

جامعة البصرة

كلية العلوم

قسم الفيزياء

ملزمة مختبر الميكانيك وخواص المادة (2)

ف102

للمرحلة الاولى

اعداد

أ.م.د. نوري صبيح جراح

أ.د. علي قاسم عبدالله

2021

ملاحظات وإرشادات عامة حول المختبر وكيفية كتابة التقارير

المقدمة Introduction

يعتبر علم خواص المادة احد فروع علم الفيزياء المهمة والأساسية , حيث إن دراسة هذا العلم متممة لدراسة علوم الميكانيك الكلاسيكي , فعلم الخواص يتناول دراسة الخواص الميكانيكية لحالات المادة السائلة والغازية فضلا عن الحالة الصلبة من الناحية الاستاتيكية (أي دراسة تأثير القوة المسلطة على الجسم من دون الشروع بالحركة) .

وينقسم علم خواص المادة إلى ثلاثة أقسام رئيسية:

القسم الأول هو (مرونة الأجسام الصلبة) elasticity of solids أي دراسة تأثير القوى المسلطة على الجسم والتي يطلق عليها بالاجهادات stresses والتشوهات الحاصلة أو النتائج المترتبة من تأثير الاجهادات من حيث التغيير في الشكل أو الحجم والتي تعرف بالمطاوعة strain , وبالنتيجة فان دراسة المرونة تنقسم بدورها هي الأخرى إلى ثلاثة أجزاء أساسية مستندة على مفهومي الإجهاد والمطاوعة وهي 1- إجهاد ومطاوعة الشد والانضغاط strain and tensions stress and compression 2- الإجهاد والمطاوعة الحجمية (التغيير بالحجم) and volume stress and strain 3- إجهاد ومطاوعة القص shear stress and strain.

أما القسم الثاني من علم خواص المادة فهو دراسة ميكانيك الموائع fluid mechanics (السوائل والغازات) ابتداء من تعريف الكثافة ومفهوم الضغط وتغيره مع الارتفاع فضلا عن مفهوم الضغط الجوي (atmospheric pressure) وتمتد دراسة ميكانيك الموائع بشكل عام والسوائل بشكل خاص إلى ظواهر متعددة ومهمة في حياتنا اليومية كالشد السطحي surface tension والخاصية الشعرية وطفو الأجسام, أما الجانب الديناميكي لميكانيك الموائع fluid dynamics فيتركز على الجريان المستقر steady flow للموائع واشتقاق معادلة الاستمرارية continuity equation ومعادلة برنولي Bernoulli equation للأنظمة اللانضغاطية المستقرة.

ويتم أيضا تناول مفهوم اللزوجة viscosity والتي تعرف على أنها المقاومة أو الاحتكاك الداخلي لطبقات المائع نتيجة تأثير اجهادات قوى القص عليه مع بعض التطبيقات المهمة لمفهوم اللزوجة كما هو معروف بقانون ستوكس.

أما القسم الثالث لعلم خواص المادة فيتضمن دراسة الحركة الاهتزازية والحركة الموحية واللتان تمثلان الحجر الأساس والمقدمة في دراسة فيزياء الموجات في المراحل المتقدمة لطلبة الفيزياء , حيث يتم تحليل مفهوم الاهتزاز من خلال تعريف واشتقاق القوة المعيدة كذلك مناقشة اهم التطبيقات في الحركة الاهتزازية والتوافقية كحركة البندول البسيط والمركب .

إن الحركة الاهتزازية تعتبر السبب الرئيسي في نشوء وتوليد الموجات الميكانيكية لذا تتم دراسة ومناقشة أنواع الموجات (المستعرضة والطولية) وطرق توليدها وطاقة الموجة والتداخل الموجي (البناء, الأتلافي) و الانعكاس للموجات..... الخ.

وبما إن الصوت يعتبر من أهم تطبيقات الحركة الموحية ولأهميته الواسعة في الكثير من التطبيقات العملية لذا فان علم الخواص يتناول مفهوم الصوت بشكل أكثر تفصيلا واتساعا بداية من تعريف مفهوم الصوت وتوليد وتباين سرعة الصوت في مختلف الأوساط المادية (الجوامد, السوائل, الغازات) ومستوى شدة الصوت والضربات وظاهرة دوبلر.

الهدف من المختبر

تقديم أفضل أشكال التعليم الجامعي في الفيزياء وتدريب الطلاب وتطوير مهاراتهم وقدراتهم العلمية والعملية من خلال اجراء التجارب في المختبر الذي يوضح المادة النظرية من جهة ويكسب الطالب مهارات تنفيذ التجارب والقياس والرصد وتحليل القياسات من جهة اخرى وهي امور محورية وهامة في المواضيع العلمية والتي تعتمد بشكل اساسي على استكشاف الامور من خلال التجربة

يكتسب الطالب خبرة عملية من خلال اجرائه لبعض التجارب المرتبطة بفروع الفيزياء العامة وخاصة في مادة خواص المادة .

ان الهدف من مختبر خواص المادة يتلخص بالنقاط التالية :

1. تعميق فهم المادة النظرية وذلك من خلال اجراء تجارب متعلقة بهذه المادة.

2. التعرف بالاجهزة والتعود على استخدامها وكيفية اجراء التجارب واكتساب مهارة الملاحظة والاستنتاج .

3. تطوير المهارات في العمل الذاتي والمقدرة على تحضير التجارب وتنفيذها وتحليل النتائج بشكل حسابي مع رسم العلاقات البيانية الملائمة .

مما تقدم يتبين إن علم خواص المادة هو القاعدة أو الحجر الأساس لكثير من الفروع والاتجاهات العلمية المتخصصة في علم الفيزياء وذلك لأهميته من حيث الجانب الأكاديمي أو التطبيقي (العملي).

