



جامعة الملك سعود
كلية العلوم
قسم الفيزياء – طالبات
آخر تحديث 1435/11/26 هـ

ملزمة تجارب الفيزياء

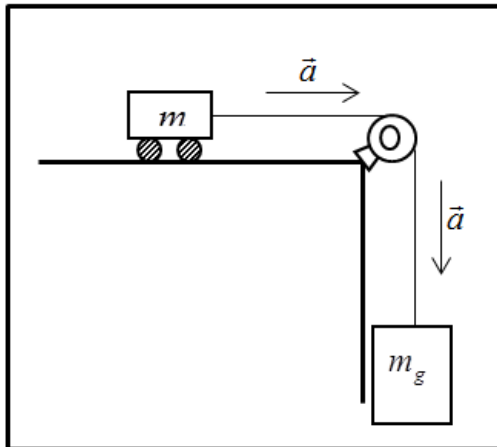
(110 فيز)

إعداد (أستاذات قسم الفيزياء-كلية العلوم-جامعة الملك سعود)

تطوير أ. أحلام العمري- عام 1432 هـ

تطوير أ. فاطمة السعود- عام 1434 هـ

الاسم



- تابعي قسم الفيزياء والفلك على تويتر [@ksu_phys](https://twitter.com/ksu_phys)
- وشاركي على هذا الوسم بآرائك ويوميائك [ksu_phys#](https://www.instagram.com/ksu_phys/) الفيزيائية.
- ولأي سؤال أو استفسار؛ راسلينا على: ksuphys/http://ask.fm
- وهنا أراؤك محل اهتمامنا: ksuphys/http://sayat.me
- phys.dept@ksu.edu.sa

لماذا ندرس معمل الفيزياء؟

س ج ؟ !

✓ تحقيق بعض القوانين والعلاقات المدروسة في الجزء النظري تجريبياً.

✓ اكتساب مهارة التعامل مع الأجهزة المعملية.

✓ اكتساب مهارة تمثيل القيم التجريبية بيانياً.

✓ تعلم كيفية تحليل الرسم البياني وإستخلاص المعلومات المطلوبة منه.

✓ تعلم الطريقة الصحيحة لتدوين التجارب.

✓ اكتساب مهارات عملية في تحليل الأخطاء وتقديرها.

ماذا سندرس في المعمل؟

سندرس في المعمل 8 تجارب:

110 فيز:

قانون هوك-الإحتكاك-البندول البسيط-طاولة القوى-السقوط الحر-أرخميدس-التوتر السطحي-الرنين في الأعمدة الهوائية-معامل يونغ.

توزيع درجات المعمل

درجة المعمل هي 30 درجة مقسمة على النحو التالي:

5 درجات للتقرير: سيتم تصحيح كل تقرير من 5 (3 درجات على حل التقرير ودرجتين تقييم على اداءك العملي اثناء إجراء التجربة) ثم أخذ المتوسط لدرجات كل التقارير.

درجتان للمشاركة و التفاعل: وتشمل تفاعلك مع الأستاذة في مناقشة التجربة و ترتيبك للأدوات بعد انتهاء التجربة، والإلتزام بآداب المحاضرة من الحضور في الوقت المحدد وإغلاق الجوال وغيرها ، يجب تحضير التجربة قبل الحضور حتى تتمكني من التفاعل مع أستاذتك.

23 درجة للاختبار النهائي: اختبار نظري (13 درجة) + اختبار عملي (10 درجات).

نبذة بسيطة عن طريقة الاختبار



1- تعلن مواعيد الإختبارات ونتائجها في لوح الإعلانات الموجود في مبنى 14، لذلك عليك متابعة هذا اللوح كل أسبوع حتى تكونين على دراية بما هو جديد.

2- تابعي قسم الفيزياء والفلك على تويتر [@ksu_phys](https://twitter.com/ksu_phys)

تحقيق قانون هوك والحركة التوافقية البسيطة

الهدف من التجربة :

تحقيق قانون هوك وتعيين ثابت الزنبرك k

نظرية التجربة :

تعتبر القوة المطبقة على قطعة المادة اجهاذاً يحدث تغيير في شكل المادة يسمى انفعالاً. تعود المواد المرنة إلى شكلها الأصلي بعد زوال القوة التي طبقت عليها، ويعزى ذلك إلى وجود قوة مرجعية داخل الجسم المرن والتي تتناسب طردياً مع مقدار الانفعال بشرط أن لا يكون الانفعال كبير جداً ولا يتعدى حدود المرونة. وتعرف هذه العلاقة للسلوك المرن بقانون هوك. وهكذا فإن قانون هوك ينص على أن القوة المرجعية F تتناسب طردياً مع مقدار الإزاحة x الناتجة عن الانفعال أي أن :

$$F \propto x$$

$$F = -kx \quad (1)$$

ويعرف ثابت التناسب k بثابت الزنبرك ويمثل مؤشراً نسبياً لصلادة المادة. والإشارة السالبة تعني أن الإزاحة والقوة المؤثرة في اتجاهين متعاكسين.

إذا تحرك جسم مرن تحت تأثير قوة مرجعية خطية تبعاً لقانون هوك فإنه يتحرك حركة توافقية بسيطة على جانبي موضع السكون وتحتاج إلى زمن T يعرف بالزمن الدوري لكل دورة اهتزاز.

فإذا كانت m هي الكتلة المعلقة في الجسم المرن، وفي هذه التجربة سيكون هذا الجسم هو الزنبرك معلق من نهايته العليا بحامل ومعلق بطرفه الأسفل كتلة m تكون خاضعة إلى قوة جذب الأرض لها ومقدارها mg حيث g هي عجلة الجاذبية الأرضية وقوة شد النابض لها وقيمتها $k\Delta L$ وذلك بسبب استطالة النابض بالمقدار ΔL وتكون هاتان القوتان متساويتين ومتعاكستين فتتوازن الكتلة تحت تأثيرها :

$$mg - k\Delta L = 0 \quad (2)$$

فإذا أزيحت الكتلة m عن موضع توازنها مسافة x نحو الأسفل فإن النابض يستطيل مقدار x أيضاً وتصبح قوة شد النابض للكتلة مساوية : $k(\Delta L + x)$ واتجاهها إلى أعلى بينما يؤثر ثقل الكتلة m رأسياً إلى أسفل، فتكون محصلة القوى المؤثرة على الكتلة مساوية :

$$F = mg - k(\Delta L + x) \quad (3)$$

ومن المعادلة (2) فإن :

$$F = -kx$$

أي أن الكتلة تكون خاضعة إلى قوة مرجعية تعيدها إلى وضع الاتزان. بتطبيق قانون نيوتن الثاني للحركة $F = ma$ نجد أن :

$$-kx = ma = m$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0 \quad (4)$$

$$\ddot{x} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

وهذه معادلة تفاضلية يعطى حلها الذي يحقق الشروط الحدية لها كالتالي :

$$x = x_0 \cos \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t$$

حيث x_0 بعد الكتلة عن موضع اتزانها. ويلاحظ أن الكتلة تتحرك حركة توافقية بسيطة بين الوضعين x_0 و $-x_0$ وأنها تحتاج إلى زمن دوري T يعطى بالعلاقة التالية :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m+m_0}{k}} \quad (5)$$

m_0 هي الكتلة الفعالة للزنبرك وتعتمد على المواصفات الهندسية للزنبرك. ويمكن كتابة قانون هوك بدلالة معامل يونج و الإجهاد والانفعال على الصورة التالية :

$$F = \left(\frac{YA}{L_0}\right)\Delta L$$

حيث Y معامل يونج، A مساحة مقطع النابض، لذا فإن :

$$k = \frac{YA}{L_0}$$

وفي حالة النابض فإن الإجهاد المؤثر هو إجهاد القص ($Shear$) . ويعتمد الثابت على معامل القص للسلك ونصف قطر السلك المصنوع منه النابض ونصف قطر ملف النابض وعلى عدد اللفات. كما يعرف ثابت النابض أحياناً بثابت الصلادة حيث يشير إلى مقدار صلادة النابض. فكلما كان الثابت k كبيراً كانت الصلادة كبيرة. ويعبر عن الثابت بوحدات N/m .

الأدوات المستخدمة :

نابض، حامل بقائم، مسطرة، مجموعة من الأثقال، ساعة إيقاف.



خطوات العمل :

(أ) تحقيق قانون هوك وحساب ثابت النابض :

1. استخدم المسطرة لقياس طول الزنبرك بدون أثقال (الطول الأصلي للزنبرك) وسجلي L_0 .
2. ضعي ثقلًا في نهاية النابض وقيسي طوله وسجلي القراءة في الجدول المرفق في خانة الزيادة.
3. ضعي ثقل آخر فوق الثقل السابق فيستطيل النابض . سجلي طول النابض في الجدول.
4. استمري في إضافة الأثقال وخذي تسع قراءات وفي كل مره قيسي طول النابض ودونيه في الجدول.
5. ابدئي برفع الأثقال، عندها سينكمش النابض، سجلي طول النابض في الجدول في خانة النقصان.
6. استمري في رفع الأثقال تدريجيًا ، وفي كل مره سجلي طول النابض في الجدول، حتى تنزعي جميع الأثقال.
7. سيكون في الجدول قراءتين مقابل كل ثقل احدهما تقابل الزيادة والأخرى تقابل النقصان. أوجدي متوسط القراءات وسجليها في الجدول المخصص لها.
8. احسبي مقدار الاستطالة في طول النابض وذلك بطرح متوسط القراءات من الطول الأصلي للنابض وسجليها في المكان المخصص لها.
9. ارسمي رسمًا بيانيًا بجعل الكتلة m على محور السينات والاستطالة ΔL على محور الصادات، ستحصلين على خط مستقيم يحقق قانون هوك.
10. أوجدي ميل الخط المستقيم واستخدميه لحساب ثابت النابض k من العلاقة :

$$k = g \cdot \frac{m}{\Delta l}$$
$$k = g \cdot \frac{1}{slope}$$

حيث g عجلة الجاذبية الأرضية 9.8 m/s^2

(ب) حساب ثابت النابض من الحركة الاهتزازية للكتلة في نهاية النابض :

1. علقي كتلة في نهاية النابض ثم أزيحها مسافة صغيرة عن موضع توازنها ثم اتركها لتتحرك حركة توافقية بسيطة. فإذا كانت الاهتزازات سريعة استبدلي الكتلة بكتلة أكبر منها.

2. عيني الزمن اللازم لعمل 20 اهتزازة كاملة وليكن t ، ثم احسبي منه الزمن الدوري للاهتزازة الكاملة وليكن T .

3. أعيدي الخطوة السابقة لكنك متزايدة ودوني نتائجك في الجدول المرفق.

4. ارسمي رسمًا بيانيًا بجعل الكتلة m على محور السينات و T^2 على محور الصادات، ستحصلين على خط مستقيم . أوجدي ميل هذا الخط ومنه احسبي ثابت النابض من العلاقة التالية:

$$K = 4\pi^2 \frac{m}{T^2}$$

$$k = 4\pi^2 \frac{1}{\text{slope}}$$

النتائج :

قارني بين قيمتي ثابت النابض المحسوبتين من الفقرتين أ و ب.!

فكر:



لو قمت بإجراء هذه التجربة على سطح القمر ، هل تتوقعين الحصول على نفس الزمن الدوري ؟

الاحتكاك

الهدف من التجربة:

- (1) دراسة الاحتكاك بين سطحين مستويين خشنيين.
- (2) تعيين معامل الاحتكاك السكوني μ_s .
- (3) تعيين معامل الاحتكاك الحركي μ_k .

نظرية التجربة:

الاحتكاك هو مقاومة الحركة الناشئة بين سطحين متلامسين. وتسمى قوة الاحتكاك f بين جسمين ساكنين بقوة الاحتكاك السكوني f_s . وتعرف القيمة العظمى لقوة الاحتكاك السكوني بأنها أصغر قوة لازمة لبدء الحركة (أي يكون الجسمان على وشك الانزلاق). فإذا بدأ الجسمان الحركة فإن قوى الاحتكاك بينهما تقل بحيث تكفي قوة أصغر من قوة الاحتكاك السكوني للحصول على حركة منتظمة. وتسمى قوة الاحتكاك بين سطحين متحركين بالنسبة لبعضهما قوة الاحتكاك الحركي f_k .

وتخضع أقصى قوة احتكاك سكوني f_s لقانونين وضعيين هما:

- (1) أنها لا تعتمد على مساحة السطحين المتلامسين.
 - (2) أنها تتناسب طردياً مع القوة العمودية N على سطح التلامس.
- أما قوة الاحتكاك الحركي f_k فإنها بالإضافة إلى خضوعها إلى القانونين السابقين فإنها لا تعتمد على سرعة انزلاق أحد الجسمين بالنسبة للآخر.

ويعرف معامل الاحتكاك السكوني μ_s بأنه النسبة بين مقدار قوة الاحتكاك السكوني العظمى f_s والقوة العمودية N أي أن:

$$f_s = \mu_s N \quad (1)$$

كما يعرف معامل الاحتكاك الحركي μ_k بأنه النسبة بين مقدار قوة الاحتكاك الحركي f_k إلى القوة العمودية N أي أن:

$$f_k = \mu_k N \quad (2)$$

إن كلاً من معامل الاحتكاك السكوني μ_s ومعامل الاحتكاك الحركي μ_k ليس لهما وحدات حيث أنهما نسبة بين قوتين.

