهتزاز السلك الزنبركي المعلق به كتلة  $m$  حول موضع الاتزان  $x = 0$  كما في شكل (1)، وفيه نلاحظ أن اتجاه القوة الإرجاعية  $F$  والإزاحة  $x$  متعاكسان.



شكل (٢)



وبالتالي تكون الحركة الإهتزازية للكتلة  $m$  عبارة عن حركة توافقية بسيطة كما هو موضح بالشكل (2).

$$x = A \cos(\omega t + \phi) \quad (2)$$

حيث  $A$  سعة الموجة،  $\phi$  فرق الطور،

$\omega$  التردد الزاوي، وهو يرتبط بالتردد  $f$  والزمن الدوري  $T$  من خلال العلاقة التالية:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad (3)$$

بتفاضل المعادلة (2) مرتين بالنسبة للزمن نجد أن:

$$\ddot{x} = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi) = -\omega^2 x \quad (4)$$

بضرب طرفي المعادلة في  $m$  نجد أن:

$$m\ddot{x} = F = -\omega^2 m x$$

عند مقارنة تلك المعادلة مع قانون هوك المعادلة (1) والتي تعاد كتابتها على الصورة التالية:

$$F = ma = m\ddot{x} = m \frac{d^2 x}{dt^2} = -k x \quad (5)$$

نجد أن المعادلة (2) هي الحل العام للمعادلة التفاضلية لقانون هوك (المعادلة (5))، وكذلك يرتبط التردد الزاوي بمعامل الاستطالة بالعلاقة التالية:

$$\omega^2 = k / m \quad (6)$$

من المعادلتين (3)، (6) نجد أن العلاقة التي تربط بين الزمن الدوري ومعامل الاستطالة هي:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{\omega^2} = \frac{4\pi^2 m}{k} \quad (7)$$

الطريقة الديناميكية تطبيق مباشر على المعادلة (7)، فعند تعليق أثقال مختلفة  $m$  ورفع هذا الثقل إلى أعلى ثم تركه حراً فإنه يتذبذب رأسياً حول موضع اتزان. "هناك من يحدث الاهتزاز في الزنبرك عن طريقة جذب الثقل لأسفل، وهذا خطأ فيزيائي حيث يعني ذلك إضافة القوة التي جذبت بها الزنبرك، والتي لا يمكن إعتبارها قوة إرجاعية. " والعلاقة الناشئة عن المعادلة (7) هي أيضاً علاقة خط مستقيم يمر بنقطة الأصل  $Y = aX$  حيث  $X \equiv m$ ،

$$Y \equiv T^2 \text{ وميل الخط المستقيم } a = \frac{4\pi^2}{k}.$$

### الأدوات المستخدمة:

زنبرك (نابض) – حامل – أثقال – ساعة إيقاف.

### خطوات العمل:

- 1 - علق ثقلاً في طرف الزنبرك. أرفعه قليلاً إلى الأعلى وأتركه يتذبذب رأسياً حول موضع اتزانه في حركة توافقية بسيطة.
- 2 - أحسب زمن عشرين ذبذبه كاملة ثم استنتج زمن الذبذبة الواحدة.
- 3 - كرر الخطوتين 1-2 عدة مرات لأثقال أخرى ودون النتائج في الجدول التالي:

	$m \text{ (kg)}$	$20T \text{ (s)}$	$T \text{ (s)}$	$T^2 \text{ (s}^2\text{)}$
1				
2				
3				
4				
5				

- 4 - أرسم العلاقة بين  $m$  على المحور السيني،  $T^2$  على المحور الصادي ثم أوجد

ميل الخط المستقيم الناشئ ومنه عين ثابت الاستطالة  $a = \frac{4\pi^2}{k}$ .

- 5 - قارن بين قيم ثابت الاستطالة في كل من الطريقة الساكنة والمتحركة.