وبضوء ما تقدم ولأهمية هذا الموضوع فقد تم إعداد عدد من التجارب المختبرية المتخصصة بالمجالات المشار لها وذلك بهدف تعميق الجانب النظري وربطه بالجانب التطبيقي لعلم خواص المادة والحركة الموجية وتتضمن الملزمة الحالية عدد من التجارب التي تم اختيارها بعناية من قبل الكادر المشرف على المختبر مراعيًا في ذلك شرح أهداف كل تجربة والأجهزة المستخدمة فيها والنظرية التي تستند إليها التجربة وطريقة العمل والحسابات وصولاً إلى تحقيق أهداف التجربة وربطها بالجانب النظري .

ولكون المقرر يدرس باللغة الانكليزية لذلك تم الاعتماد على اللغة الانكليزية في كتابة التجارب وكذلك على الطالب كتابة التقارير باللغة الانكليزية لتطور امكانية الطالب باستخدام هذه اللغة في الكتابة وفهم المادة النظرية للمقرر.

نرجو من أبنائنا الطلبة إتباع الخطوات والإرشادات الواردة حول كل تجربة بدقة وعناية لتحقيق الهدف المنشود .

واجبات الطالب في المختبر

من اجل ان يكون بالإمكان اجراء التجارب بشكل لائق والاستفادة من العمل في المختبر على كل طالب ان يتحضر بالشكل التالي :-

- 1- قراءة الشرح الموجود في الملزمة والمتعلق بالتجربة .
- 2- تحضير التقرير في البيت قبل اجراء التجربة ،ويتم احضاره الى المختبر في يوم اجراء التجربة.
- ملاحظة [على كل طالب ان يحضر التقرير بشكل فردي ،وليس بشكل جماعي] .
- ويتضمن التقرير النموذجي العناصر الاساسية التالية:

الصفحة الاولى :

- 1- اسم الجامعة والكلية والقسم والمرحلة الدراسية والشعبة والمجموعة.
 - 2- اسم المختبر / الفصل الدراسي / السنة الدراسية .
 - 3- اسم الطالب .
 - 4- عنوان التجربة / باللغة العربية والانكليزية .
 - 5- رقم التجربة.
 - 6- تاريخ اجراء التجربة .
 - 7- تاريخ تسليم تقرير التجربة.
- جامعة البصرة
كلية العلوم
قسم الفيزياء
المجموعة:

تجارب مختبر خواص المادة والحركة الموجية

الفصل الدراسي :
201-- / 201--

اسم الطالب :

اسم التجربة (يكتب اسم التجربة باللغة العربية واللغة الانكليزية)

رقم التجربة

تاريخ اجراء التجربة

اما الصفحات التالية فيكتب فيها :

1- الهدف من التجربة.

2- الاجهزة المستخدمة في التجربة / وصف للأجهزة والأدوات التي تم استخدامها بالتجربة .

3- نظرية التجربة / شرح المادة النظرية المتعلقة بالتجربة بصورة مختصرة مع المعادلات والقوانين المتعلقة بالتجربة نفسها .

4- طريقة العمل / تكتب على شكل نقاط متسلسلة حسب التسلسل الفعلي للتجربة .

5- القياسات والحسابات / عرض نتائج القياسات على شكل جداول ورسوم بيانية .

6- تحليل النتائج ، وذلك من خلال حساب المقادير الفيزيائية المطلوبة وذلك بحسب نتائج التجربة والمتمثلة بالجدول وبالرسوم البيانية .

7- عرض النتائج ومقارنة القيم التي نحصل عليها مع القيم النظرية المتوفرة.

8- الاستنتاج والمناقشة : يعتمد الاستنتاج على دراسة النتائج المستحصلة ونسبة الخطأ ومناقشة اسبابها والعوامل المؤثرة عليها وكيفية تفاديها او التقليل من تأثيرها على النتائج .

9- الإجابة على الأسئلة التحضيرية الموجودة في نهاية بعض التجارب .

10- إحضار كافة المتطلبات للعمل في المختبر من اقلام رصاص ومسطره وأوراق وأوراق بيانية وآلة حاسبة.

11- اقتراحات لتحسين ظروف التجربة وتقليل الأخطاء .

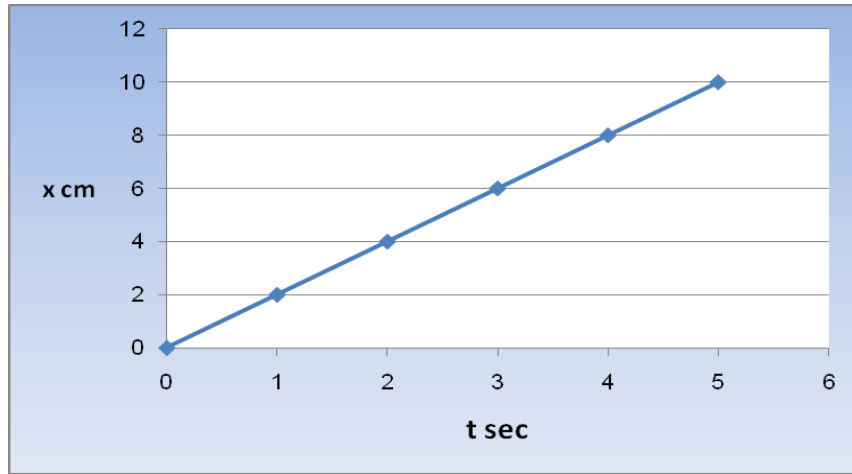
التمثيل البياني لنتائج القياس واستخلاص النتائج

Graphical Representation of Experimental Results and Analysis

واحدة من الطرق المستخدمة من اجل تحليل نتائج القياسات في المختبر هي الرسوم البيانية .الرسوم البيانية هي تمثيل شكلي لنتائج القياس التي تصف العلاقة بين متغيرين .إذ أنه في التجارب يكون الهدف عادة أن نفحص علاقة مقدار فيزيائي معين نرسم له (y مثلا) مع مقدار فيزيائي آخر نرسم له (x مثلا) أثناء عملية القياس نقوم بتغيير أحد المتغيرين x (مثلا) عددا من المرات ونقيس قيمة y الناتجة عن التغيير في كل مرة ونقوم بتحضير جدول لنتائج القياس .في هذه الحالة فإن المتغير x والذي نقوم بتغيير قيمته يسمى المتغير المستقل، والمتغير y يُسمى المتغير التابع لأن قيمته تتعلّق بقيمة المتغير x .