وعموماً فإن لأي سطحين متلامسين يكون $(\mu_k < \mu_s)$. كما أن قيمتي μ_k, μ_s تعتمدان على طبيعة كلا من السطحين المتلامسين وهما غالباً ما تكونان أقل من الوحدة إلا انهما قد تكونان أكبر من الوحدة أحياناً.

وإذا درسنا حركة جسم موضوع على مستوى مائل يصنع زاوية θ مع الأفقي ويمكن تغيير زاوية ميله شكل (1). فإن هذا الجسم سيبدأ الحركة (الانزلاق) على السطح المائل عندما تكون قوة الاحتكاك السكوني f_s مساوية لمركبة ثقل الجسم في اتجاه مواز لسطح المستوى أي أن:

$$f_s = mg \sin \theta \quad (3)$$

وحيث أن القوة العمودية N على المستوى تعطى بـ

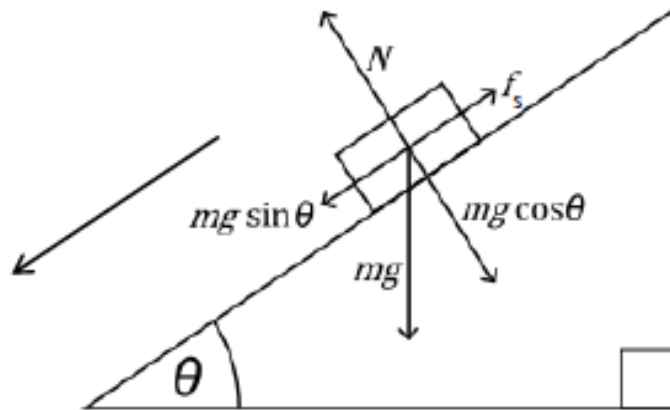
$$N = mg \cos \theta \quad (4)$$

وبالتعويض في معادلة (1) عن N, f_s نحصل على

$$mg \sin \theta = \mu_s mg \cos \theta \quad (5)$$

$$\mu_s = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \tan \theta \quad (6)$$

أي أنه توجد زاوية ميل محددة لكل كتلة تجعلها تنزلق إلى أسفل المستوى المائل وعندها فإن $\mu_s = \tan \theta$.



شكل (1)

الأدوات المستخدمة:

سطح مستوي مثبت به بكره، قطعة خشبية على هيئة متوازي مستطيلات مثبت بها خطاف، حامل أثقال، مجموعة أثقال، خيط، مستوى مائل يمكن تغيير زاوية ميل، ميزان.

خطوات العمل:

أ- تعيين معامل الاحتكاك السكوني (μ_s) :

- 1- ضعي القطعة الخشبية على السطح المستوي وابدئي بزيادة زاوية ميل المستوى على الأفقي حتى تبدأ القطعة بالانزلاق (يمكن التأكد من ذلك بضرب المستوى ضربات خفيفة تلاحظ عندها انزلاق القطعة).
- 2- ثبتي زاوية ميل المستوى عند الزاوية التي تبدأ عندها الانزلاق واقرئي الزاوية ودونها في الجدول (1).
- 3- احسبي معامل الاحتكاك السكوني μ_s بتطبيق المعادلة:
$$\mu_s = \tan \theta \quad (6)$$
- 4- كرري الخطوات من 1 إلى 3 عدة مرات ودونها في الجدول (1) ثم خذي المتوسط.

ب- تعيين معامل الاحتكاك الحركي (μ_k) :

- 1- نظفي سطح المستوى وكذلك القطعة الخشبية حتى يكون سطحاها المتلامسان خاليين من الغبار أو أي شوائب أخرى.
- 2- زني القطعة الخشبية بالميزان و أوجدني ثقلها mg . ضعي القطعة على المستوى الأفقي.
- 3- اربطي طرف الخيط بالخطاف المثبت في القطعة الخشبية واربطي طرفه الآخر بحامل الأثقال.
- 4- دعي الخيط يمر فوق البكرة المثبتة في المستوى واجعلي حامل الأثقال يتدلى من الجانب الآخر للمستوى، مع ملاحظة أن يكون الخيط موازن لسطح المستوى الأفقي وأن يكون نثقل الحامل أقل من القوة اللازمة لجعل القطعة تتحرك.
- 5- أضيفي أثقالاً إلى حامل الأثقال حتى تتحرك القطعة بسرعة منتظمة. عيني القوة المعلقة اللازمة لتحريك القطعة ودونها في الجدول (2).
- 6- أضيفي كتلة جديدة إلى القطعة الخشبية ومن ثم أوجدني الكتلة M التي يجب إضافتها إلى حامل الأثقال لجعل القطعة تتحرك من جديد بسرعة منتظمة ودوني نتائجك في الجدول.
- 7- كرري الخطوة (6) عدة مرات وفي كل مرة دوني نتائجك في الجدول.
- 8- احسبي القوة F التي تقابل كل وزن أضفته في الخطوة (6).
- 9- ارسمي رسماً بيانياً بين الثقل المعلق على الحامل $F = Mg$ وبين وزن القطعة وما عليها من أوزان $N = m'g$ ، تحسلي على خط مستقيم.

10- أوجدي ميل الخط المستقيم. إن ميل هذا الخط المستقيم هو:

$$Slope = \frac{F}{N} = \frac{Mg}{m'g}$$

إن هذا الميل يعطي قيمة معامل الاحتكاك الحركي μ_k حيث

$$\mu_k = \frac{F}{N}$$

أيضاً:

$$\mu_k = Slope$$

ملاحظة:

يقصد بالكتلة المعلقة بأنها كتلة الحامل مضافاً إليها الكتلة المضافة على الحامل.

النتائج:

جدول (1)

الرقم	θ ()	$\mu_s = \tan \theta$
1		
2		
3		

جدول (2)

الرقم	كتلة القطعة الخشبية وما عليها ()	القوة العمودية ()	الكتلة المعلقة ()	القوة المتحركة ()
1				
2				
3				
4				
5				

البندول البسيط

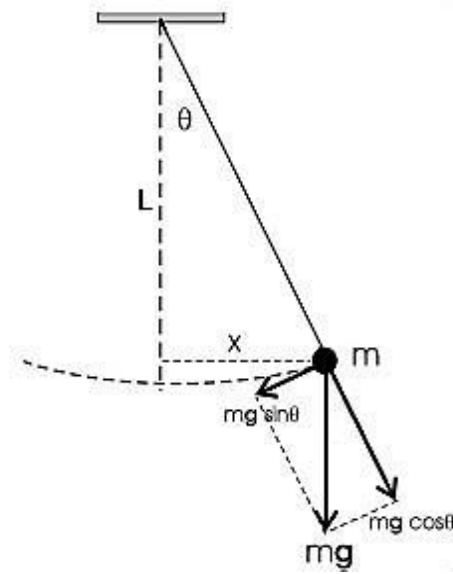
الغرض من التجربة:

دراسة العلاقة بين طول البندول البسيط والزمن الدوري له وإيجاد عجلة الجاذبية الأرضية.

نظرية التجربة:

يعرف البندول البسيط بأنه جسم صغير عادة ما يكون على شكل كرة صغيرة معلق بخيط عديم الوزن غير قابل للتمدد.

وعند إزاحة البندول عن وضع التوازن بزاوية صغيرة مقدارها θ نجد أن كرة البندول تتردد حول وضع التوازن بحركة دورية وتذبذبية وتسير على قوس طوله x من موضع الاتزان كما في شكل (1)



شكل (1)
الحركة التوافقية البسيطة للبندول

وتعطى x بالعلاقة $x = L\theta$ حيث L طول البندول البسيط.

نجد من الشكل أن القوة المرجعة F (القوة التي تؤثر على الكرة لكي تعيدها لوضع الاتزان) تعطى بالعلاقة:

$$F = -mg \sin \theta \quad (1)$$

حيث m كتلة الكرة و g عجلة الجاذبية الأرضية.

من هذه المعادلة يلاحظ أن حركة البندول لا تكون حركة توافقية بسيطة إلا إذا كانت الزاوية θ صغيرة بحيث يمكن استبدال $\theta = \sin \theta$ وبذلك تصبح المعادلة:

$$\mathbf{F} = -mg\theta - mg\left(\frac{x}{L}\right) \quad (2)$$

وفي حالة الحركة التوافقية فإنه يمكن كتابة \mathbf{F} كالتالي:

$$\mathbf{F} = -\omega^2 xm \quad (3)$$

حيث ω هي التردد الزاوي $\omega = 2\pi f$

و f هو تردد الحركة التوافقية، وحيث من المعروف أن الزمن الدوري (T) هو مقلوب التردد فإنه يمكن كتابة المعادلة (3) على الصورة:

$$\mathbf{F} = \frac{-4\pi^2 x}{T^2} m \quad (4)$$

ومن المعادلتين (2) و (4) نجد أن:

$$\frac{g}{L} = \frac{4\pi^2}{T^2}$$

وعليه فإن مربع الزمن الدوري للبندول البسيط هو:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} L$$

والزمن الدوري هو:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (5)$$

الأدوات المستخدمة:

بندول بسيط (يتكون من كرة صغيرة وخيط رفيع وحامل يزيد عن المتر بقليل) ، ساعة إيقاف، مسطرة متريّة، ميكرومتر.

خطوات العمل:

- 1- قيسي قطر كرة البندول ثم أوجدي نصف القطر r .
- 2- اجعلي طول البندول l (المسافة من نقطة التعليق إلى سطح الكرة) حوالي 30 سم (يجب ألا يقل طول البندول عن 20 سم حتى لا يكون الزمن الدوري صغيراً وبالتالي يكون قياس T صعباً).
- 3- قيسي قطر الكرة باستخدام المايكروميتر ثم احسبي منه نصف القطر r .
- 4- احسبي طول البندول ($L=l+r$) وسجليه في الجدول (1).
- 5- أزيحي البندول بزاوية صغيرة حوالي 15° ثم اتركيه يتذبذب، شغلي ساعة الإيقاف واحسبي الزمن اللازم لعمل 20-30 ذبذبة، سجلي الزمن في الجدول ثم احسبي زمن الذبذبة الواحدة T بالثانية، أوجدي مربع الزمن الدوري T^2 .
- 6- ارسمي العلاقة بين T^2 على محور الصادات و L على محور السينات لتحصل على خط مستقيم وأوجدي ميل هذا الخط (S).
- 7- أوجدي عجلة الجاذبية الأرضية $g = \frac{4\pi^2}{S}$
- 8- احسبي نسبة الخطأ المئوي في قيمة g علماً بأن القيمة القياسية لـ g هي $9.8 \frac{m}{s^2}$.

جدول (1):

الرقم	l ()	$L=l+r$ ()	زمن 30 ذبذبة ()	الزمن الدوري (T) ()	T^2 ()
1					
2					
3					
4					
5					
6					

طاولة القوى

الغرض من التجربة:

إيجاد المحصلة والقوة الموازنة لثلاث قوى.

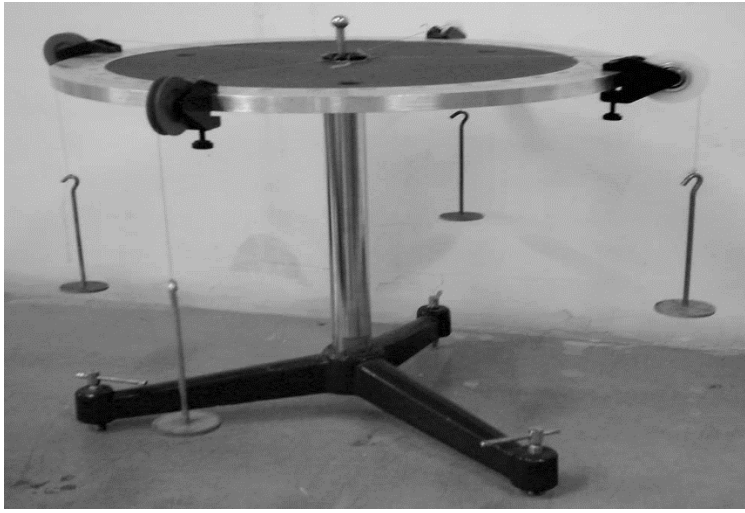
الأدوات:

طاولة قوى.

مجموعة من الأثقال.

منقلة.

مسطرة.



النظرية:

تقسم الكميات الفيزيائية إلى:

- كميات قياسية وتمثل بالمقدار فقط.
- كميات متجهة وتمثل بالمقدار والاتجاه.

الاحتياطات:

- يجب أن توضع طاولة القوى على سطح مستوي.
- تعلق الأثقال بحيث تكون حرة الحركة.
- قراءة الزاوية من المنقلة تكون من اليمين إلى اليسار.
-

خطوات العمل:

اختاري إحدى المجموعات من الجدول (1).
اختاري مقياس رسم مناسب.

هناك طريقتان بيانيتان لإيجاد محصلة القوى وهما:

أ. طريقة متوازي الأضلاع:

في هذه الطريقة تقاس الزوايا من نفس النقطة ويكون المرجع المحور السيني الموجب (انظري الشكل (1)).

1. ارسمي المتجه الأول \vec{A} والذي يصنع زاوية صفر مع المحور السيني (كيف تحددين طولَه؟).

