

دليل جلسات العملي لمقرر فيزياء طبية

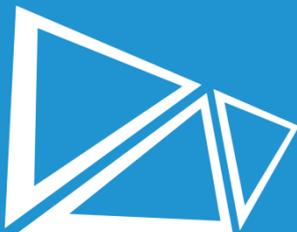
كلية طب المنارة

إعداد

د. محمد معلا

مدرسو الجزء العملي

- أ. علي اسماعيل
أ. ديانة قوجة
أ. غادة جبور
أ. وفاء منصور



جدول المحتويات

Contents

5	التجربة الأولى
5	أدوات القياس
5	أهداف التجربة:
5	مبادئ أساسية:
10	الأجهزة والأدوات:
10	تنفيذ التجربة:
11	المراجع:
13	التجربة الثانية
13	انكسار الضوء في الزجاج
13	أهداف التجربة:
13	مبادئ أساسية:
17	الأجهزة والأدوات:
18	تنفيذ التجربة:
21	المراجع:
21	التجربة الثالثة
21	التمدد الحراري الطولي للأجسام الصلبة
23	أهداف التجربة:
23	مبادئ أساسية:
24	الأجهزة والأدوات:
25	تنفيذ التجربة:
26	المراجع:
27	التجربة الرابعة
27	الرطوبة النسبية
27	أهداف التجربة:

- 27..... مبادئ أساسية:
- 30..... الأجهزة والأدوات:
- 31..... تنفيذ التجربة:
- 35..... التجربة الخامسة.....
- 35..... قياس التوتر السطحي باستخدام طريقة الفصل.....
- 35..... أهداف التجربة:
- 35..... مبادئ أساسية:
- 38..... الأجهزة والأدوات:
- 39..... تنفيذ التجربة.....
- 40..... المراجع:
- 41..... التجربة السادسة.....
- 41..... حساب معامل لزوجة سائل لزج باستخدام مقياس يعتمد على مبدأ الكرة الساقطة.....
- 41..... أهداف التجربة:
- 41..... مبادئ أساسية:
- 44..... الأجهزة والأدوات:
- 45..... تنفيذ التجربة:
- 46..... المراجع:
- 47..... التجربة السابعة.....
- 47..... الكثافة النسبية للسوائل.....
- 47..... أهداف التجربة:
- 47..... مبادئ أساسية:
- 49..... الأجهزة والأدوات:
- 50..... تنفيذ التجربة.....
- 51..... المراجع:
- 53..... التجربة الثامنة.....
- 53..... حساب البعد المحرقي لعدسات مقربة باستخدام طريقة بيسل.....
- 53..... أهداف التجربة:
- 53..... مبادئ أساسية:

- 55.....الأجهزة والأدوات:
- 56.....تنفيذ التجربة:
- 57.....المراجع:
- 59.....التجربة التاسعة.....
- 59.....التحقق من صحة قانون أوم في الكهرياء.....
- 59.....أهداف التجربة:
- 59.....مبادئ أساسية:
- 61.....الأجهزة والأدوات:
- 62.....تنفيذ التجربة:
- 64.....المراجع:
- 65.....التجربة العاشرة.....
- 65.....حساب المقاومات الكهربائية باستخدام جسر واطسن.....
- 65.....أهداف التجربة:
- 65.....مبادئ أساسية:
- 67.....الأجهزة والأدوات:
- 68.....تنفيذ التجربة:
- 69.....المراجع:

التجربة الأولى

أدوات القياس

Measuring tools

1. أهداف التجربة (Objects of the experiment):

استخدام كلاً من القدم القنوية (Vernier caliper) والدوارة اللولبية (Micrometer caliper) لقياس الأبعاد الصغيرة لأجسام مختلفة.

2. مبادئ أساسية (Principles):

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

- ثخانة خط التدرج بحدود (0,2mm).

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

فيذا أردنا أن تكون دقة القياس أكبر من ذلك وجب الاستعانة بأدوات أخرى تمتاز بدقة عالية، كالقدم القنوية، والدوارة اللولبية.