في عملية الرسم البياني نقوم بالمراحل التالية:

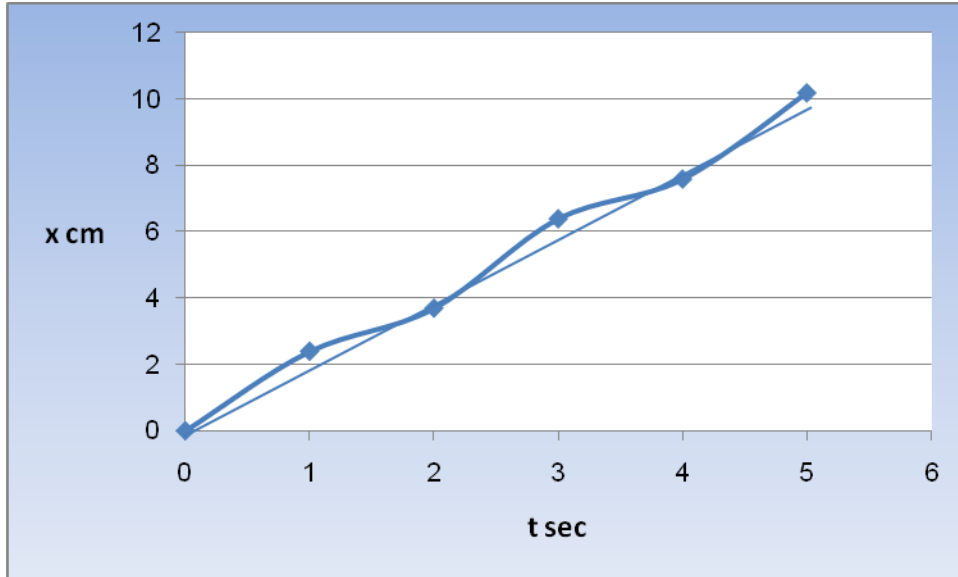
t (sec)	x (cm)
0	0
1	2
2	4
3	6
4	8
5	10



شكل (1)

لكن إذا قمنا بعملية القياس بشكل فعلي بالمختبر فإنّه قد نحصل على الجدول التالي:

t (sec)	x (cm)
0	0
1	2.4
2	3.7
3	6.4
4	7.6
5	10.2



شكل (2)

من أجل حساب سرعة الجسم من الجدول الذي حصلنا عليه نرسم الموقع كدالة للزمن على ورق مليمتري، وذلك بحسب نتائج القياس (لاحظ أن السرعة من المفروض أنها مجهولة) في هذه الحالة نحصل على رسم بياني كما هو مبين في الشكل (2). لاحظ أن النقاط لا تقع على خط مستقيم واحد. في هذه الحالة علينا أن نمرر خطاً متوسطاً هذا الخط يتوسط النقاط التي حصلنا عليها في التجربة كما هو مبين في الشكل (2) ميل هذا الخط يمثل معدلاً لقياسات، وهو الخط المتوسط الذي يقلل من الأخطاء العشوائية.

من أجل حساب ميل الرسم نختار نقطتين على الخط نفسه مثلاً (2sec, 4cm) و (4 sec, 8 cm) ونحصل على أن ميل الرسم المتوسط هو:

$$\text{Slope} = m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{8\text{cm} - 4\text{cm}}{4\text{sec} - 2\text{sec}} = 2 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$$

بالمقابل لو اخترنا نقطتين من الجدول لحساب السرعة مثلاً الثانية والخامسة فإننا نحصل على أن:

$$\text{Slope} = m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{10.2\text{cm} - 3.7\text{cm}}{5\text{sec} - 2\text{sec}} = 2.16 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$$

هذا هو عبارة عن ميل الخط المستقيم بالشكل أعلاه. وكما نلاحظ يوجد هنا خطأ. لهذا نستنتج أنه من أجل حساب الميل المتوسط والذي هو الأدق علينا:

- 1- أن نرسم خطاً متوسطاً يتوسط النقاط التي حصلنا عليها في الرسم البياني.
- 2- أن نختار نقطتين على الخط المتوسط نفسه، نقوم بواسطتهما بحساب ميل الرسم.

مقياس الرسم

لاختيار مقياس رسم مناسب يجب مراعاة مايلي:

- 1- ان تكون دقة الرسم كافية لحساب ميل الخط المستقيم.
- 2- ان تشمل النقاط معظم مساحة الورقة البيانية .

3- ان يكون الرسم واضحاً والنقاط محددة بشكل واضح وكذلك الخطأ في القياس.

4- ان يمثل الخط المستقيم معظم النقاط وعليه يفضل استخدام طريقة المربعات الاقل .

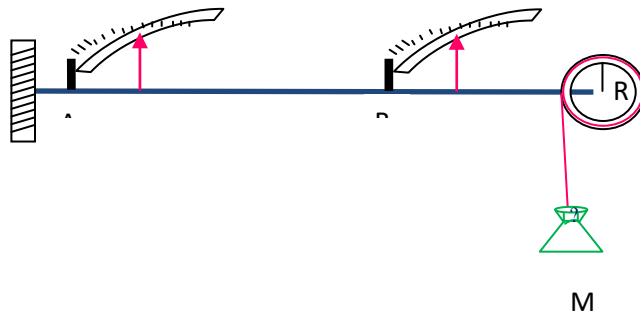
5- ان يكون عدد النقاط كافياً.