## دراسة قاعدة أرشميدس

### الهدف من التجربة:

- تحقيق قاعدة أرشميدس.
- استخدام قاعدة أرشميدس لإيجاد الوزن النوعي لمواد صلبة وسائلة.

### نظرية التجربة:

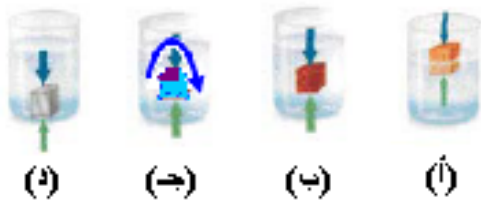
#### أولاً: تحقيق قاعدة أرشميدس:

تنص قاعدة أرشميدس علي أنه: (إذا غمر جسم جزئياً أو كلياً في سائل فإنه يلاقي دفعاً من أسفل إلى أعلى هذا الدفع يساوي وزن السائل المزاح). ويمكن التعبير عن قاعدة أرشميدس رياضياً بالعلاقة:

$$F = \rho V g \quad (1)$$

حيث:  $F$  تمثل قوة الدفع،  $\rho$  كثافة السائل،  $V$  حجم الجزء المغمور من الجسم في السائل،  $g$  عجلة الجاذبية الأرضية. وتعمل قوة الدفع لأعلى بينما يؤثر وزن الجسم لأسفل ولذلك فإنه عند غمر جسم في سائل يحدث أحد الاحتمالات التالية:

1 - يطفو الجسم "جسم مغمور جزئياً" كما



بالشكل (1- أ) وذلك إذا كان الدفع الناشئ عن الجزء المغمور من الجسم مساوياً لوزن الجسم في الهواء. وفي تلك الحالة تكون

كثافة الجسم أقل من كثافة السائل.

2 - ينغمر الجسم بالكامل، ثم يستقر معلقاً تحت سطح السائل كما بالشكل (1- ب) وذلك إذا كان الدفع الناشئ عن غمر الجسم مساوياً لوزن الجسم في الهواء. وفي تلك الحالة تكون كثافة الجسم مساوية لكثافة السائل.

3 - ينغمر الجسم بالكامل ويصبح معلقاً تحت سطح السائل وفي نفس الوقت يدور حول نفسه كما بالشكل (1- ج) وذلك إذا كان الدفع الناشئ عن غمر الجسم مساوياً لوزن الجسم في الهواء، وكان خط عمل كل منهما لا يقع على استقامة الآخر "أي أن خط عمل الدفع لا يمر

بمركز ثقل الجسم"، ويتحقق ذلك إذا كانت كثافة الجسم غير متجانسة. وفي تلك الحالة تكون كثافة الجسم المتوسطة مساوية لكثافة السائل.

4 - يغوص الجسم في السائل ويستقر في القاع كما بالشكل ( 1- د ) وذلك إذا كان الدفع أقل من الوزن الحقيقي للجسم "وزن الجسم في الهواء". وفي تلك الحالة تكون كثافة الجسم أكبر من كثافة السائل.

### الأدوات المستخدمة:

حامل - ميزان زنبركي "dynamometer" - وعاء خفيف - كرة معدنية - كأس به ماء  
ويسمح بتدفق السائل المزاح - كأس به سائل "جلسرين أو كبروسين" - مخبر مدرج.

### خطوات العمل:

1 - عين قطر الكرة  $2r$  مستخدماً القدمة ذات الورانية - "راجع طريقة استخدام القدمة بمقدمة المذكرة" - ومنه عين نصف قطرها  $r$  ثم احسب حجم الكرة  $V$  من العلاقة:

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

2 - إملأ إناء الإزاحة الذي يسمح بتدفق السائل بالماء

لنهايته، وبعد توقف تدفق الماء ضع المخبر المدرج وهو نظيف وجاف كما هو موضح بالشكل (2).

3 - علق الميزان الزنبركي والوعاء الخفيف والكرة في الحامل كما هو موضح بالشكل (2).