2. ضعي المنقلة على المحور السيني وحددي زاوية المتجه \vec{B} .

3. ارسمي الخط الذي يمثل المتجه \vec{B} بحيث يبدأ المتجهان \vec{A} و \vec{B} من نفس النقطة.

4. المحصلة \vec{D} هي قطر متوازي الاضلاع الذي ضلعاها الجانبيان هما \vec{A} و \vec{B} .

5. ضعي المنقلة على المحور السيني وحددي زاوية المتجه الثالث \vec{C} .

6. ارسمي الخط الذي يمثل المتجه \vec{C} بحيث يبدأ من نفس النقطة التي بدأ منها المتجهان \vec{A} و \vec{B} .

7. المحصلة \vec{R} هي قطر متوازي الاضلاع الذي ضلعاها الجانبيان \vec{C} و \vec{D} .

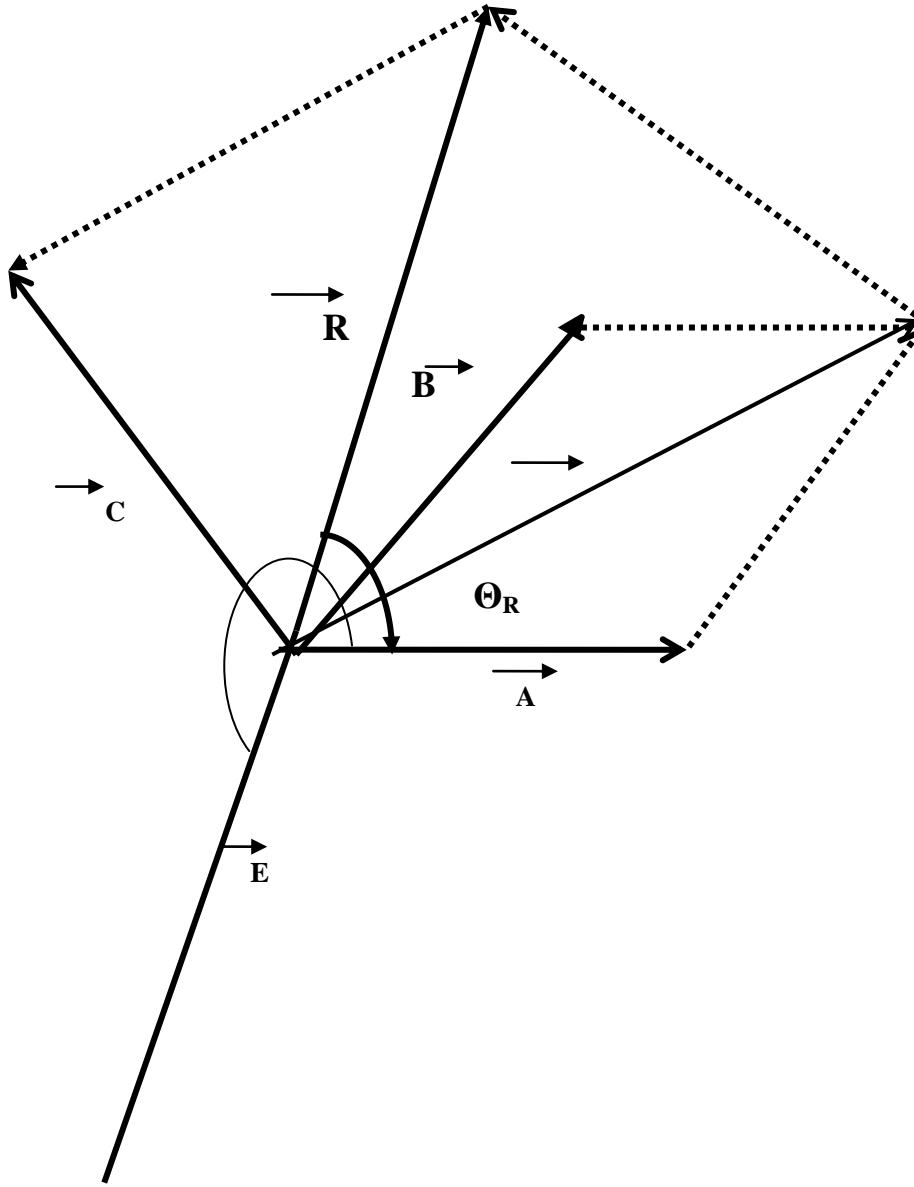
8. قيسي مقدار المحصلة \vec{R} بالمسطرة وعيني الزاوية التي تصنعها مع المحور السيني θ_R .

9. ارسمي متجه القوة الموازنة \vec{E} بحيث يكون له نفس مقدار متجه القوة المحصلة \vec{R} ولكن في الاتجاه المعاكس.

10. احسبي \vec{E} بحيث المقدار: $|\vec{E}| = |\vec{R}|$ و $\vec{E} = -\vec{R}$, وحوليه الى وحدات الكتلة، والاتجاه:

$$\theta_E = \theta_R + 180^\circ$$

11. طبقي على طاولة القوى وتأكدي من حدوث الاتزان (بحيث يكون المسمار في مركز الحلقة ولا يلمسها).



شكل (1)

ب. طريقة المضلع:

في هذه الطريقة يبدأ كل متجه من نهاية المتجه السابق ويكون المحور السيني هو المرجع عند قياس الزوايا، شكل (2).

1. ارسمي المتجه الأول \vec{A} والذي يصنع زاوية صفر مع المحور السيني.

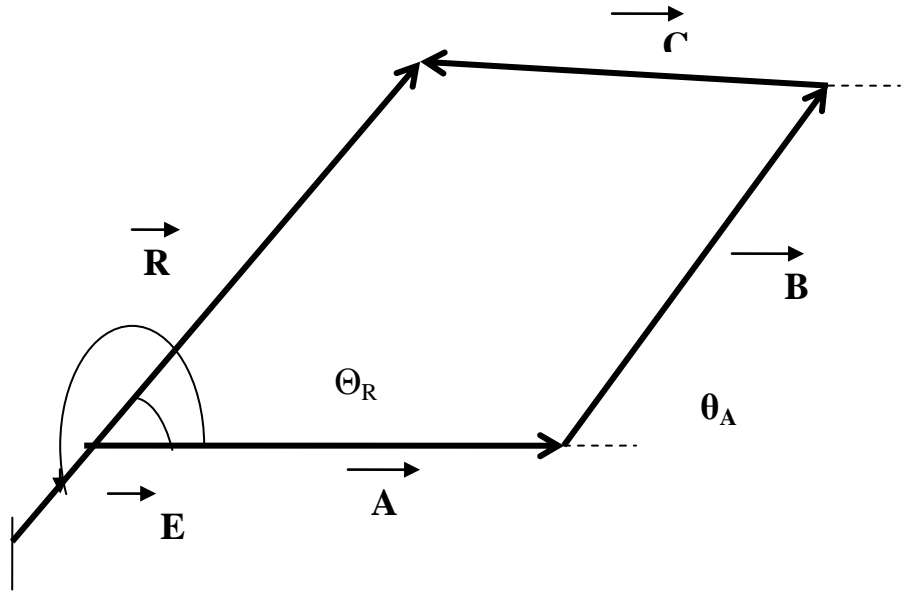
تخيلي وجود محور عند راس السهم الذي يمثل \vec{A} بحيث يوازي المحور السيني واستخدمي لتحديد زاوية المتجه \vec{B} .

2. ارسمي المتجه \vec{B} بحيث يكون ذيله بادئاً من رأس المتجه \vec{A} .
3. ارسمي المتجه \vec{C} بنفس الطريقة بحيث يكون ذيله بادئاً من رأس المتجه \vec{B} .
4. المحصلة \vec{R} هي المتجه الذي يكمل المضلع.
5. قيسي مقدار المتجه \vec{R} وحددي اتجاهه θ_R (هذه القيم يجب ان تكون مساوية لما حصلتي عليه في الطريقة الاولى لماذا؟)
6. احسبي \vec{E} كما فعلت في الطريقة الاولى.

المقدار: $|\vec{E}| = |\vec{R}|$, $\vec{E} = -\vec{R}$

الاتجاه: $\theta_E = \theta_R + 180^\circ$

7. طبقي على طاولة القوى وتأكدي من حدوث الاتزان.



شكل (2)

جدول (1)

No.	A		B		C	
	$F(g)$	$\theta(\text{deg})$	$F(g)$	$\theta(\text{deg})$	$F(g)$	$\theta(\text{deg})$
1	150	0	110	70	250	135
2	200	0	100	55	200	135
3	200	0	100	41	150	132
4	200	0	200	97	150	138
5	150	0	200	79	150	154
6	100	0	200	71	160	144

السقوط الحر

الهدف من التجربة :

إيجاد عجلة الجاذبية الأرضية .

النظرية:

عند سقوط جسم ما تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية g وقطع مسافة قدرها D خلال فترة زمنية قدرها t وكانت سرعته الابتدائية V_0 ، فإن المعادلة التي تحكم حركة هذا الجسم هي :

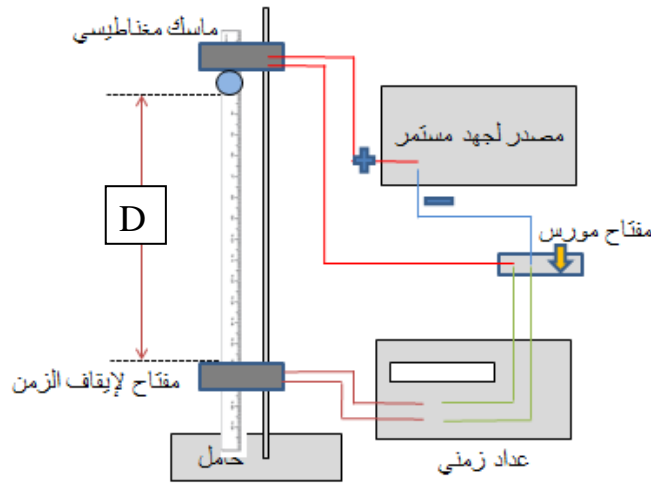
$$D = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

ولكن عندما يبدأ الجسم حركته من السكون فإن $V_0 = 0$ وبالتالي فإن المعادلة السابقة تصبح كالتالي :

$$D = \frac{1}{2} g t^2$$

الأدوات :

- 1- كرة حديدية .
- 2- حامل للتحكم في إرتفاع الكرة .
- 3- ماسك مغناطيسي للكرة .
- 4- ساعة إيقاف إلكترونية (عداد زمني) .
- 5- مفتاح لإيقاف الزمن .
- 6- مفتاح مورش .
- 7- مسطرة .
- 8- مصدر لجهد مستمر .



خطوات العمل :

- 1- ضعي الماسك المغناطيسي في أعلى نقطة من الحامل .
- 2- سجلي المسافة D بين مفتاح إيقاف الزمن والجزء السفلي للكرة.
- 3- ضعي مفتاح المؤقت الزمن الالكتروني (العداد الزمني) على وضع التشغيل On وضعي مفتاح إيقاف الزمن على الوضع Off .
- 4- إضغطي مفتاح مورس ونتيجة لذلك ستلاحظين أن الكرة تحررت نتيجة لإنقطاع التيار الكهربائي عن المغناطيس وفي نفس الوقت سيبدأ العداد الزمني بالعد وعند وصول الكرة إلى مفتاح الإيقاف ستجدين أن العداد الزمني قد توقف .
- 5- سجلي زمن السقوط t في الجدول المرفق .
- 6- صفري العداد الزمني وضعي مفتاح إيقاف الزمن على الوضع Off وأعيدي تثبيت الكرة في الماسك المغناطيسي وتحريرها من نفس الارتفاع مع تسجيل قراءة الزمن عدة مرات وذلك للحصول على متوسط الزمن .
- 7- غيري المسافة D بحيث تكون أقل بـ 5 cm عن سابقتها وكرري الخطوات (4 ، 5 ، 6) .
- 8- إرسمي العلاقة البيانية بين المسافة D ومربع زمن السقوط و أوجدي الميل.
- 9- أحسبي عجلة الجاذبية الأرضية g من القانون :

$$D = \frac{1}{2} gt^2$$

تجربة أرخميدس

الهدف من التجربة :

- 1- دراسة القوى والتوازن في الموائع.
- 2- تحقيق قاعدة أرخميدس.

نظرية التجربة:

إذا علقنا جسم بميزان زنبركي فإن الجسم سوف يتوازن تحت تأثير قوتين:

- 1- قوة ثقله $w = \rho v g$ المتجهة للأسفل

حيث ρ كثافة الجسم

v حجم الجسم

- 2- قوة شد الزنبرك T المتجهة نحو الأعلى

وهي القيمة التي يشير إليها الميزان وتساوي طبعاً ثقل الجسم لأن

$$w - T = 0 \Rightarrow T = w$$

وإذا غمرنا الجسم في سائل فإننا نلاحظ أن قراءة الميزان سوف تشير إلى قيمة أصغر من w_a وكان

الجسم قد خسر جزء من وزنه لذلك تسمى الوزن الظاهري ونرمز له بالرمز w_L .