6- ان يقسم الخط المستقيم النقاط الى جزأين متساويين.

1- Determination of the rigidity coefficient of a wire statically

Apparatus:

Any of the standard forms of apparatus for horizontal or vertical torsion of a wire. A pointer is fixed to the wire at a distance L from a circular card marked in degrees.. this card is clamped in position in such a way that the wire passes freely through a central hole in the card. The torsion is applied by a weight attached to a pulley wheel supported by the wire.



Method:

Fix the pointer at a point at a given distance L from the fixed end of the wire. Attach a weight to the end of the pulley and read the angle of the twist and then attach the weight to the other side of the pulley and read the twisting angle. Increase the weight and repeat the same procedure for several weights with same length L .

Then repeat same procedure for a certain weight and varying the distance L to have another set of data.

Plot the angle against the weight and find the slope to be used to calculate the rigidity modulus.

Plot the angle against L and determine the slope to calculate the modulus and then compare the results.

Theory

Consider a wire of length L ; on twisting the free end of the wire through an angle α , the rectangular finite sheet of the wire is subjected to a shear stress

Let ϕ be the angle of shear

$$\phi = \frac{r\alpha}{L}$$

Now n (rigidity coefficient) = $\frac{\tau}{\phi}$

Where shearing stress = $n\phi = \frac{nr\alpha}{L}$

Shearing force = $\frac{n\alpha r}{L} \cdot \text{area of the element} = \frac{n\alpha r}{L} \cdot r dr \cdot d\theta$

And the moment of this force about the fixed point = $\frac{n\alpha r^3}{L} \cdot dr \cdot d\theta$

By integrating the equation to determine the total moment and simplify the relation the modulus of rigidity n with be in the form of:

$$= \frac{360}{\pi^2 \cdot 4} \cdot \frac{1}{\alpha}$$

$$= \frac{360}{\pi^2 \cdot 4} \cdot \frac{1}{\text{slope}}$$

Where D is the diameter of the pulley and a is the radius of the wire and $g=9.81 \text{ ms}^{-2}$

And the m/a is the $1/\text{slope}$ of the graph.

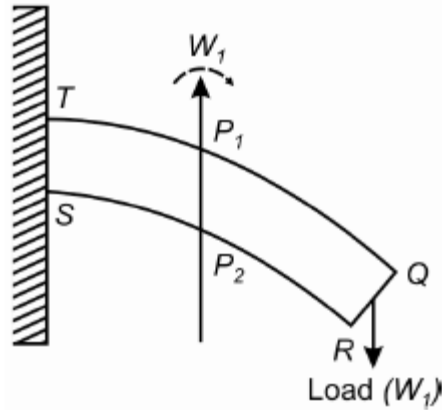
Experimental data

$D=5.5 \text{ cm}$

$a=0.32 \text{ cm}$

$n=35 \times 10^9 \text{ N/m}^2$

2- A: Determination of Young's modulus by bending of a beam



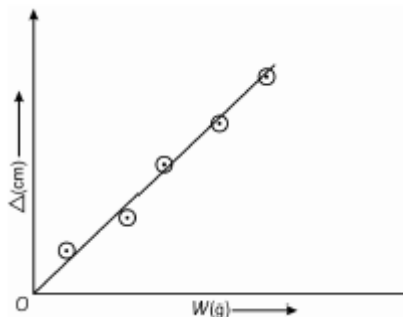
The figure above shows a beam of length L loaded at the free end. Let us choose x -axis along its length and y -axis

Method

The beam is placed on the support which is an edge of the table after loading the free end of the beam the beam is bended downward and by increasing the amount of mass that loading the beam the bending increasing accordingly.

Make a table as shown below and take the readings for different Masses
Where X_0 is the level of the beam without load

Then plot a graph of S on Y -axis and the load M on x -axis and calculate the slope of that graph



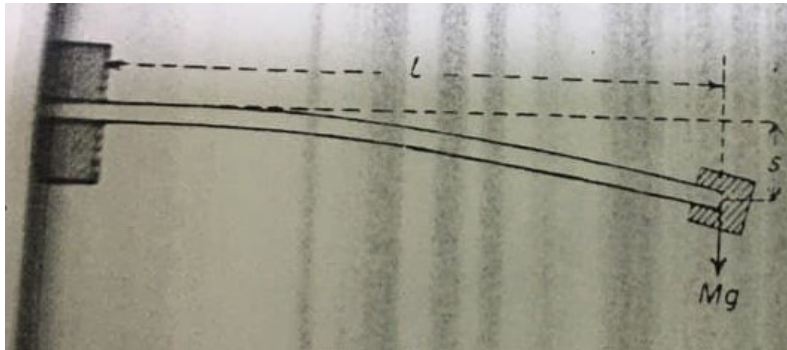
For a rectangular cross-section as the ruler beam and from the slope of the graph S/M

The Young's modulus can be evaluated as:

$$Y = \frac{L^3 g}{4bd^3} \times \frac{1}{\text{slope}} \quad \text{dyne/cm}^2$$

The quantities L , b , d and l are measured in this experiment. Hence, the maximum probable error can be calculated as:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{3\Delta L}{L} + 3\frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta x}{x}$$



The loaded beam is clamped firmly to the edge of the bench by the G clamp with a definite length projecting from it. The load affixed to the beam should be such as to cause but a small depression. The beam is now caused to vibrate, and the periodic time T is obtained by timing 20 vibrations. The experiment is repeated to find a mean value of L . A graph of T^2 against L^3 is plotted to obtain a mean value of L^3/T^2 . The width and depth of the beam are measured. This measurement should be taken carefully from an average of at least six screw-gauge readings at different points along the beam.