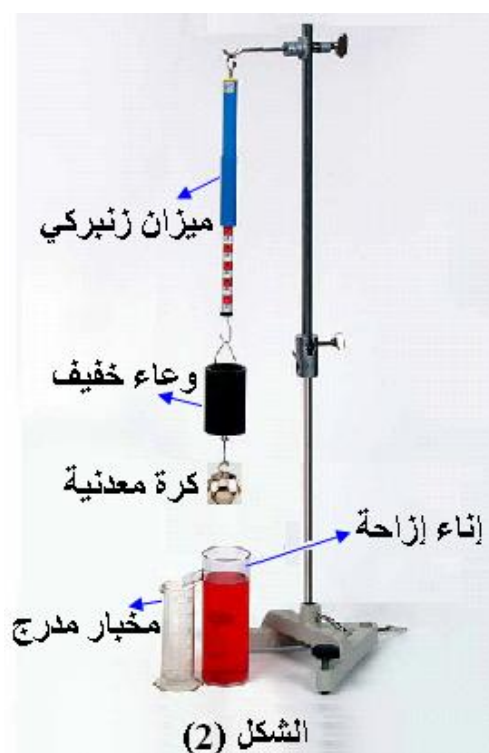
4 - عين قراءة الميزان  $F_1$  وهي تمثل وزن الكرة والوعاء الخفيف.

5 - فك مسمار الحامل المحوي وحرك الميزان

لأسفل حتى تغمر الكرة بالكامل في الماء

الموجود بإناء الإزاحة ، وانتظر حتى يتدفق كل

السائل المزاح من إناء الإزاحة إلي المخبر المدرج.



- 6 - عين قراءة الميزان  $F_2$  وهي تمثل وزن الكرة في الماء مضافاً إليه وزن الوعاء الخفيف.  
7 - أحسب مقدار الدفع  $F$  المؤثر علي الكرة من العلاقة:

$$F = F_1 - F_2 \quad (2)$$

- 8 - عين حجم الماء الذي تدفق في المخبر المدرج، ثم قارن هذا الحجم بحجم الكرة  $V$  المعين في الخطوة (1).

- 9 - أضف الماء الذي تدفق في المخبر المدرج إلي الوعاء الخفيف، ثم عين قراءة الميزان  $F_3$  وهي تمثل وزن الكرة في الماء مضافاً إليه وزن السائل المزاح مضافاً إليه وزن الوعاء الخفيف.

- 10 - قارن بين قوة الدفع المحسوبة نظرياً من العلاقة (1) وبين قوة الدفع المحسوبة عملياً من العلاقة (2).

- 11 - قارن بين القراءتين  $F_1$  ،  $F_3$  ستجدهما متساويتين مما يدل علي أن الكرة وهي مغمورة في الماء تلقي دفعاً يساوي وزن السائل في الوعاء الخفيف وهو وزن السائل المزاح.

### النتائج:

قطر الكرة $2r$	=	.....	سم.
نصف قطر الكرة $r$	=	.....	سم.
حجم الكرة $V$	=	.....	سم <sup>3</sup> .
حجم الماء بالمخبر المدرج	=	.....	سم <sup>3</sup> .
كثافة الماء $\rho$	=	1	جم/سم <sup>3</sup> .
عجلة الجاذبية الأرضية $g$	=	980	سم/ثانية <sup>2</sup> .
قراءة الميزان $F_1$	=	.....	نيوتن.
قراءة الميزان $F_2$	=	.....	نيوتن.
قراءة الميزان $F_3$	=	.....	نيوتن.
قوة الدفع $F$ حسابياً	=	.....	داين.
	=	$10^{-5} \times \dots$	نيوتن.

قوة الدفع  $F$  عملياً = ..... نيوتن.

**ثانياً: إيجاد الوزن النوعي لمادة جسم صلب يغمر في الماء:**

يعرف الوزن النوعي للمادة بأنه النسبة بين كثافة المادة عند درجة حرارة معينة إلى كثافة الماء عند نفس درجة الحرارة.