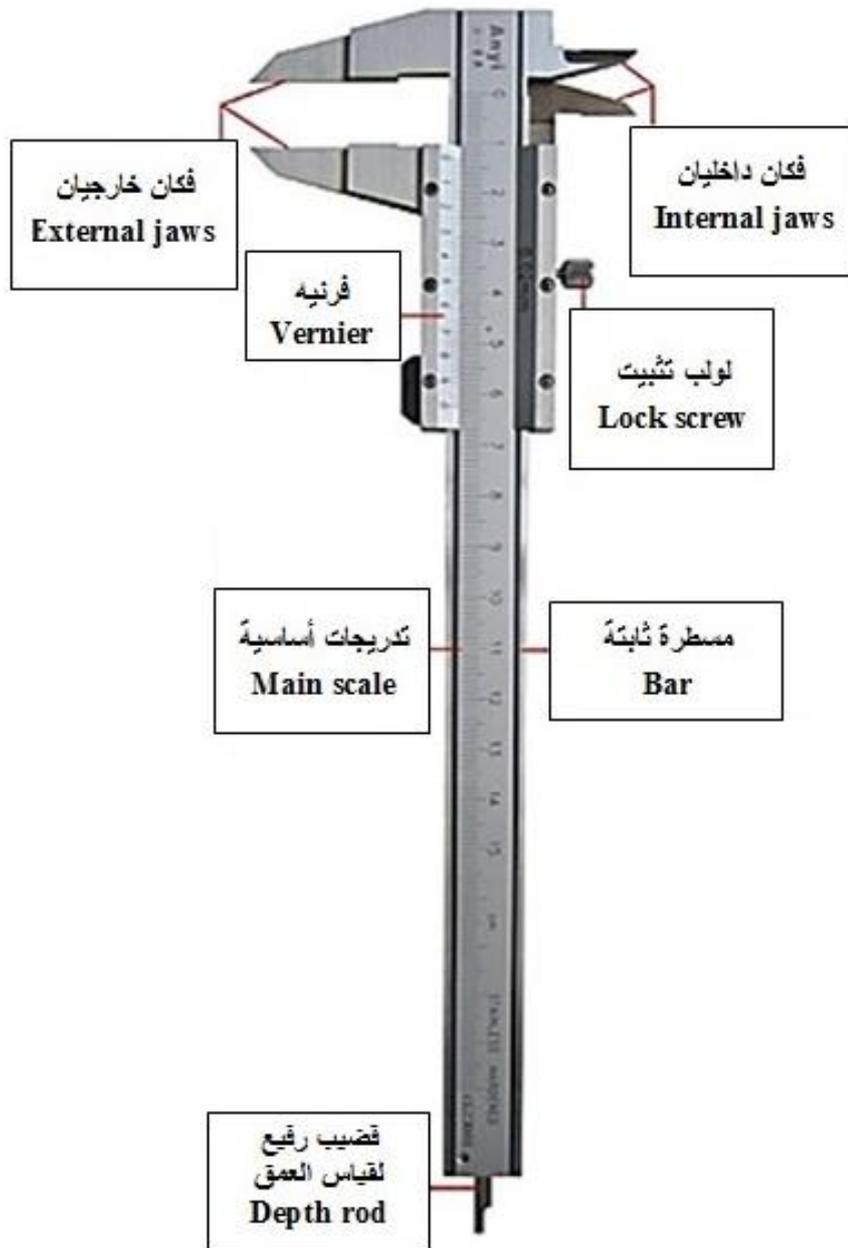
أولاً: القدم القنوية

(سيتم استخدام هذه الأداة في تجربة التوتر السطحي)