Hence the motion is simple harmonic and the periodic time T is

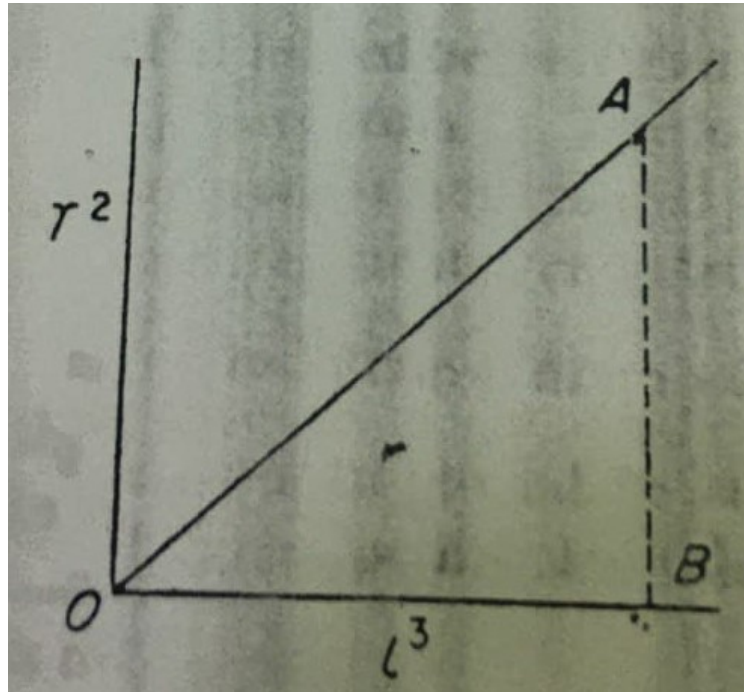
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{mL^3}{2IE}}$$

From which $E = \frac{4\pi^2 mL^3}{3IT^2}$

For a beam of rectangular section $I = \frac{bd^3}{12}$

From graph $\frac{L^3}{T^2} = \frac{OB}{AB}$

$$E = \frac{16\pi^2 m}{bd^3} \frac{OB}{AB}$$



3- Viscosity of Glycerin

Viscosity is a measure of the internal friction in a liquid or the resistance to flow

Low viscosity fluids flow easily like (water, alcohol)

High viscosity fluids pour slowly like molasses and cold honey

The common unit of absolute viscosity is the poise, which is defined as the force in dynes required to move a surface one square centimeter in area past a parallel surface at a speed of one centimeter per second, with surfaces separated by a fluid film one centimeter thick, for convenience the centi-poise – one hundredth of poise – is the unit customarily used. Absolute viscosity : the ration of shear stress to shear rate, it is a fluid internal resistance to flow. Absolute viscosity divided by the fluids density equals to kinematic viscosity.

It is typically measured by a rotary viscometers to determine the torque on rotating spindle and to measure the fluid's resistance.

Rotary viscometer principle: the viscosity of fluids is to be determined with rotary viscometer, in which a hanging load drives a cylinder immersed in the liquid (Glycerol) to be investigated, the viscosity of liquid generates a moment of rotation of the cylinder which can be measured with the aid of the torsion.

When a thin film of liquid is held between two plates, moving the plates relatively to each other requires the application of force. The liquid layers that are directly adjacent to each of the plates surfaces are held to them by force of adhesion, and forces of cohesion act between the molecules of the liquid, on movement, a linear velocity gradient is forced within the liquid between two plates.

When the distance between the two plates is dx and the difference in velocity is dv , according to Newton's law, a force F is required to move the liquid layers.

$$F = \eta A \frac{dv}{dx} \dots\dots\dots(1)$$

This force is proportional to the area A and the velocity gradient $\frac{dv}{dx}$, the factor η given above is the dynamic viscosity. The gradient F/A gives the shearing stress τ

$$\tau = \eta \frac{dv}{dx} \dots\dots\dots(2)$$

The dynamic viscosity is therefore, equal to the ratio of the shearing stress and the velocity gradient.

The gauge in this experiment is a rotary viscometer; it consists of an inner and outer cylinder. The liquid to be investigated is located between them. At low rotational velocity, the moment of the rotation $\mathbf{T}(\tau)$, which exerted on cylindrical layer of liquid with a radius r and a height of h conforms to the following relationship as a result of the rotation of the outer or inner cylinder

$$\mathbf{T}(\tau) = \tau \cdot 2\pi r h \cdot r \dots\dots(3)$$

The shearing stress can be expressed by the measurable moment of rotation:

$$\tau(r) = \frac{\mathbf{T}}{2\pi r^2 h} \dots\dots\dots(4)$$

In this case the velocity gradient D is as follows:

$$\mathbf{D}(r) = r \frac{d\omega}{dr} \dots\dots\dots(5)$$

Where ω is angular velocity.

Combining the equations 2, 4 and 5 and integration with limiting condition $\omega = 0$ for $r=R_1$ and $\omega=f$ for $r=R_2$ (R_1, R_2 = radii of the two cylinder) gives the following relationship between the measured moment or rotation and the angular velocity.

$$\mathbf{T} = \left(\frac{4\pi R_1^2 R_2^2 h}{R_2^2 - R_1^2} \right) \eta f = C \eta f$$

$$\text{Or } \eta = \frac{\mathbf{T}}{Cf} = \frac{\text{slope}}{C} \dots\dots\dots(6)$$

Where C is the device constant.

The above equation must be further corrected due to edge effect so that C becomes an empirical constant.

Liquids whose viscosity is independent of shearing stress and the velocity gradient are called Newtonian liquids. These include liquids of low molecular weight, dilute suspensions of spherical particle and pure, thinly liquid lubricating oils.