عند تعليق الكرة في الميزان الزنبركي كما بالشكل (3) فإن قراءة الميزان  $F_1$  تمثل وزن الكرة، أي أن:

$$F_1 = \rho_s V g \quad (3)$$

حيث  $\rho_s$  كثافة مادة الكرة. فإذا خفضنا الميزان لتغمر الكرة في الماء فإن قراءة الميزان  $F_2$  تمثل وزن الكرة في الماء. وبالتالي يكون الدفع  $F$  مساوياً:

$$F = F_1 - F_2 = \rho V g \quad (4)$$

وبقسمة العلاقة (3) علي العلاقة (4) نحصل علي:

$$\text{الوزن النوعي لمادة الكرة} = \frac{F_1}{F} = \frac{\rho_s}{\rho} \quad (5)$$

### خطوات العمل:

- 1- علق الميزان الزنبركي والكرة في الحامل كما هو موضح بالشكل (3).
- 2- عين قراءة الميزان  $F_1$  وهي تمثل وزن الكرة في الهواء.
- 3- فك مسمار الحامل المحوي وحرك الميزان لأسفل حتى تغمر الكرة بالكامل في الماء، ثم عين قراءة الميزان  $F_2$  وهي تمثل وزن الكرة في الماء.
- 4- أحسب مقدار الدفع  $F$  المؤثر علي الكرة من العلاقة (4).
- 5- أحسب الوزن النوعي من العلاقة (5).



الشكل (3)

### النتائج:

وزن الكرة في الهواء  $F_1$  ..... = نيوتن.

وزن الكرة في الماء  $F_2$  ..... = نيوتن.

قوة الدفع  $F$  ..... = نيوتن.

الوزن النوعي لمادة الكرة ..... =

### ثالثاً: إيجاد الوزن النوعي لسائل:

إذا استبدلنا الماء في الجزء السابق بالسائل المراد تعيين وزنه النوعي ثم عينا وزن الكرة في هذا السائل وليكن  $F_3$ ، وباستخدام نتائج الجزء السابق يكون دفع السائل للكرة  $F'$  مساوياً:

$$F' = F_1 - F_3 = \rho_L V g \quad (6)$$

حيث  $\rho_L$  تمثل كثافة مادة السائل. وبقسمة العلاقة (6) علي العلاقة (4) نحصل علي:

$$\text{الوزن النوعي لمادة السائل} = \frac{F'}{F} = \frac{\rho_L}{\rho} \quad (5)$$

### النتائج:

وزن الكرة في السائل  $F_3$  ..... = نيوتن.

قوة دفع السائل  $F'$  ..... = نيوتن.

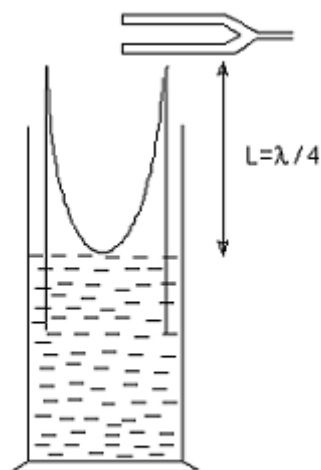
الوزن النوعي لمادة السائل ..... =

## سرعة الصوت

### هدف التجربة:

تعيين سرعة الصوت في الهواء باستخدام عمود هوائي مغلق من احد طرفيه.

### نظرية التجربة:



شكل (1)

تنعكس الموجات الطولية الصادرة من شوكة رنانة عند سطح الماء داخل أنبوبة الرنين وتتداخل الموجات الصوتية المنعكسة مع الموجات الساقطة . وفى حالة حدوث رنين تكون هذه المجموعة من الموجات ما يسمى بالموجات الموقوفة بحيث تتكون عقدة عند سطح الماء ويتكون بطن بالقرب من فوهة الأنبوبة وذلك كما هو موضح بالشكل.