وتفسير هذه الظاهرة هو أنه عند غمر الجسم في السائل فإن السائل سوف يؤثر على الجسم بقوة دفع B

نحو الأعلى وبالتالي فإن الجسم سوف يتوازن تحت تأثير ثلاث قوى:

أ. قوتين نحو الأعلى هما T و B

ب. قوة الثقل نحو الأسفل w بحيث

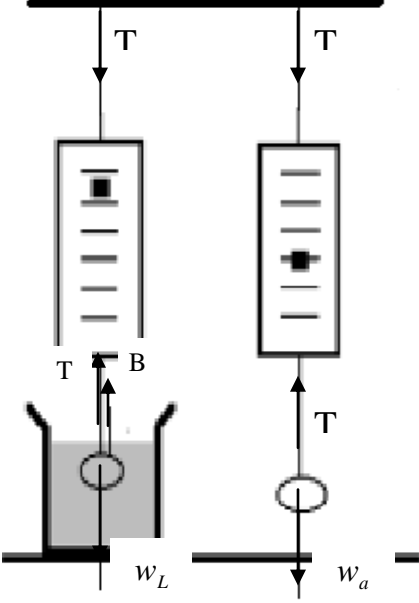
$$w - T - B = 0$$

$$\Rightarrow T = w - B$$

فإذا علمنا أن T قراءة الميزان والتي رمزنا لها بـ w_L نجد أن الوزن الظاهري

$$w_L = w - B$$

أي أن الوزن الظاهري يساوي الفرق بين الوزن الحقيقي (وزن الجسم في الهواء) وقوة الدفع B .



وأول من تكلم عن هذه الظاهرة هو العالم أرخميدس حيث عبر عنها بصيغة تدعى قاعدة أرخميدس وتنص على ما يلي:

" كل جسم مغمور كلياً أو جزئياً في سائل يخضع إلى قوة دفع B (من السائل متجهة للأعلى تسمى قوة الطفو وتساوي قيمتها وزن السائل الذي حل محله الجسم- وزن السائل المزاح)".

$$B = \rho_L v g$$
 نكتب: $B = \rho_L v g$

حيث ρ_L كثافة السائل.

v حجم السائل المزاح ويساوي حجم الجزء المغمور في الماء.

وبشكل عام عند غمر جسم في سائل يمكن أن نميز حالتين:

1- $\rho > \rho_L$ هذه الحالة يكون وزن الجسم أكبر من قوة الطفو بالتالي فإن محصلة القوتين ستكون موجهة

للأسفل وستكسب الجسم تسارعاً موحهاً نحو الأسفل فينزل الجسم إلى القاع.

2- $\rho < \rho_L$ وهنا ستكون قوة الطفو أكبر من ثقل الجسم وستكون محصلة القوتين موجهة للأعلى

وسيكسب الجسم تسارع نحو الأعلى مما يؤدي إلى طفو الجسم على سطح السائل.

الأدوات :

ميزان زنبركي- كرة من الحديد مثبتة في خطاف- قطعة خشبية- مخبار مدرج- وعاء مملوء ماء.

خطوات العمل:

1- نزن الكرة الحديدية بأن نعلقها في الهواء في الميزان الزنبركي ونوجد وزنها في الهواء w_a .

2- نغمر الكرة في السائل مع ملاحظة أن يكون الجسم كاملاً مغموراً في الإناء ونزنه وهو مغمور w_L .

3- نحسب قوة الدفع B والتي تساوي الفرق بين w_a و w_L .

4- نجمع السائل المزاح في دورق مدرج، ونعين حجم السائل المزاح v .

5- نحسب كتلة السائل المزاح m وذلك بضرب الحجم في كثافة السائل ومنها نحسب وزنه.

6- نقارن بين وزن السائل المزاح وقوة الدفع فإذا كانتا متساويتان فإن القاعدة متحققة.

7- أوجد الوزن النوعي للجسم الصلب الذي ينغمر في الماء باستخدام قوة الدفع:

الوزن النوعي = وزن الجسم / وزن مساوٍ له في الماء.

= وزن الجسم / وزن الجسم الذي يزيحه عند غمره في الماء.

= وزن الجسم / دفع الماء للجسم.

8- نعيد الخطوات السابقة باستخدام القطعة الخشبية، مع ملاحظة أن القطعة لن تكون مغمورة بالكامل

في الماء حيث ستكون طافية، مع مراعاة عدم ضغطها لتغوص أو رفعها بالميزان.

تطبيق:

يمكن استعمال قاعدة الدفع لتقدير حجم جسم غير منتظم الشكل وذلك بإيجاد كتلته في الهواء، ثم كتلته في الماء والفرق بين الكتلتين يعطي الدفع وهو يساوي حجم الجسم في الهواء، أي أن الفرق بين الكتلتين يعطي حجم الجسم مباشرة.

ملاحظة:

كثافة الماء $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

$1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$

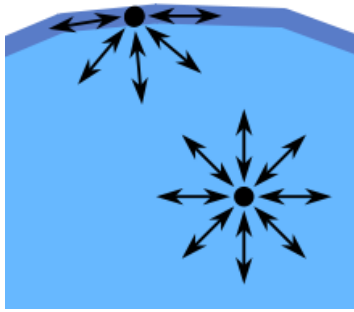
التوتر السطحي

الغرض من التجربة :

1. دراسة العلاقة البيانية بين مقلوب نصف قطر أنبوبة شعيرية وارتفاع عنود الماء داخل هذه الأنبوبة.
2. تعيين قيمة التوتر السطحي باستخدام طريقة الأنابيب الشعيرية.

نظرية التجربة :

عند النظر إلى سطح سائل : ماء، زئبق، زيت ، كحول، في أنبوبة اختبار نجد أن سطح جميع السوائل في الأنبوبة يكون مقعراً إلا الزئبق فإن سطحه يكون محدباً، هذه العملية يحكمها تأثير القوى الناشئة بين الجزيئات. هذه القوى منها قوة التماسك للجزيئات مع بعضها البعض ومنها كذلك قوى التلاصق بينها وبين جزيئات جدران الإناء الذي يحوي السائل. بالنظر إلى هذه الجزيئات والقوى المؤثرة عليها. وفي الشكل التالي نجد أن محصلة القوى التي تؤثر على جزيء في وسط السائل تساوي صفر وذلك لأن القوى منتظمة من جميع الجهات. أما عند سطح السائل فنجد أن الجزيئات في أسفل السطح والتي في الجانب هي التي تؤثر على جزيء السطح بينما من الأعلى لا يوجد تأثير لهذه الجزيئات، أما عند جدران الإناء فالتأثير يكون في جانب واحد ومن أسفل، بذلك يظهر سطح السائل مقعراً أو محدباً. وتعرف قوة التوتر السطحي بأنها القوة المؤثرة على وحدة الأطوال من سطح السائل.



تعيين قيمة التوتر السطحي باستخدام الحلقة المعدنية والميزان الزنبركي

:

إذا علقنا حلقة معدنية في ميزان زنبركي فإن غشاء من الماء سيتعلق في الحلقة، فإذا أستطعنا أن نقيس القوة السطحية الناشئة من فعل التوتر السطحي فإن قيمة التوتر السطحي تعطى بالعلاقة التالية:

$$T = \frac{F}{2(2\pi r)} \text{ --- (1)}$$

حيث F القوة السطحية المقاسة بالزنبرك، T التوتر السطحي، r نصف قطر الحلقة المعدنية. يلاحظ أن المقام مضروب في 2 وذلك لأن سطح الغشاء المائي مكون من وجهين.

الأدوات المستخدمة :

حلقة معدنية حادة الطرف معلقة بثلاثة خيوط ، ميزان زنبركي ، ورق ، ماء مقطر ، حامل.

خطوات العمل :

1. ثبت الحلقة والميزان الزنبركي والحامل.
2. ضع الماء المقطر في الدورق الزجاجي ونضعه في مكانه.
3. خذ قراءة الميزان الزنبركي والحلقة معلقة في الهواء عندما تكون المجموعة مهيأة للعمل ولتكن F_1 .
4. ارفع الحامل المتغير الارتفاع بواسطة القرص المخصص حتى تنغمس الحلقة في الماء.
5. إخفض هذا الحامل ببطء شديد وراقب قراءة الميزان الزنبركي تلاحظ انه يقرأ قراءة تزايدية.
6. استمر في خفض الحامل وراقب قراءة الميزان إلى أن تصل إلى أكبر قراءة بعدها تتحرر الحلقة من الماء.
7. حدد أكبر قراءة وصل إليها الميزان ولتكن F_2 .
8. أوجد الفرق $(F_2 - F_1)$ وليكن يساوي F .
9. قس نصف قطر الحلقة وعوض في المعادلة (1) ومنها أحسب قيمة التوتر السطحي T .
10. كرر الخطوات من (3 إلى 8) ثلاث مرات ودون نتائجك في الجدول.
11. من الجدول أحسب متوسط التوتر السطحي T_{avg} .

	F_1 ()	F_2 ()	$F = F_2 - F_1$	$T = \frac{F}{2(2\pi r)}$
1				
2				
3				
4				
T_{avg}				

الرنين في الأعمدة الهوائية

الغرض من التجربة :

دراسة ظاهرة الرنين وإيجاد سرعة الصوت في الهواء عند درجة حرارة المعمل .

نظرية التجربة :

تتردد جميع الأنظمة أو الأجسام تردداً واحداً أو أكثر وتسمى هذه الترددات بالترددات الطبيعية . وعندما يجبر مصدر مهتز نظاماً أو جسماً على الاهتزاز بتردده الطبيعي يقال أن هذا النظام أو الجسم في حالة رنين Resonance مع المصدر المسبب للرنين . ويسمى التردد الذي تحدث عنده هذه الظاهرة بتردد الرنين ويحدث الرنين عندما يؤثر جسم مهتز على جسم آخر قابل للاهتزاز بحيث يجعله يتردد بإحدى تردداته الطبيعية الموافقة لتردد الجسم المؤثر .

تختلف الأجسام من حيث عدد تردداتها الطبيعية فهناك من الأنظمة والأجسام ما له أكثر من تردد طبيعي مثل عمود الهواء في أنابيب الرنين ، فعمود الهواء له ترددات طبيعية عديدة تعتمد على الأطوال الموجية التي يمكن أن تتكون فيها . وبمعرفة العلاقة بين التردد f والطول الموجي λ وسرعة الصوت v يمكن إيجاد سرعة الصوت بمعرفة التردد المسبب للرنين وطول عمود الهواء الذي يحدث عنده الرنين.



فعند اقتراب شوكة رنانة ترددها f من طرف أنبوبة صوتية طرفها الآخر مسدود وطول عمود الهواء فيها L قابل للتغيير فإن عمود الهواء داخل الأنبوبة يهتز متجاوباً مع اهتزاز الشوكة الرنانة محدثاً رنيناً . ويعتمد رنين الهواء في الأنبوبة الصوتية على طوله L ويمكن حصر عدد محدد من الأطوال الموجية في الأنبوبة إذا أخذنا في الاعتبار بكون العقد والبطون . ويحدث أول رنين عندما يكون طول عمود الهواء مساوياً لربع طول الموجة أي عند :

$$L = \frac{\lambda}{4}$$

بينما تحدث النغمات التوافقية الأخرى عندما يكون طول عمود الهواء مساوياً لعدد فردي من أرباع الطول الموجي أي عند :

$$L = n \frac{\lambda}{4}$$

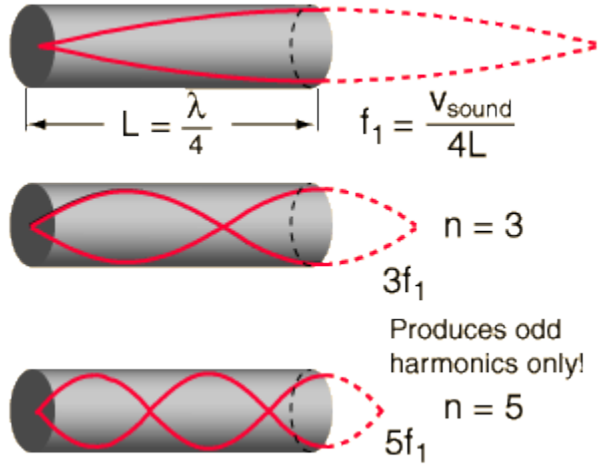
$$n = 1, 3, 5, 7, \dots$$

حيث n عدد صحيح فردي

وحيث أن $f = \frac{v}{\lambda}$ إذن يمكن أن نكتب :

$$f = \frac{nv}{4L}; n = 1,3,5 \rightarrow 1$$

ويسمى أقل تردد طبيعي لعمود الهواء بالتردد الأساسي أو النغمة التوافقية الأولى ويسمى التردد الثاني بالنغمة التوافقية الثانية .