With colloidal solutions, suspensions of higher concentrations, crystalline liquids and melts the viscosity is no longer a constant at a given temperature. Such non-Newtonian liquids show a complex correlation between τ , and the integral velocity gradient D . A colloidal solution is one which contains dissolved particles of size between 10^{-5} and 10^{-7} cm. the viscosity of colloidal solution is dependent not only concentration but also on the molecular shape.

Viscosity is a temperature dependant property. Liquids exhibit a decrease in viscosity with the increase of temperature. When energy is supplied, the average energy of the molecules increases and the mutual forces of attraction between the molecules less noticeable. For most liquids, the following equation is valid:

$$\ln \eta = \frac{E}{RT} + \ln c \dots\dots\dots(7)$$

C material constant

E energy required to overcome intermolecular forces.

An increase in temperature of 1K causes the viscosity to be reduced by about 2%.

Note : $\eta = \frac{N}{m^2} s = Pa.s$

The common metric unit of the absolute viscosity is the poise where, 10 poise = 1 N.s/m²

For convenience, the centi-poise cp is the unit customarily used, where, cp=0.01 poise .

- 1- Hang a small mass in the cord and leave it to fall freely while you count the time of its falling from top to the bottom.
- 2- Repeat the 1st step by gradually increasing the mass and fill the following table

M(g)	t(sec)	T (dyne.cm)	F (Hz)

- 3- Calculate the moment of rotation (T) and the frequency (f) using the following relations:
T=m.g.r

$$f = \frac{v}{r} , v = \frac{r}{t} , f = \frac{1}{r.t}$$

Where r is the radius of the rotating disk.

- 4- Draw T (on the y-axis) as a function of f then determine the slope .
- 5- Use the calculated slope and equation (6) to evaluate the viscosity for the Glycerin.

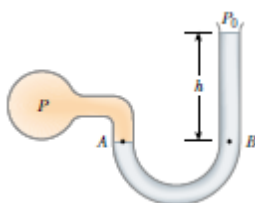
R1=2.45cm , R2=3.15cm

r= 1.7cm , h=7.5cm

$\eta = 1500 \times 10^{-3} Pa.s$

4- Determination of the atmospheric pressure using a Boyle's law apparatus

Conventional Boyle's law apparatus

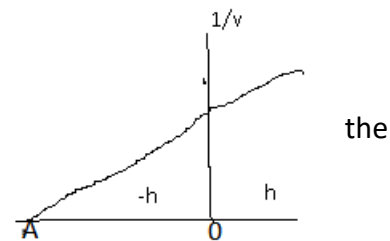


The experiment is commenced with the open tube well raised and the closed tube containing the gas (air) as low as possible. Then, by gradually lowering the open tube and raising the close tube until the position of the two tubes are interchanged, a series of readings for pressures and volumes can be obtained extending over a wide range. At each stage the position of A (the top of the closed tube) and the mercury surfaces at B and C are read against the scale, a small time interval being allowed between each set of readings to ensure that the gas in the close tube is at the temperature of its surroundings. The volume (V) of the gas may be taken as proportional to the length AB of the tube (assumed uniform), while the difference (h) between the readings at B and C gives the excess pressure of the gas above the atmospheric pressure (H). (if the level of the mercury at C is below that at B , h will be negative)

Level A	Level B	Level C	$h(C-B)$ cm of mercury	$V(A-B)$ Scale unit	$1/V$

Boyle's law states that for a given mass of gas maintained at constant temperature, the volume (V) is inversely proportional to the pressure (P), or $PV = \text{constant}$. A plot of $1/V$ against P will yield a straight-line graph passing through the common zero. Now if H is the atmospheric pressure in cm of the mercury, and h the difference in the mercury levels in the two tubes, then $P = H$

The plot of $1/V$ against h when extrapolated to cut the h -axis will locate the common zero, and the intercept OA (disregard the negative sign) is evidently atmospheric pressure H .



5- Surface tension for water

Using Drop volume method – stalagmometric method

The stalagmometric method is one of the most common methods used for the surface tension determination. For this purpose the several drops of the liquid leaked out of the glass capillary of the stalagmometer are weighed. If the weight of each drop of the liquid is known, we can also count the number of drops which leaked out to determine the surface tension. The drops are formed slowly at the tip of the glass capillary placed in a vertical direction. The pendant drop at the tip starts to detach when its weight (volume) reaches the magnitude balancing the surface tension of the liquid. The weight (volume) is dependent on the characteristics of the liquid.

The stalagmometric method

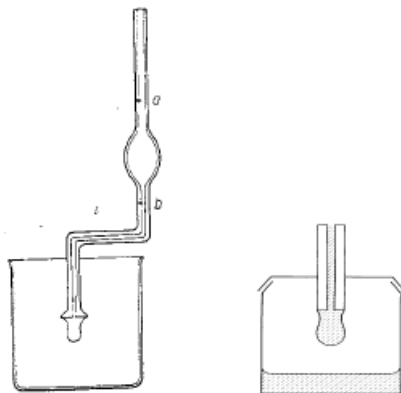
The drop starts to fall down when its weight is equal to the circumference () multiplied by the surface tension γ .

In the case of a liquid which wets the stalagmometer's tip the value is that of the outer radius of the capillary and if the liquid does not wet – the value is that of the inner radius of the capillary

The drop starts to fall down when its weight is equal to the circumference () multiplied by the surface tension γ .

$$W = 2\pi r\gamma \quad (1)$$

In the case of a liquid which wets the stalagmometer's tip the value is that of the outer radius of the capillary and if the liquid does not wet – the value is that of the inner radius of the capillary (Fig. 1).



The drops wetting area corresponding to the outer and inner radii of the stalagmometer's tip.