ويكون طول أقصر عمود هوائي مفتوح (  $L$  ) يحدث

رنين مع الشوكة مساويا (  $\lambda/4$  ) حيث إن (  $\lambda$  ) هو الطول الموجي. ونستطيع الحصول على رنين متكرر عند أطوال مختلفة من العمود الهوائي (  $L$  ) طبقاً للعلاقة التالية :

$$L = (2n + 1) \frac{\lambda}{4} \quad (1)$$

حيث:  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

و يتضح من العلاقة السابقة أن كل طول  $L$  يحدث عنده رنين يساوى عدد فردى من ربع الطول الموجى  $\lambda$ . فمثلا أول رنين يحدث عند  $L = \lambda/4$  والرنين الثاني عند  $L = 3\lambda/4$  وهكذا.

ولكن في الحقيقة فإن الطول الفعلي للعمود الهوائي يكون أطول بقليل من المسافة بين

سطح الماء وفوهة العمود حيث يكون بطن الموجة عند الرنين خارج فوهة الأنبوبة بمقدار  $L'$  وبذلك تكتب المعادلة (1) على النحو التالي :

$$L + L' = (2n + 1) \frac{\lambda}{4} \quad (2)$$

وإذا اكتفينا بالرنين الأول فإن الطول الموجي  $\lambda$  يساوي:

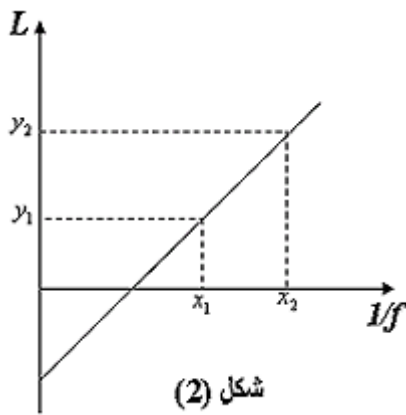
$$\lambda = 4(L + L') \quad (3)$$

وإذا كانت سرعة الموجة  $v$  تعطى من العلاقة التالية:

$$v = f \cdot \lambda \quad (4)$$

حيث  $f$  هو تردد الموجة. ومن المعادلتين (3) و (4) ينتج أن:

$$L = \frac{v}{4f} - L' \quad (5)$$



نلاحظ أن العلاقة بين  $L$  و  $1/f$  علاقة خط مستقيم يقطع جزء سالب من محور الصادات وميل هذا الخط يساوي  $v/4$ . ومن ثم يمكننا حساب سرعة الصوت في الهواء من حساب ميل الخط.

#### الأدوات المستخدمة:

شوك رنانة مختلفة الترددات – مطرقة – أنبوبة مغلقة من طرف واحد – مخبار - ماء.

#### خطوات العمل:

- 1- ضع الأنبوبة المفتوحة من الطرفين في مخبار مملوء بالماء.
- 2- أطرق الشوكة الرنانة ثم قربها من الطرف العلوي للأنبوبة مع رفعها إلى الأعلى ببطء إلى أن تحصل على أول رنين ، قس طول العمود الهوائي  $L$ .
- 3- كرر الخطوة السابقة مستخدماً شوك رنانة مختلفة الترددات مع تسجـ يل النتائج في جدول كالتالي :

$f \text{ (Hz)}$					
$1/f$					
$L \text{ (m)}$					

4- ارسم العلاقة البيانية بين طول العمود  $L$  ومقلوب تردد الشوك  $1/f$ .

5- أحسب ميل الخط ومن ثم استنتج سرعة الصوت  $v$ :

$$\text{السرعة } v = 4 \times \text{الميل}$$

6- قس الطول  $L$  لعمود الهواء الذي يحصل عنده الرنين للشوكة المجهولة ثم استنتج من

الرسم البياني  $1/f$  ومنها عين تردد الشوكة المجهولة  $f$ .