النغمة التوافقية الأولى هي أكثر النغمات وضوحاً . لذلك لإيجاد سرعة الصوت في الهواء نستخدم هذه النغمة . والقياس العملي لطول عمود الهواء يتم بقياس المسافة بين الطرف المغلق للأنبوبة (سطح الماء) والطرف المفتوح للأنبوبة (الفوهة) ، ولكن الطول الفعلي لعمود الهواء أطول بقليل من هذه المسافة حيث يكون بطن الموجة عند الرنين خارج فوهة الأنبوبة بمقدار Δl أي أن طول عمود الهواء (L) يساوي :

$$L = l + \Delta l \rightarrow 2$$

ووجد أن Δl يعتمد على نصف قطر الأنبوبة r ويعطى طبقاً للعلاقة :

$$\Delta l = 0.6r$$

أي أن :

$$L = l + 0.6r \rightarrow 3$$

ومن العلاقة 1 وبوضع $n=1$ للتردد الأساسي نجد أن :

$$L = \frac{v}{4f}$$

$$\Rightarrow l + 0.6r = \frac{v}{4} \cdot \frac{1}{f}$$

$$\Rightarrow l = \frac{v}{4} \cdot \frac{1}{f} - 0.6r \quad \rightarrow 4$$

المعادلة 4 معادلة خط مستقيم ميله $slope = \frac{v}{4}$ ويقطع محول الصادات بالمقدار $\Delta l = 0.6r$

إذن برسم العلاقة البيانية بين مقلوب التردد $\frac{1}{f}$ لعدد من الشوكات الرنانة والأطوال المناظرة لها نحصل على خط مستقيم من ميله نحصل على سرعة الصوت $v = 4 \times slope$ ومن الجزء المقطوع من محور الصادات نحصل على نصف قطر أنبوبة الرنين r . وتعطى سرعة الصوت في الهواء عند درجة الحرارة المثوية t بالعلاقة :

$$v_t = v_0 + 0.6t \quad \rightarrow 5$$

حيث v_0 سرعة الصوت في الهواء عند درجة الصفر المثوي وتساوي 331.4 m/s

الأدوات المستخدمة :

أنبوبة رنين ، عدد من الشوكات الرنانة مختلفة التردد ، قطعة مطاطية صلبة نسبياً ، أو مطرقة مطاطية ، مسطرة مترية (ما لم تكن أنبوبة الرنين مدرجة) ، مقياس درجة الحرارة (ثرموميتر) لقياس درجة حرارة المعمل ، قدمة لقياس قطر أنبوبة الرنين .

خطوات العمل :

- 1 - رتبي الشوكات الرنانة حسب ترددها ترتيباً تنازلياً . ارفعي مستوى الماء في الأنبوبة وذلك برفع خزان الماء الموضوع على القضيب الذي يسند أنبوبة الرنين حتى يصبح مستوى الماء قرب فتحة الأنبوبة .
- 2 - خذي الشوكة الأولى (ذات أعلى تردد) وسجلي ترددها في جدول النتائج ، ثم اجعليها تهتز بضربها على قطعة المطاط برفق . ضعي الشوكة الرنانة المهتزة فوق فوهة الأنبوبة و حددي الموضع الذي يحدث عنده أعلى صوت رنين بدقة وذلك برفع مستوى الماء وخفضه ببطء .
- 3 - أوجدي الطول l بقياس المسافة من سطح الماء إلى فوهة الأنبوبة ، سجلي هذا الطول في جدول النتائج مقابل تردد الشوكة الرنانة .
- 4 - كرري الخطوات 2 ، 3 للشوكات الرنانة الأخرى وسجلي تردد كل شوكة رنانة مع طول الرنين l المناظر لها في جدول النتائج .
- 6 - قيسي قطر أنبوبة الرنين بالقدمة و أوجدي نصف القطر وسجليه .

7 - ارسمي العلاقة البيانية بين مقلوب التردد $\frac{1}{f}$ على محور السينات وطول l (طول عمود الهواء) على المحور الصادي . مع ملاحظة أن تجعل محور السينات مرتفعاً بحوالي (2 - 3) سم عن حرف الورقة السفلى حتى تتركبي مسافة كافية للجزء السالب من محور الصادات .

8 - أوجدي ميل الخط المستقيم ومنه أوجدي سرعة الصوت في الهواء . قيسي درجة حرارة الغرفة واحسبي سرعة الصوت الفعلية عند هذه الدرجة باستخدام المعادلة 5 ثم أوجدي نسبة الخطأ المئوية في سرعة الصوت في الهواء .

9 - أوجدي الجزء المقطوع من محور الصادات Δl ومنه احسبي نصف قطر أنبوبة الرنين وقارنيها مع القيمة التي قسيتها سابقاً باستخدام القدمة .

الاحتياطات :

لا تضربي الشوكة الرنانة على جسم صلب لأن ذلك قد يؤدي لتلف الشوكة أو حدوث تغير في ترددها المميز .

تعيين الحرارة الكامنة لإنصهار الجليد

الغرض من التجربة :

- 1- تحقيق ثبوت حرارة الأجسام أثناء تحويلها من حالة إلى أخرى.
- 2- تعيين الحرارة الكامنة لإنصهار الجليد.

نظرية التجربة :

تنصهر بلورات الثلج عند درجة حرارة 0°C تحت الضغط الجوي القياسي. وقبل الإنصهار تكون جزيئات الثلج مرتبة غي نسق بلوري ذي ترتيب محكم حيث تحفظ الجزيئات في موضعها بواسطة قوة التجاذب القوية المتبادلة بين الجزيئات. ولصهر البلورة يجب أن تنزع الجزيئات من هذا الترتيب المحكم بحيث لا يصبح ترتيبها منتظماً. هذه العملية تحتاج إلى طاقة، وعادة ما تزود هذه الطاقة على هيئة حرارة.

يتضح من ذلك أنه إذا ما أضيفت الحرارة ببطء شديد إلى الخليط المكون للمادة البلورية والسائل سوف تظل درجة الحرارة ثابتة (درجة حرارة الإنصهار) إلى أن يتم إنصهار جميع البلورات. ولكل مادة نقطة انصهار معينة من الحرارة تسمى حرارة الإنصهار وتعرف كالتالي:

هي كمية الحرارة اللازمة لتحويل طور واحد من الكتلة من الطور الصلب إلى الطور السائل.

وتعرف الحرارة الكامنة للجليد بأنها كمية الحرارة اللازمة لتحويل جرام واحد من الجليد الى ماء عند درجة الصفر المئوي.

الأدوات المستخدمة :

مسعر مع غطاءه الخارجي، قطع جليد، ورق تجفيف، ثرمومتر مئوي وميزان.

خطوات العمل :

- 1- زني الإناء الداخلي للمسعر وهو جاف وليكن ذلك m_c .
- 2- املئي نصف هذا الإناء الداخلي بالماء وزنيه وليكن m_{wc} ومنه أوجدني وزن الماء m_w .
- 3- ادخلي الثرمومتر في المسعر من الفتحة الخاصة به في غطاء المسعر وقيسي درجة حرارة الماء الابتدائية T_1 .
- 4- خذي قطع الجليد وكسريه ثم ضعي مقدار من الجليد في المسعر واغلقي غطاء المسعر.
- 5- قيسي درجة حرار الخليط (قطع الجليد والماء) والتي ستبدأ في الانخفاض الى ان تثبت عند درجة حرارة معينة T_2 .

6- أخرجي الإناء الداخلي من المسعر وقيسي وزنه وليكن m_t ومنه أحسبي كتلة الجليد m_i .

7- طبقي مبدأ حفظ كمية الحرارة:

كمية الحرارة المفقودة للماء والمسعر = كمية الحرارة التي يكتسبها الجليد ليتحول من جليد في درجة الصفر الى ماء في درجة الصفر + كمية الحرارة التي يحتاجها الجليد المنصهر لترتفع درجة حرارته للدرجة النهائية.

حسب المعادلة الآتية:

$$L = \frac{(m_w C_w + m_c C_c) (T_1 - T_2) - m_i C_w (T_2 - T_0)}{m_i}$$

ومنه أحسبي L والتي تمثل الحرارة الكامنة لإنصهار الجليد .

تعيين معامل يونج لسلك معدني

الغرض من التجربة :

تعيين معامل يونج لسلك معدني بطريقة سيرل.

نظرية التجربة :

إذا وقع جسم تحت تأثير مجموعة من القوى فإن هذه القوى تحرك أجزائه بالنسبة لبعضها حركة صغيرة فيتغير شكله وحجمه وبسبب تماسك جزيئات الجسم مع بعض و تنشأ عن حركتها بالنسبة لبعضها قوى داخلية تحاول أن تعيد الجسم إلى شكله الأصلي أو حجمه الأصلي. وفي بعض الأجسام تكون القوى الداخلية الناشئة عن الإنفعال مساوية للقوى الخارجية التي أحدثته وهكذا، فإن هناك تناسب طردي بين هاتين القوتين. فإذا توقفت القوى الخارجية عن التأثير فإن القوى الداخلية تعمل على أن تعيد الجسم إلى شكله أو حجمه الأصلي وتسمى مثل هذه الأجسام بالأجسام المرنة.

فالمرونة هي صفة من صفات المادة، وتتميز كل مادة بأن لها معامل مرونة يعرف بأنه النسبة بين الإجهاد والإنفعال. ويتعلق الإجهاد بالقوة الخارجية المحدثه للتشوه بينما الإنفعال هو أثر التغيرات التي تحدث في أبعاد الجسم عند تعرضها للإجهاد وهناك ثلاث معاملات للمرونة: معامل المرونة الطولي ويعرف بمعامل يونج ومعامل القص (وهو في بعدين) ومعامل المرونة الحجمي (في ثلاث أبعاد).

ويعرف معامل يونج Y بأنه:

$$Y = \frac{\text{Stress}}{\text{Strain}} = \frac{F/A}{\Delta L/L_0} = \frac{mg/\pi r^2}{\Delta L/L_0} = \frac{mgL_0}{\pi r^2 \Delta L}$$

حيث ΔL تمثل الزيادة في طول السلك تحت تأثير قوة خارجية F عليه.

و $A = \pi r^2$ تمثل مساحة مقطع السلك بإعتبار أن مقطعه دائري الشكل.

و r نصف قطر السلك المستعمل.

الأدوات المستخدمة :

جهاز قياس معامل يونج (جهاز سيرل) كاملاً، ميكرومتر، مسطرة مترية، مجموعة أثقال مقدار كل منها 1 كجم .

خطوات العمل :

- 1- قيسي بالميكرومتر نصف قطر السلك في عدة مواضع وأوجدي متوسط نصف قطر السلك.
- 2- قيسي طول السلك من نقطة التعليق إلى القطعة المعدنية المتصلة بالمقياس المدرج.
- 3- ضعي المؤشر على الصفر وذلك بإدارة الإطار الخارجي للمقياس المدرج (تصفير الجهاز).
- 4- ثم علقي ثقلاً مقداره 1 كجم على الحامل المتصل بالسلك (وزن الحامل مهمل) وانتظري قليلاً ثم سجلي قراءة المؤشر في الجدول (القراءة الأولى غير دقيقة ويمكن إهمالها في الرسم والحسابات).
- 5- أستمري بإضافة الأثقال (1 كجم) في كل مرة وحتى تصل إلى (9 كجم) وانتظري في كل مرة قليلاً قبل أخذ قراءة المؤشر وسجلي القراءات في الجدول.
- 6- انقصي الأثقال بمقدار الزيادة (1 كجم) في كل مرة وانتظري قليلاً ، ثم سجلي قراءة المؤشر في كل مرة حتى نصل إلى البداية عند الكتلة (1 كجم).
- 7- أحسب متوسط الإستطالة ΔL لجميع الكتل.
- 8- ارسمي رسماً بيانياً بين الكتلة والإستطالة، لتحصل على خط مستقيم.
- 9- أوجدي ميل هذا الخط المستقيم، و أوجدي معامل يونج بالتعويض في المعادلة التالية:

$$Y = \frac{gL_0}{\pi r^2} \cdot \frac{1}{\left(\frac{\Delta L}{m}\right)} = \frac{gL_0}{\pi r^2} \cdot \frac{1}{\text{slope}}$$

حيث g عجلة الجاذبية الأرضية = 9.8 ms^{-2}

معلومات مفيدة

(1) قواعد التقريب (Rounding)

سنشرح قاعدة التقريب بحل المثال الآتي:

حتى الجزء من مئة ومرة حتى الجزء من الألف ومرة حتى عدد صحيح. 31.5937 لنفرض أننا نريد تقريب هذا العدد وإذا كان الرقم الذي يلي 1 القاعده المتبعه (إذا كان الرقم الذي يلي الرقم المراد تقريبه خمسة أو أكبر منها فإننا نضيف لهذا الرقم العدد فإننا نحذف الأرقام التي تليه ولا نصف شيئاً) 5 الرقم المراد تقريبه أقل من الحل:

a- بالتقريب حتى الجزء من مئة ≈ 31.59 وذلك لأن 3 أصغر من 5

b- بالتقريب حتى الجزء من ألف ≈ 31.594 وذلك لأن 7 أكبر من 5

c- بالتقريب حتى العدد الصحيح ≈ 32 وذلك لأن الرقم بعد الفاصله 5

d- بالتقريب حتى الجزء من عشرة \approx فكري وأجيب؟

(2) طريقة إستعمال الآلة الحاسبة (calculator)

أولاً: تأكدي من صحة إستعمالك للآلة بحساب ناتج العلاقة التالية:

$$a = \frac{[\sqrt{2} + (5 \times 10^{-3})] \times 4}{((6 \times 10^{-7}) - 8)} = 0.7096 \sqrt{}$$

* يجب أن تدخل الأرقام في الآلة بهذه الطريقة أي تضعي اقواس تفصل بين كل رقم حتى تحصلي على ناتج صحيح

إدخالات خاطئة في الآلة مثل: $a = \frac{[\sqrt{2} + 5 \times 10^{-3}] \times 4}{(6 \times 10^{-7} - 8)}$ أو $a = \frac{\sqrt{2} + 5 \times 10^{-3} \times 4}{6 \times 10^{-7} - 8}$

وأي طريقة أخرى غير الطريقة المشار عليها بعلامة $\sqrt{}$

ثانياً: لكتابة عدد مضروب بقوى العشرة في الآلة الحاسبة أدخلي العدد ثم اضغطي EXP ثم أدخلي الأس.