In fact, the weight of the falling drop is lower than expressed in Eq.(1). This is a result of drop formation, as shown in Fig.2.

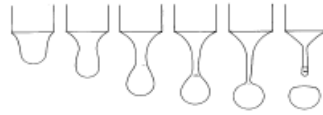


Fig. 2. Subsequent steps of the detaching drop

Up to 40% of the drop volume may be left on the stalagmometer tip. Therefore a correction has to be introduced to the original Tate's equation.

$$W' = 2\pi r\gamma f \quad (2)$$

Where: f expresses the ratio of

Harkins and Brown found that the factor f is a function of the stalagmometer tip radius, volume of the drop v , and constant, which is characteristic of a given stalagmometer, $f = f\left(\frac{r}{v^{1/3}}\right)$

$$f = f\left(\frac{r}{a}\right) = f\left(\frac{r}{v^{1/3}}\right) \quad (3)$$

The values for different tip radii were determined experimentally using water and benzene, whose surface tensions were determined by the capillary rise method. They are shown in Table 1.

Tabell 1. Values of the factor f

$r/v^{1/3}$	f	$r/v^{1/3}$	f	$r/v^{1/3}$	f
0.00	(1.000)	0.70	0.6093	1.15	0.6407
0.30	0.7256	0.75	0.6032	1.20	0.6535
0.35	0.7011	0.80	0.6000	1.25	0.6520
0.40	0.6828	0.85	0.5992	1.30	0.6400
0.45	0.6669	0.90	0.5998	1.35	0.6230
0.50	0.6515	0.95	0.6034	1.40	0.6030
0.55	0.6362	1.00	0.6098	1.45	0.5830
0.60	0.6250	1.05	0.6179	1.50	0.5670
0.65	0.6171	1.10	0.6280	1.55	0.5510

It appeared that the factor f changes the least if: $0.6 < r/v^{1/3} < 1.2$

In practice, after having determined the mean weight m of the liquid drop calculated from several drops weighed, one can calculate its volume at the measurement temperature if the liquid density is known, and then the value of $r/v^{1/3}$. Next the f value can be found in the table. Finally, the surface tension can be calculated from Eq. (2) where $W' = m g$.

$$\gamma = \frac{m g}{2\pi r f}$$

(4)

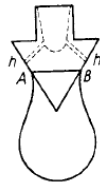
The value of f depends also on the kind of liquid tested.

In our experiments we use the following value to calculate the surface tension for water where $2\pi f = 3.8$

$$\gamma = m g / 3.8 r \quad (5)$$

Therefore the relative measurements (in comparison to another liquid of known surface tension) can not be applied here, that is, γ can not be calculated from the ratio of the weights of two drops of two liquids and known surface tension of one of them. However, such measurement can be done with 0.1 % accuracy if the shape of the stalagmometer tip is like that shown in figure 3.

$$\text{Then: } \frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \left(\frac{m_1}{m_2}\right)^{2/3} \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^{1/3} \quad (5)$$



The drops wetting area corresponding to the outer and inner radii of the stalagmometer's tip.

Apparatus : Searle's apparatus consisting of two identical brass rods connected together at their midpoints by wire under test; the diameter of the wire should be small compared with its length, stop watch, silk fiber or cotton thread, lighter.

Method: First suspend the rods by parallel silk fibers as shown so that the rods and the wire are in the same horizontal plane. Draw together slightly the end B and D of the rods by a loop of cotton. Burn the cotton and take the time of torsional oscillations, and then find the periodic time T_1 . Now clamp the rod AB in a firm support, and allow the lower rod CD to execute torsional oscillations around the axis of the wire. Obtain the periodic time T_2 by timing 20 of these oscillations. Measure the length of the wire and its radius (a) from at least six readings of the diameter taken by a screw gauge at different points along the wire. Weigh the rod, and also measure its length (L) and radius (r)

Mass of rod (M)= -----kg

Length of rod (L) =-----m

Radius of rod (r) =-----m

Screw-gauge reading: , , , , , , ; mean diameter -----m

Radius of wire (a)=----- m

Length of wire (l) =-----m

Then K =----- kgm^2

Time for 20 oscillations: 1st reading=-----s

2nd reading=-----s

3rd reading=-----s

Periodic time for 1st experiment $T_1=(t_1+t_2+t_3)/(3*20)$

Periodic time for 2nd experiment $T_2=(t_1+t_2+t_3)/(3*20)$

The required values to be calculated E ----- Nm^{-2} , n =----- Nm^{-2} , k =----- Nm^{-2}

Consider the state of affairs when each rod is displaced at angle θ from its equilibrium position. The wire is bent into a circular arc of radius of curvature $\frac{l}{2\theta}$ and the bent wire exerts a restoring torque on each rod equal to the moment of flexural stresses produced in the wire by the motion of the rod.

For a slightly bent wire this moment ;

$$= \frac{IE}{R}$$

$$= \frac{\pi\alpha^4 E}{2} \cdot \theta$$

Since $\frac{\pi\alpha^4}{4}$ for a rod of circular cross-section.