## تعيين التردد لمصدر تيار كهربائي متردد باستخدام طريقة ميلد

### هدف التجربة

تعيين التردد لمصدر تيار كهربائي متردد باستخدام طريقة ميلد.

### نظرية التجربة

عند اهتزاز سلك طوله  $l$  ومثبت من طرفيه، تحت تأثير قوة شد معين فإن طول الموجه المتكونة فيه يعطي بالعلاقة :

$$\lambda = \frac{2\ell}{n}$$

حيث " $n$ " هو عدد البطون المتكونة على طول السلك . وسرعة انتشار الموجات على السلك هي " $v$ "، وتعطى سرعة انتشار الموجات بالعلاقة التالية:

$$v = \sqrt{\frac{F}{m}}$$

حيث " $F$ " هي قوة الشد في السلك أو الوتر .

و " $m$ " هي كتلة وحدة الأطوال من السلك ( كتلة السلك ÷ طول السلك ) .  
ويكون تردد الموجات المتكونة على طول السلك هو .

$$v = f \lambda \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda}$$

$$(1) f = \frac{n}{2\ell} \sqrt{\frac{F}{m}}$$

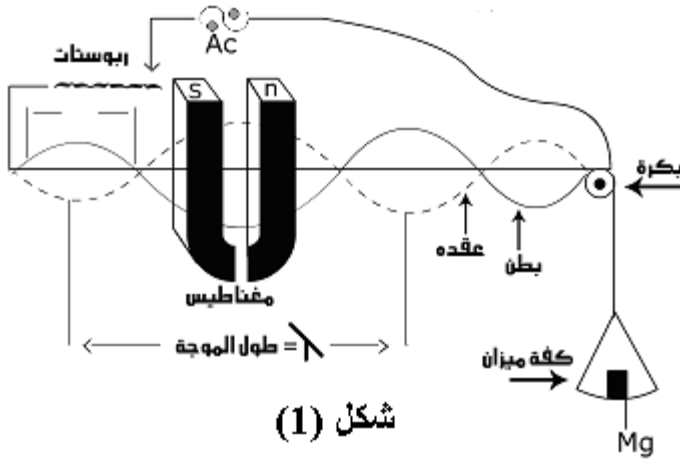
" $F$ " قوة الشد في السلك، تنشأ من تعليق ثقل مقداره " $M$ " في أحد طرفيه :

$$F = Mg \quad (2)$$

حيث " $M$ " هي كتلة الثقل المعلق مضافاً لها كتلة كفة الميزان .

د. هشام العطار

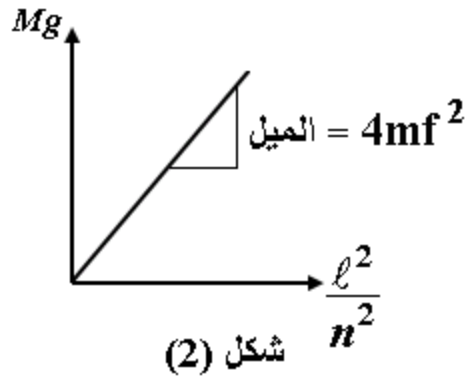
عملي فيز 201



ولجعل السلك يهتز نمرر فيه تيار متردد (A.C.) ذو جهد صغير وبتأثير مجال مغناطيسي متعامد على السلك تظهر لنا الموجات الحادثة في السلك كما بالشكل (1) وبذلك نستطيع قياس عدد البطون المتكونة.

ينتج من المعادلتين (1)، (2) أن:

$$(3) f^2 = \frac{n^2}{4\ell^2} \frac{Mg}{m}$$



$$(4) Mg = 4mf^2 \frac{\ell^2}{n^2}$$

وهذه العلاقة بين  $Mg$  على المحور الرأسي وبين  $\frac{\ell^2}{n^2}$  على المحور الأفقي علاقة خط مستقيم يمر بنقطه الأصل وميله يساوي  $4mf^2$  كما هو موضح بالشكل (2).