مثال: لكتابة العدد 4×10^{-3} نضغط:



مع ملاحظة أن الطريقة قد تختلف حسب نوع الآلة المستخدمة.

ثالثاً: إذا ظهر لك ناتج من أرقام كثيره جداً مثل 3456798.76 أضغطي ENG لتصغير الرقم فيصبح

$$3.45679876 \times 10^6 \text{ ولكن يكتب بالتقريب } 3.46 \times 10^6$$

(3) حساب نسبة الخطأ النسبي E%

حساب نسبة الخطأ في أداء التجربة لتقييم أداءنا العملي من العلاقة:

$$E\% = \frac{|T - X|}{T} \times 100$$

حيث T تمثل القيمة الحقيقية للكمية المقاسة تجريبياً وتكون معروفة من المراجع والجدول

X تمثل القيمة التجريبية التي حصلت عليها في المعمل لهذه الكمية المطلوبة

(4) الوحدات (Units)

الوحدة هي تمييز يوضع بعد الرقم لمعرفة الخاصية المقاسة وهناك عدة أنظمة للوحدات ، ولكن النظام العالمي للوحدات (SI) (International System of Units) هو الأكثر استخداماً عالمياً وهو ما سنستخدمه خلال دراستنا لتمييز الكميات الفيزيائية.

يوضح الجدول التالي بعض الأبعاد الأساسية معبراً عنها بنظام الوحدات (SI):

البعد	الوحدة	الرمز
الطول	متر	m
الكتلة	كيلوجرام	kg
الزمن	ثانية	s

بالإضافة لهذه الوحدات، فقد نجد وحدات أخرى مثل المليمتر والنانو ثانية وغيرها، وهذه مسميات إضافية متعارف عليها تعبر عن أجزاء من الوحدة الأصلية، فعلى سبيل المثال يمكننا التعبير عن 1000 m بـ 1 Km وكذلك 1 MA بـ 10^6 A ، ويوضح الجدول التالي قوى العدد عشرة الأكثر استعمالاً في المعمل.

القوى	اسمها	رمزها
10^{-6}	مايكرو	μ
10^{-3}	ميلي	m
10^6	ميغا	M
10^3	كيلو	k

⚠ رموز بعض الوحدات تُكتب بحروف كبيرة (Capital) والآخرى بحروف صغيرة (Small)، فمثلاً

m هو رمز الميلي (10^{-3})، بينما M هو رمز الميجا (10^6).

* وحدة أخرى شائعة للأطوال الموجية تسمى أنجستروم \AA (Angstrom) = 10^{-10} m

(5) طريقة التحويل بين الوحدات

مثال (1): لتحويل 5 g إلى kg :

$$1 \text{ k} = 10^3 \rightarrow 1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g} \rightarrow 5 \text{ g} = (5 \div 1000) \text{ kg} = 0.005 \text{ kg}$$

مثال (2): لتحويل 7 MV الى V :

$$1 \text{ M} = 10^6 \rightarrow 1 \text{ MV} = 10^6 \text{ V} \rightarrow 7 \text{ MV} = (7 \times 10^6) \text{ V} = 7000,000 \text{ V}$$

(6) الرسم البياني (Graph)

a- مفهوم الرسم البياني

الرسم البياني هو الطريقة الموجزة لتمثيل النتائج المقاسة تجريبياً ويعتبر وهو وسيلة مهمة لاستخلاص المعلومات وإيجاد العلاقة بين المتغيرات الفيزيائية المقاسة.

b- لماذا نرسم القراءات بيانياً؟

لنتمكن من تفسير النتائج التي حصلنا عليها من الأجهزة ومن الحسابات ثم إيجاد العلاقة بين المتغيرات المقاسة مثل تعيين نوع العلاقة (طردية أم عكسية أم ثابتة أم....) وميل الخط المستقيم وغيرها الكثير من البيانات التي يمكن الحصول عليها.

c- كيف ارسم؟ (الرسم يكون بقلم رصاص مبري وعلى الورق البياني المخصص لذلك)

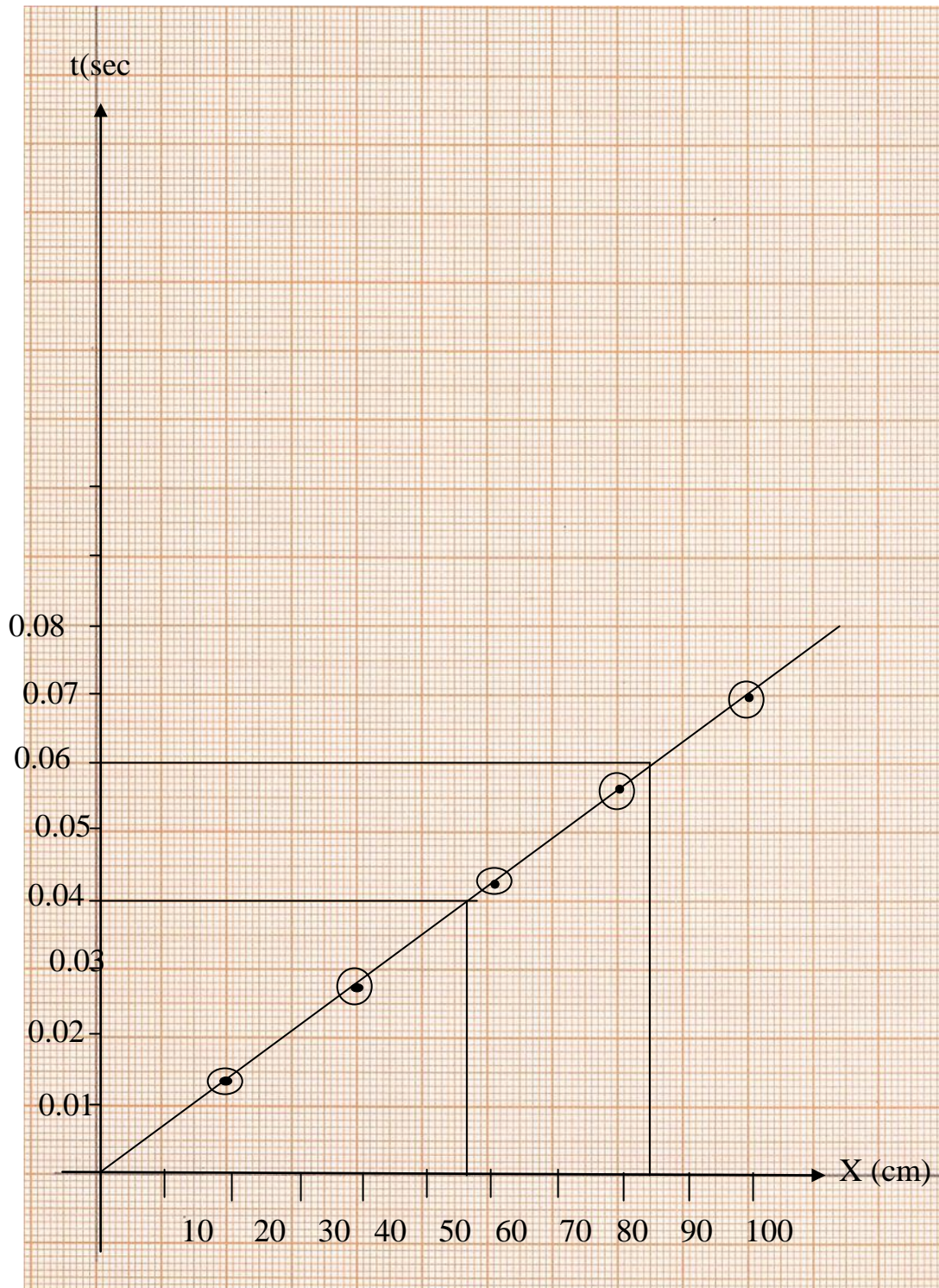
- 1- أرسمي المحورين السيني والصادي بحيث تشغل أغلب الورقة البيانية.
- 2- أكتبني اسم المحور السيني ووحدته بجانبه وهو يمثل المتغير المستقل (الكمية المعطاة في التجربة أي التي نتحكم فيها إما بالزيادة أو النقصان) وأكتبني اسم المحور الصادي ووحدته بجانبه وهو يمثل المتغير التابع (الكمية المقاسة من التجربة).
- 3- قسمي كل محور الى مربعات متساوية وكل مربع يمثل 1 سنتمتر أو 2 سنتمتر، ولتأخذي أقل من هذه القيم ولا أكثر ، أي لتأخذي المربع الواحد بـ 1.5 سنتمتر أو بـ 0.5 سنتمتر لأن ذلك يسبب عدم الدقة في توزيع القراءات واستخلاص البيانات.
- 4- يجب أن تكون المربعات متساوية على نفس المحور الواحد، فلكل محور مربعات تناسب قراءاته.
- 5- رقمي كل محور حسب مايناسب القراءات الخاصة به، وعندما تبدأين برقم ما فالرقم التالي هو ضعف هذا الرقم فمثلاً لو بدأنا بـ 2 فالتالي 4 ثم 6 ثم 8... وهكذا، ومعرفة الترقيم المناسب هي مهاره ستكتسبينها مع كثرة الممارسة، ومن الذكاء ان تختاري ترقيمات سهله مثل مضاعفات 1 أو مضاعفات 2 أو مضاعفات 10 وتجنبني الترقيمات المتعبه مثل مضاعفات 3 أو مضاعفات 1.5 أو مضاعفات 4.
- 6- إذا كانت القراءات كبيره، والورقة البيانية لاتكفي لها، فإمكانك إقطاع المحور والبدأ من رقم غير الصفر ويجب وضع علامة الإقطاع على المحور المقطوع.
- 7- بعدما رسمتي المحاور ورقمتيها، مثلي النقاط (x,y)، وضعي دائرة حول كل نقطة.
- 8- صلي هذه النقاط مع بعضها البعض بالمسطره، إذا كانت العلاقة تمثل خط مستقيم أو باليد وبمرونة إذا كانت العلاقة تمثل منحنى، لايشترط أن يمر الخط المستقيم أو المنحنى في جميع النقاط ولكن يجب أن يمر في نقطتين على الأقل مع مراعاة أن تكون النقاط منتشرة حول المنحنى أو الخط المستقيم بشكل جيد، أي يكون بعضها عليه وبعضها تحته وفوقه.
- 9- إذا كانت العلاقة خط مستقيم فيجب أن تحسبي الميل، وذلك بإختيار نقطتين على الخط المستقيم مختلفة عن نقاط التجربة.
- 10- إذا كانت العلاقة منحنى، فغالباً يتم استخدام الإسقاط وسترشدك الأستاذه للطريقة أثناء المحاضرة.

11- إذا كان لديك أكثر من جدول وأكثر من رسم بياني فيجب أن تكتبي عنوان لكل رسم بياني، مثل (هذا الرسم يمثل العلاقة بين المسافة والسرعة).

مثال محلول: في تجربة لتعيين السرعة القصوى لسيارة ماء، تم عملياً تحريك السيارة لمسافات مختلفة، وقياس الزمن المقابل لها في كل مره، فحصلنا على النتائج التالية:

X(cm)	t (sec)
20	0.014
40	0.028
60	0.042
80	0.056
100	0.07

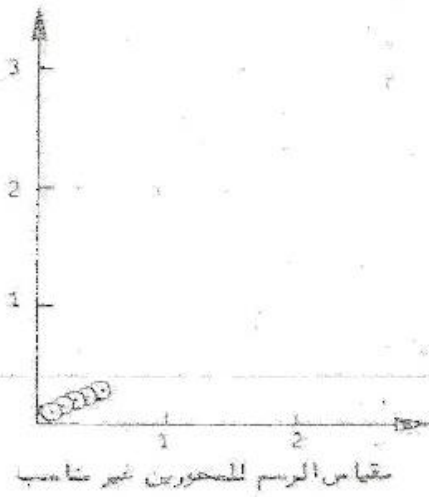
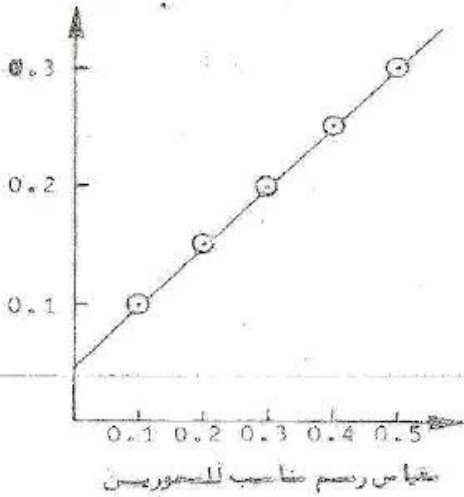
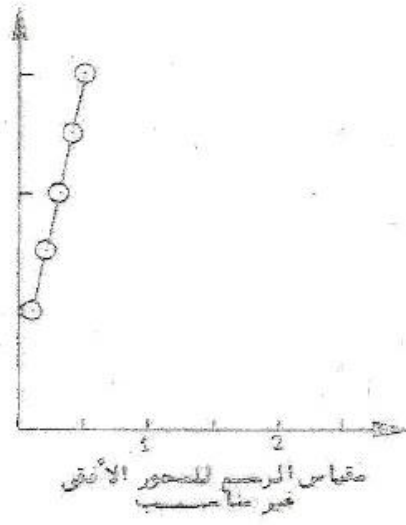
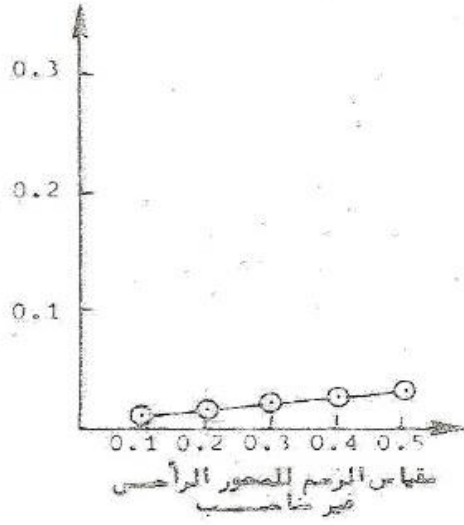
*ارسمي رسماً بيانياً يمثل العلاقة بين المسافة والزمن، ثم أوجدي ميل الخط المستقيم؟