The equation of motion of the rod is thus:

$$K\theta = \frac{\pi\alpha^4 E}{2} \cdot \theta \quad (\text{where } K = \text{moment of inertia of the rod}).$$

The motion is thus harmonic and the periodic time is

$$T1 = 2\pi \sqrt{\frac{2K}{\pi\alpha^4 E}}$$

$$E = \frac{8\pi K}{T1^2 \alpha^4} \quad (1)$$

$$\text{Where } K = M \left(\frac{L^2}{12} + \frac{r^2}{4} \right)$$

With one rod clamped in a horizontal position, the periodic time is

$$T2 = 2\pi \sqrt{\frac{2K}{\pi\alpha^4 n}}$$

$$\text{From which } n = \frac{8\pi K}{T2^2 \alpha^4} \quad (2)$$

Now from the theory of elasticity

$$1 + \mu = \frac{E}{2n} \quad (\text{where } \mu = \text{Poisson's ratio})$$

$$\therefore \mu = \frac{1}{2} \left(\frac{T2^2}{T1^2} \right) - 1 \quad (3)$$

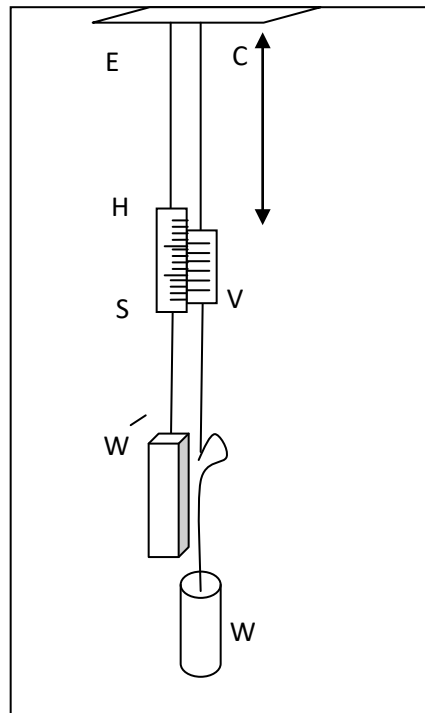
Having E and n from the above equations, the bulk modulus k can be calculated from the relation

$$\frac{1}{E} = \frac{1}{9k} + \frac{1}{3n} \quad (4)$$

The advantages of this method are that only a small specimen of the material is required and also the measurement involved (times of oscillation) can be found accurately.

The experiment provides a method of obtaining Poisson's ratio by direct observations, although the method is only applicable to materials obtainable in the form of wires.

Apparatus : Two long wires of the same material are suspended side by side from the same support. The extension of the wire under test AB is taken by a vernier scale V against the main scale S supported by the wire CD, which is kept under constant load by a heavy weight L'. This arrangement obviates any errors due to temperature changes during the experiment, or yielding of the support, from affecting the observed extensions. The heavy weight L and the original load on AB should both be sufficient to keep the wires taut and free from kinks. The extending load on AB is increased by the addition of slotted half-kilograms weight at W. A meter rule and a screw gauge will also be required.



Method

When the wire AB is taut the vernier is read to give the zero position. The load is progressively increased by adding of 0.5 kg weights at W and the vernier is read on each occasion. When about 0.5 kg have been added, the weights are removed in successive stages, and vernier readings are again taken. The length of AB from the support to the point of attachment to the vernier scale is measured by a meter rule. The diameter is also measured (from cross-sectional area) by screw gauge at least six readings being taken.

NOTE: if loaded within the limits of perfect elasticity the graph of extension against load will be straight line, thus verifying Hooke's law. On unloading the wire will recover its original length. Further loading beyond the elastic limit will result in much larger relative extensions, and after removing the weights, the wire will be found to have acquired a permanent set.

$$Young's\ modulus = \frac{elongatory\ stress}{elongatory\ strain}$$

$$\frac{Wg}{a} \cdot \frac{\delta L}{L} = \frac{Wg}{\pi r^2} \cdot \frac{\delta L}{L}$$

L=-----m

Screw gauge readings: , , , , , mean value = -----m

Zero error = +/- ----- m

True mean diameter =-----m

Radius r = -----m

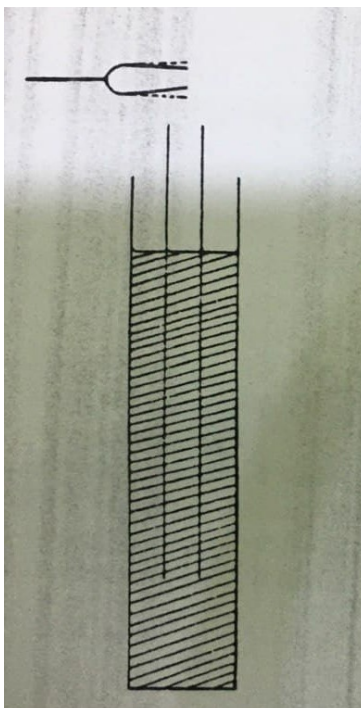
Load in kg	Extension in mm		
	Load increasing	Load decreasing	mean

From graph

$$\frac{wg}{\delta L} = \frac{OB \times 9.81}{AB \times 10^{-3}}$$

$$\therefore E = \frac{L}{\pi r^2} \times \frac{OB}{AB} \times 9.81 \times 10^3 = -----Nm^{-2}$$

Apparatus: glass resonance tube about 100cm long and 3cm in diameter. This is held by a clamp and connected with a rubber tube almost filled with water. Also a set of tuning forks of frequency range 256-512 and meter rule.



Method

The resonance tube is placed vertically and the water level can move up and down by raising the rubber tube to increase or decrease the part of glass tube that contain air above the water.

Frequency (f)	Reading of L	1/f

From the graph of L against (1/f), the slope can be obtained

Where the slope equals to quarter of the speed of sound, due to the fact that the resonance takes place when L equals to 0.25 of the wavelength, therefore, the speed of sound will be the slope times 4

When a tube of opened ends the resonance will take place when the length of the tube is 0.5 of the wavelength of sound.

The correction value obtained from the negative intersection in the graph with is related to the distance between the tuning fork and the glass tube. Also the diameter of the glass tube is one of the parameters that effect the value of the correction value.

The theoretical value of the speed of sound can be calculated using the formula:

$$c = 331\left(1 + \frac{T^{\circ}C}{273}\right)^{\frac{1}{2}} \quad m/s$$

Hence the temperature of the room should be measured to obtain the theoretical value of sound speed in air