### الأدوات المستخدمة:

يتركب الجهاز المستخدم من سلك

نحاسي معزول مثبت عند أحد طرفيه

والطرف الآخر يمر على بكرة ملساء ينتهي

طرف السلك بكفة ميزان معلوم كتلتها ويتصل

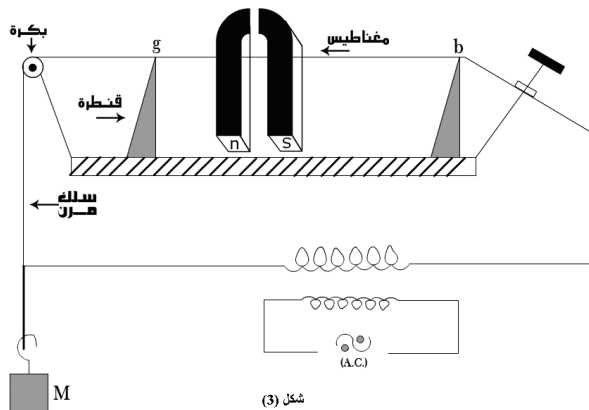
طرف السلك الثابت بريوستات بمصدر تيار

متردد ذو جهد منخفض ويوصل سلك موصل

عند بكرة بمصدر التيار المتردد. ويستخدم

مغناطيس ذو مجال منتظم بحيث يتعامد اتجاه التيار على اتجاه المجال المغناطيسي المنتظم.

ولتغيير طول السلك نستخدم قطرتين  $g$ ،  $b$  كما هو مبين بالشكل (3).



د. هشام العطار

- ## النتائج :

القوة المؤثرة على السلك $F = Mg$ (N)	$\frac{\ell^2}{n^2}$ (m <sup>2</sup> )	عدد البطن $n$	طول السلك المهتز $\ell$ (m)

د. هشام العطار

عملي فيزي 201

$$\text{الميل} = \frac{Mg}{\left(\frac{\ell^2}{n^2}\right)} = \dots\dots\dots$$

$$\text{مربع التردد } 4m = f^2 / \text{الميل} = \dots\dots\dots$$

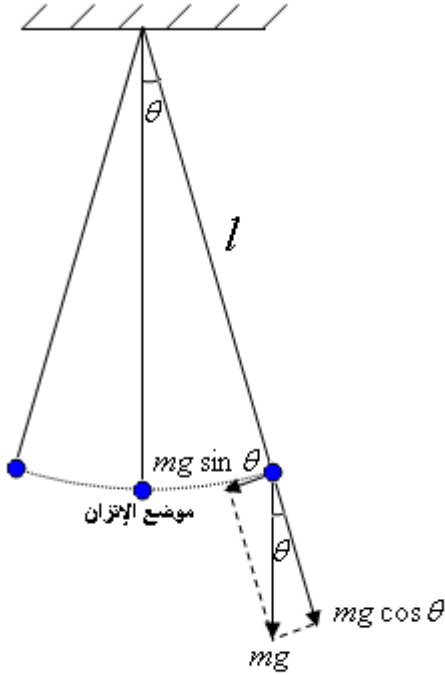
$$\text{تردد جهاز المستخدم} = \dots\dots\dots$$

## البندول البسيط

### الهدف من التجربة:

تعيين عجلة الجاذبية الأرضية باستخدام البندول البسيط.