الميل = فرق الصادات ÷ فرق السينات

$$\text{Slope} = \frac{t_2 - t_1}{x_2 - x_1} = \frac{0.06 - 0.04}{85 - 57} = 0.000714 = 0.714 \times 10^{-3} \text{ sec/cm}$$

*صوره توضح بعض الأخطاء في الرسم البياني فتجنبها



(7) بعض أجهزة القياس

1- الميكرومتر

a- ماهو الميكرومتر؟

هو أداة قياس دقيقة ويستخدم أساساً لقياس أقطار الأشكال الكروية والأقطار الخارجية للأشكال الاسطوانية وكذلك سمك الألواح الرقيقة، وتصل دقة الميكرومتر إلى $0.01mm$.

b- تركيب الميكرومتر

(1) الشكل في الموضحة التالية الرئيسية الأجزاء من يتركب

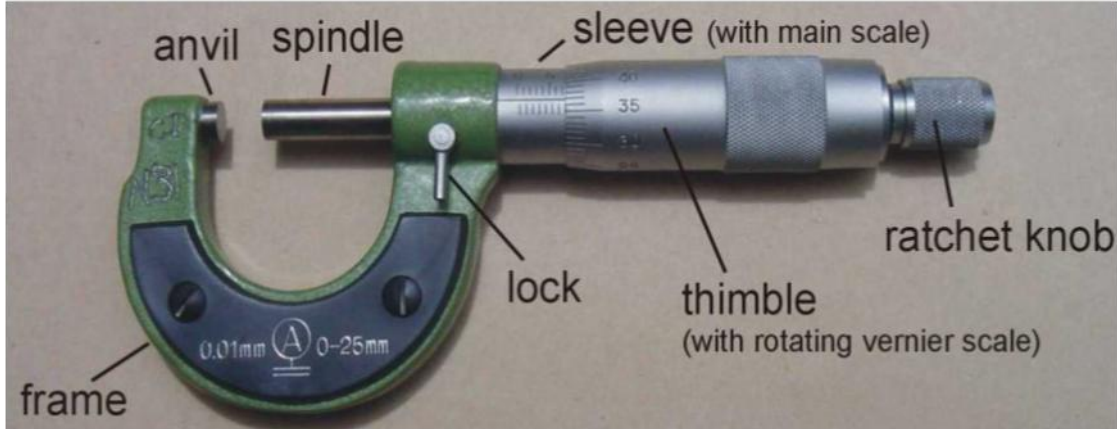
1- فك متحرك لتثبيت العينة (anvil spindle)

2- أسطوانة التدريج الطولي (sleeve)، وتكون مقسمة إلى مليمترات في القسم العلوي وأنصاف المليمترات في القسم السفلي

3- أسطوانة التدريج الدائري (thimble)، وتكون عادةً مقسمة إلى 50 قسمًا.

4- هيكل الجهاز (frame)

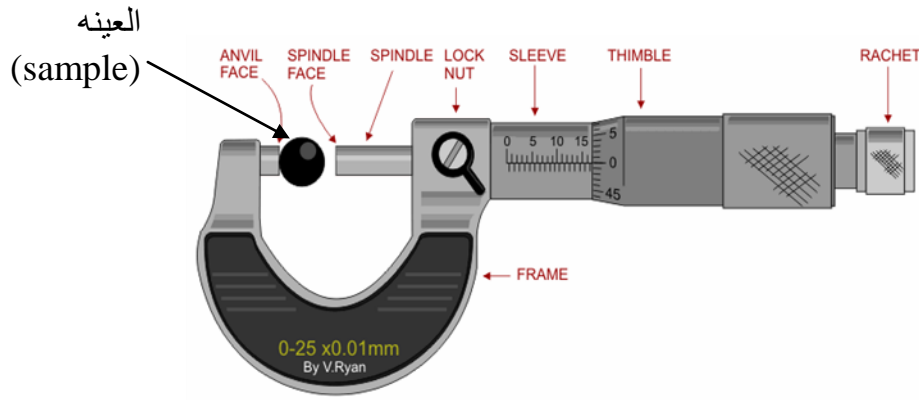
5- المسمار الجاس (ratchet knob).



الشكل (1)

c- كيف نستعمل الميكرومتر؟

توضع العينة المراد قياس أبعادها بين طرفي فك الميكرومتر كما في الشكل (2)، ثم يدار المسمار الجاس حتى يتلامس طرفي الفك مع العينة ويظهر صوت مميز فعندها نتوقف ونأخذ القراءة (يجب التوقف عن تحريك المسمار الجاس متى ما صدر هذا الصوت لأن الإستمرار في تحريكه حينها سيسبب تلف الميكرومتر).

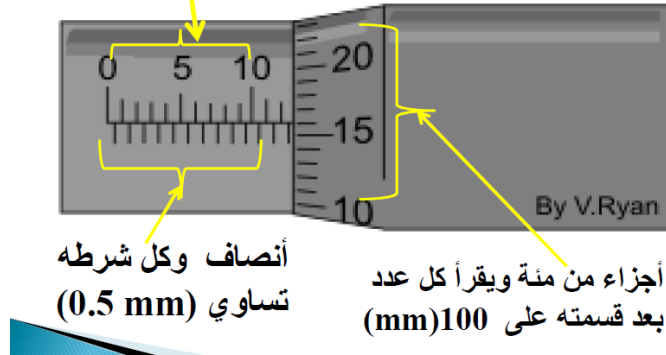


شكل (2)

d- طريقة القراءة من الميكروميتر

توضح الصورة التالية طريقة أخذ القراءة من الميكروميتر مع مثال محلول

أعداد صحيحة (mm)



أنصاف وكل شرطه
تساوي (0.5 mm)

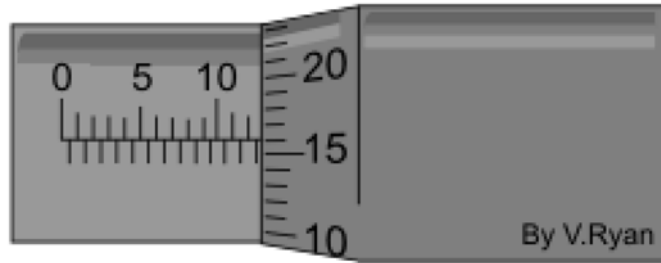
أجزاء من مئة ويقرأ كل عدد
بعد قسمته على 100 (mm)

القراءة الكلية = قراءة التدرج الطولي (الأعداد الصحيحة) + قراءة التدرج الطولي (الأنصاف)

+ قراءة التدرج الدائري (جزء من مئة)

ملاحظة : وحدة قياس الميكروميتر هي mm

مثال (1):



التدريج الطولي (العدد الصحيح): $\text{mm} 12 =$

التدريج الطولي (الأنصاف): $\text{mm} 0.5 =$

التدريج الدائري (الجزء من مئة): $\text{mm} 0.16 = \frac{16}{100}$

القراءة الكلية $= 0.16 + 0.5 + 12 = \text{mm} 12.66$

مثال (2):



التدريج الطولي (العدد الصحيح): $\text{mm} 3 =$

التدريج الطولي (الأنصاف): $\text{mm} 0.0 =$

التدريج الدائري (الجزء من مئة): $\text{mm} 0.09 =$

القراءة الكلية $= 0.09 + 0.0 + 3 = \text{mm} 3.09$

مقاطع يوتيوب للتوضيح العملي:

<http://www.youtube.com/watch?v=scs1G7nShcM>

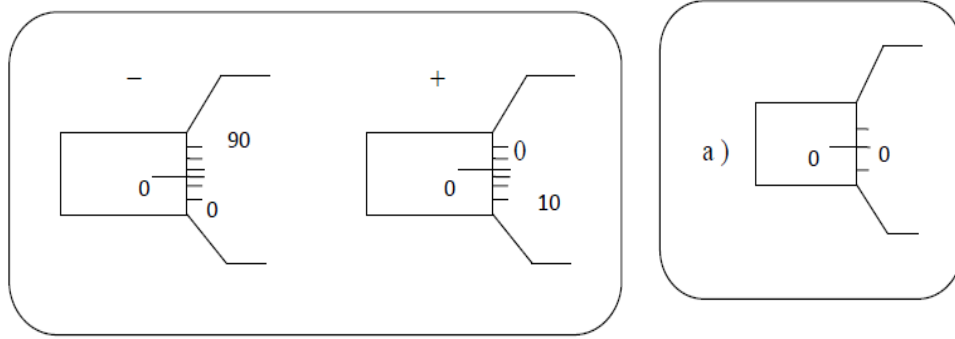
<http://www.youtube.com/watch?v=W6qEKBA2zCE>

e- تعيين الخطأ الصفري (ويكون قبل أخذ أي قراءة)

نتيجة كثرة استعمال الميكروميتر وغلق الفك بقوة شديدة يحصل خلل في ضبطته، لذلك قبل أخذ أي قراءة يجب غلق طرفي فك الميكروميتر بإدارة المسمار الجاس حتى يتلامس طرفي الفك فإذا انطبق صفر التدريج الطولي مع صفر التدريج الدائري فإنه لا يوجد خطأ صفري كما في الشكل (a) أما إذا لم ينطبق الصفرين فإنه يوجد خطأ صفري ويضاف للقراءة الكلية بإشارته ويتم تحديد إشارته كالتالي :

1- موجب وذلك إذا كان صفر التدريج الدائري أعلى من صفر التدريج الطولي كما في الشكل (b)

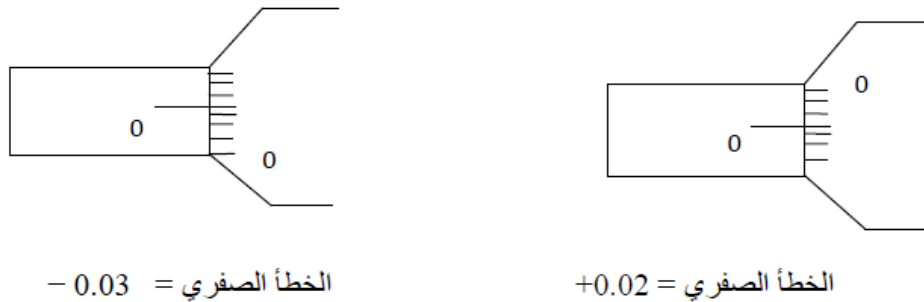
2- سالب وذلك إذا كان صفر التدريج الدائري أسفل صفر التدريج الطولي كما في الشكل (b)



ولتعيين قيمة الخطأ الصفري نوجد عدد الخطوط بين الصفرين على التدريج الدائري

$$\text{الخطأ الصفري} = \frac{\text{عدد الأقسام بين الصفرين على التدريج الدائري}}{100} \text{ mm}$$

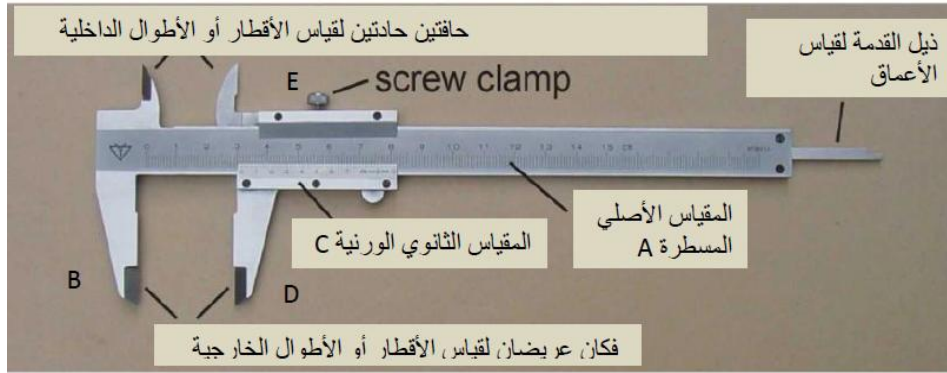
مثال على ذلك:



2- القدمة ذات الورنية

تستخدم القدمة لتعيين طول أو ارتفاع أو اقطار الأشكال المختلفة، مثل قياس اقطار الأنابيب أو اطوال الأسطوانات وغيرها.