### نظرية التجربة :



شكل (1)

يتركب البندول البسيط من خيط رفيع معلق رأسيا في حامل وفي طرفه الثاني كرة صغيرة. إذا أزيحت الكرة عن موضع اتزانها بزاوية صغيرة فإنها تتذبذب حول هذا الموضع حسب المعادلة الآتية:

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l} \theta = 0 \quad (1)$$

ولها الحل:

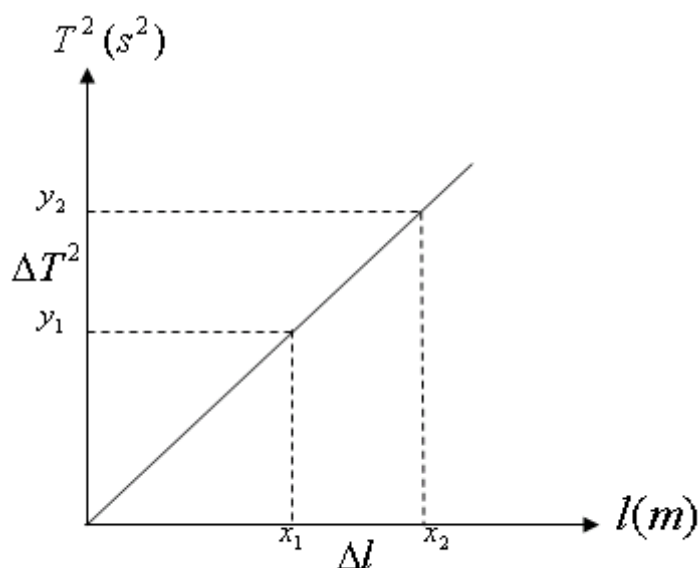
$$\theta = \theta_0 \cos \omega t \quad (2)$$

حيث  $\theta$  الإزاحة الزاوية،  $\ddot{\theta}$  العجلة الزاوية،  $\theta_0$  سعة الاهتزازة وهي أقصى إزاحة للجسم عن موضع اتزانه،  $\omega = \sqrt{g/l}$  السرعة الزاوية،  $t$  الزمن. ويمثل الحل (2) حركة توافقية بسيطة زمنها الدوري :

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3)$$

ويعرف الزمن الدوري  $T$  بأنه الزمن المستغرق في عمل اهتزازة كاملة (ذهابا وإيابا). ويعرف عدد الاهتزازات في الثانية الواحدة بالتردد  $f = 1/T$  ووحدته هرتز (Hz). بتربيع طرفي المعادلة (3) نحصل على العلاقة الرياضية التالية:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} l \quad (4)$$



شكل (2)

وبتمثيل العلاقة بين  $T^2$  علي المحور الرأسي،  $l$  علي المحور الأفقي نحصل علي خط مستقيم يمر بنقطة الأصل ميله يساوي  $4\pi^2/g$  ومنه يمكن حساب عجلة الجاذبية الأرضية  $g$ .

### الأجهزة المستخدمة:

مسطرة مترية - ثقل - خيط - ساعة إيقاف - حامل.

### خطوات التجربة:

- 1- خذ طولاً مناسباً للبندول ثم أرح الكرة إزاحة صغيرة ( $\theta < 10^\circ$ ) من موضع اتزانها واتركها تتذبذب.
- 2- عين زمن عشرة ذبذبات باستخدام ساعة الإيقاف ثم احسب الزمن الدوري  $T$  ومربع الزمن الدوري  $T^2$ .
- 3- غير طول البندول  $l$  وكرر الخطوتين 1، 2 في كل مرة تغير فيها طول البندول.

### الحسابات والنتائج:

- 1- أكمل الجدول التالي:

$l (m)$	$10T(s)$	$T (s)$	$T^2 (s^2)$
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			

2- ارسم العلاقة البيانية بين مربع الزمن الدوري  $T^2$  وطول البندول  $l$  شكل (2).

3- احسب ميل الخط باستخدام العلاقة:

$$\text{الميل} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

4- أوجد عجلة الجاذبية الأرضية باستخدام العلاقة:

$$g = \frac{4\pi^2}{\text{الميل}} \quad (m / \text{sec}^2)$$

5- قارن قيمة عجله الجاذبية الأرضية التي حصلت عليها مع القيمة المتعارف عليها.