a- شكل القدمة ذات الورنية وتركيبها



تركيب القدمة ذات الورنية:

تتركب من الأجزاء الرئيسية التالية كما هو موضح في الشكل (2)

1-المقياس الأصلي المدرج A وهو مقياس ثابت، قراءته كالمسطرة وأقل قراءة عليه هي 1mm وفي نهايته فكاً ثابتاً B

2-الورنية C وهي مقياس ثانوي مدرج ومتحرك ويتصل به فك متحرك D

3-المسمار المحوري E لتثبيت الجهاز

b- كيفية أخذ القراءة؟

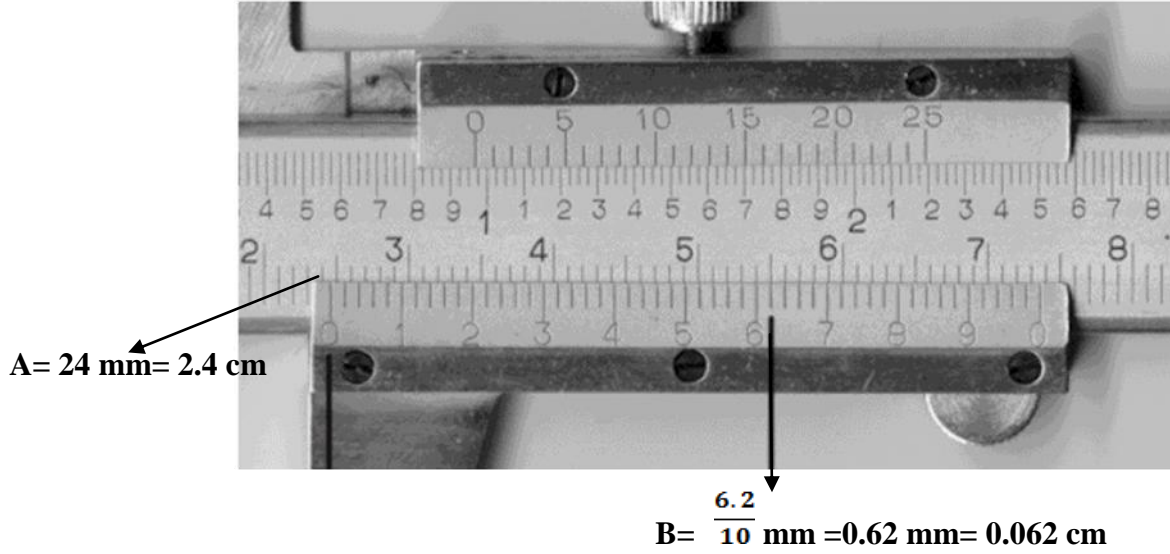
تتم عملية قراءة قياس القدمة ذات الورنية على مرحلتين أساسيتين :

أولاً: ننظر إلى ورنية القياس وبالتحديد إلى موقع الصفر ونقرأ العدد الذي على يساره والمسجل على مسطره القياس الرئيسي. نسجل قيمه القراءة بالمليمترات الصحيحة، ولتكن هذه القراءة A.

ثانياً: ننظر ابتداءً من صفر الورنية ونحدد أول تطابق تام بين تدريجي المسطرة و الورنية ثم نقرأ عدد تدريج الورنية المسجلة مع التطابق وهو جزءاً من عشرة بوحدة المليمتر وهذه قراءة الورنية ولتكن القراءة (B).

يكون حاصل جمع قيمة (A) وقيمة (B) نتيجة قيمة القياس على جهاز القدمة ذات الورنية.

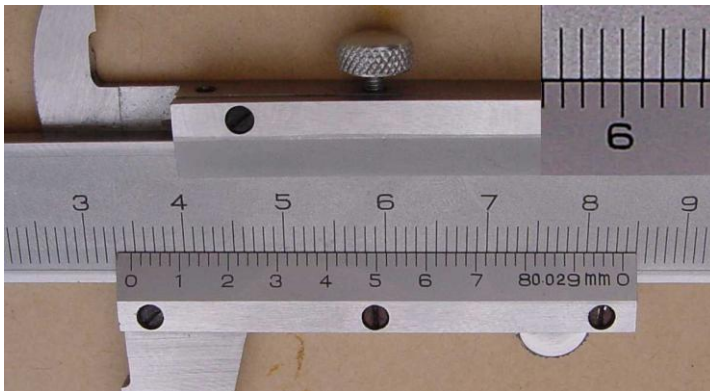
مثال تطبيقي توضيحي



القياس الرئيسي	A	24 mm = 2.4 cm
قياس الورنية	B	0.62 mm = 0.062 cm
قيمته القياس على الجهاز	A+B	2.4 + 0.062 = 2.462 cm

أمثله محلولة:

مثال (1):



A	3.7 cm
B	$\frac{6}{10} \text{ mm} = 0.6 \text{ cm}$
قراءة الجهاز	$= 3.7 + 0.6 = 4.3 \text{ cm}$

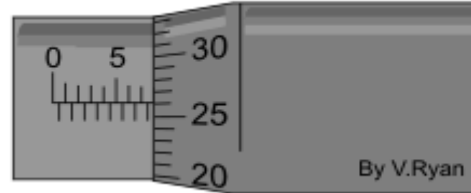
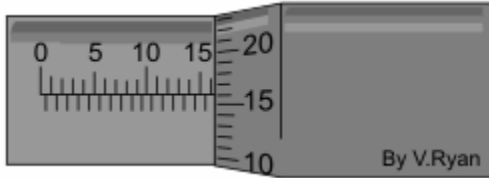
تدريبات

- 1- قربي العدد 54.1652 الى أقرب جزء من الف و مره الى أقرب جزء من مئة ومرة الى أقرب جزء من عشرة ؟
- 2- حولي $0.34\mu A$ إلى وحدة kA ؟ $(3.4 \times 10^{-10} kA)$
- 3- في تجربة لتعيين نصف قطر حلقة معدنية ، قمنا بتمرير قيم مختلفة للتيار الكهربائي I بوحدة الأمبير (A) في هذه الحلقة و في كل مرة قسنا المجال المغناطيسي المتكون حول الحلقة B بوحدة التسلا (T) ، فحصلنا على النتائج التالية :

1	0.02
2	0.05
3	0.08
4	0.11
5	0.14

*ارسمي العلاقة بين التيار I والمجال المغناطيسي B ، ثم احسبي الميل ؟

4- أوجدي قراءة الميكروميتر في الصور الآتية:



الاختبار النظري النهائي لمعامل الإعداد (101فيز-110فيز) الفصل الدراسي الثاني 1434 -

1433هـ

الاسم:	الرقم الجامعي:
الشعبة:	أستاذة المعمل:
يوم ووقت المعمل:	

المسؤال الأول:

في تجربة لتعيين نصف قطر حلقة معدنية ، قمنا بتمرير قيم مختلفة للتيار الكهربائي I بوحدة الأمبير (A) في هذه الحلقة وفي كل مرة قسنا المجال المغناطيسي المتكون حول الحلقة B بوحدة التسلا (T) ، فحصلنا على النتائج التالية :

1	0.02
2	0.05
3	0.08
4	0.11
5	0.14

و يعطى نصف القطر بالمعادلة :

$$R = 6.3 \times 10^{-4} \times \frac{I}{B}$$

وحدة نصف القطر R هي المتر m

حيث أن وحدة المتر تقابل الأمبير على التسلا :

1- ارسمي العلاقة بين التيار I والمجال المغناطيسي B .

2- احسبي الميل .

3- باستخدام الميل ، اكتب معادلة نصف القطر ثم احسب قيمة نصف القطر .

4- احسب نسبة الخطأ لنصف القطر إذا علمت أن القيمة الحقيقية هي $R = 0.02 \text{ m}$

5- من الرسم البياني أوجد قيمة المجال المغناطيسي عندما يمر تيار مقداره 3500 ميلي أمبير :
 $I = 3500 \text{ mA}$

السؤال الثاني :

اختاري الإجابة الصحيحة فيما يلي :

A. تعرف وحدة الحرارة الكامنة بـ :

1. J/Kg

2. $J/Kg \cdot c^\circ$

3. J/c°

B. عند وضع أنبوبة شعرية في إناء زجاجي به ماء فإننا سنلاحظ :

1. السطح مقعر بسبب أن قوى تماسك الجزيئات مع بعضها أكبر من قوى التلاصق بجدران الأنبوبة

2. السطح مقعر بسبب أن قوى تماسك الجزيئات مع بعضها أقل من قوى التلاصق بجدران الأنبوبة

3. السطح محدب بسبب أن قوى تماسك الجزيئات صغيرة جدا

C. شروط الاتزان في طاولة القوى :

1. القوتين (المحصلة R و الموازنة E) بنفس المقدار و عكس الاتجاه

2. القوتين (المحصلة R و الموازنة E) بنفس المقدار و بنفس الاتجاه

3. القوتين (المحصلة R و الموازنة E) بنفس المقدار و باتجاهات مختلفة

ضعي علامة صح (✓) أو خطأ (×) فيما يلي :

- A. يستفاد من قاعدة أرخميدس في تقدير حجم جسم منتظم و غير منتظم ()
- B. الزمن اللازم لعودة البندول لنفس موضع انطلاقه هو الزمن الدوري ()
- C. عند خلط مواد ذات درجات حرارة مختلفة ، تنتقل الحرارة من المواد الباردة إلى المواد الساخنة ()

الامتحان العملي النهائي 101 فيز + 110 فيز (نموذج D)

اسم الطالبة:
الجامعي:
الرقم
موعد المعمل: اليوم / وقت المعمل /
المعمل:
أستاذة

س1: احسبي الحرارة الكامنة لانصهار الجليد باستخدام العلاقة:

حيث: m_i كتلة قطعة الثلج، m_w كتلة الماء، m_c كتلة المسعر
 T_1 درجة الحرارة الابتدائية للنظام قبل ذوبان الثلج، T_2 درجة الحرارة النهائية للنظام بعد ذوبان الثلج
 $c_c = 908 \text{ J/kg.K}$ الحرارة النوعية للمسعر، $c_w = 4182 \text{ J/kg.K}$ الحرارة النوعية للماء

س2: احسبي الكتلة اللازمة ليستطيل الزنبرك المعطى بمقدار 9 cm عن طوله الأصلي علماً بأن ثابت الزنبرك معطى أمامك ، ثم تحقق منه عملياً.

علماً الوزن = الكتلة × تسارع الجاذبية، حيث تسارع الجاذبية $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

س3: باستخدام القدمة ذات الورنية، أوجد القطر الداخلي الأنبوبة المعطاة ودوني القراءة: _____

المراجع:

1. Resnick, R.R., et al., *Physics*, Fifth edition, John Wiley and sons, Inc., (2002).
2. Preston, D.W., and Dietz, E.R., *The Art of Experimental Physics*, John Wiley and sons, Inc., (1991).
3. Kreyszig, E., *Advanced Engineering Mathematics*, John Wiley and sons, Inc., (1999).
4. فريدريك ج. بوش ودافيد أ. جيرد، *أساسيات الفيزياء* (مترجم)، الطبعة العربية الأولى، الدار الدولية للاستثمارات الثقافية (2001).
5. رجب صبحي عطا الله و السيد فتحي عوض محمد جاسر، *الفيزياء العملية – الجزء الأول*، الطبعة الأولى، جامعة الملك سعود (1988).
6. على سالم الخرم وآخرون، *الفيزياء العملية*، الطبعة العربية الأولى، جامعة التحدي (1993).
7. منير عبد الحميد الحامض، *الفيزياء العملي*، الطبعة الأولى، جامعة عمر المختار (1996).
8. حنان العتيبي ولاء الحمدي، *تجارب الفيزياء العملية المستوى الأول-جامعة أم القرى*.
9. <http://hctmetrology.tripod.com/chap4.htm>
10. كتاب الفيزياء التجريبية (2005)

الفهرس

<u>رقم الصفحة</u>	<u>التجربة</u>
1	لماذا ندرس معامل الفيزياء
2	توزيع درجات المعمل
3	قانون هوك
7	الاحتكاك
11	البندول البسيط
14	طاولة القوى
19	السقوط الحر
21	تجربة أرخميدس
24	التوتر السطحي
26	الرنين في الأعمدة الهوائية
30	تعيين الحرارة الكامنة لإنصهار الجليد
32	تعيين معامل يونج
34	معلومات مفيدة
34	(1) التقريب
34	(2) طريقة استعمال الآلة الحاسبة
34	(3) حساب نسبة الخطأ المئوي
35	(4) الوحدات
35	(5) طريقة التحويل بين الوحدات
36	(6) الرسم البياني
40	(7) بعض أجهزة القياس
47	أ- الميكروميتر
50	ب- القدمة ذات الورنية
	(8) تدريبات
	(9) نموذج الاختبار النظري
	(10) نموذج الاختبار العملي

((والحمد لله رب العالمين))

- تابعي قسم الفيزياء والفلك على تويتر @ksu_phys
- وشاركي على هذا الـهوسم بآرائك ويوميائك الفيزيائية. #ksu_phys

- ولأبي سؤال أو استفسار؛ راسلينا على:
- [ksuphys/http://ask.fm](http://ksuphys/ask.fm)
- وهنا آراءك محل اهتمامنا:
- [ksuphys/http://sayat.me](http://ksuphys/sayat.me)
- phys.dept@ksu.edu.sa