هي أداة تُستعمل للقياسات الدقيقة في الميكانيك بشكل خاص، مثل قياس أطوال وتخن الأجسام، الأقطار الداخلية والخارجية للأنايب وأعماقها. تتألف كما هو مبين في الشكل (1) من مسطرة معدنية ثابتة مدرجة بالمليمترات أو أنصاف المليمترات، ينتهي أحد طرفيها بمسند مؤلف من فك وسيف يقابلها فك وسيف مثبتان على زالقه تحمل فرنيه تنزلق على المسطرة الثابتة. كما أن هذه الزالقه تحمل قضيباً رفيعاً يبرز من الطرف الثاني للمسطرة يُستخدم عند قياس الأعماق، ومُجهزة بزر لتسهيل عملية الانزلاق. تعتبر الفرنيه جزء من القدم القنوية وهي عبارة عن مسطرة إضافية مُتحركة تنزلق على المسطرة الثابتة، وتتميز عنها باختلاف تقسيماتها، وتُقسم في الحالة العامة إلى (n) تدرجاً متساوياً.

فعلى سبيل المثال لقياس طول جسم ما (L)، نضع هذا الجسم ما بين فكي الفرنيه ومن ثم نقوم بتثبيتته بشكل جيد للحصول على نتيجة قياس دقيقة. وهنا نستطيع أن نميز حالتين:

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



الشكل (1): المكونات الأساسية للقدم القنوية.

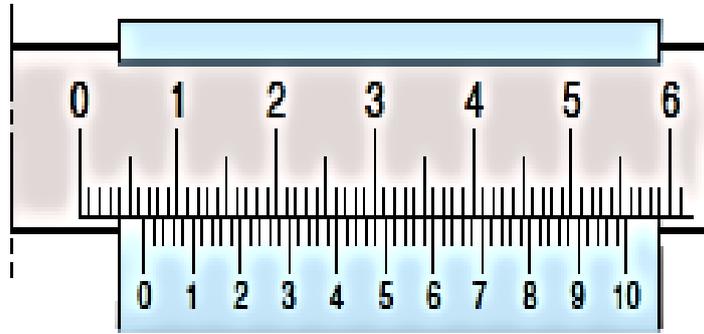
أما إذا كانَ صفر الفرنیه لا يقابل تماماً تدريجاً معيناً من تدريجات المسطرة الثابتة، أي أنه في وضع متوسط بين تدريجتين من تدريجات المسطرة الثابتة، عندئذٍ نقرأ القيمة الصحيحة التامة قبل صفر الفرنیه مقدرة بالمليمتر ولتكن x ، ثم نبحت عن تدريجة من تدريجات الفرنیه محاذية تماماً لتدريجة من تدريجات المسطرة الثابتة، ثم نعد عدد

التدرجات ما بين صفر الفرنيه وتدریجة التطابق، وليكن m ، ونضربه بمقدار دقة الفرنیه $1/n$. أي نستخدم المعادلة التالية:

$$L = x + m \cdot \frac{1}{n} \quad (1)$$

على سبيل المثال، من الشكل (2) نجد قيم القياس التالية:

$$x = 6 \text{ mm}, m = 20 \Rightarrow L = 6 + 20 \times \frac{1}{50} = 6.40 \text{ mm}$$



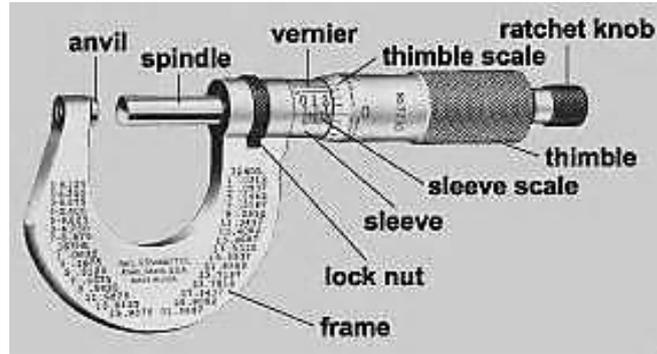
الشكل (2): يبين آلية قراءة الأبعاد باستخدام القدم القنوية.

ثانياً: الدوارة اللولبية

(سيتم استخدام هذه الأداة في تجربة اللزوجة)

من أجل الحصول على قياسات دقيقة للأجسام صغيرة الحجم، فإنه يتم الاستعاضة عن القدم القنوية بأداة قياس تعطي قياسات أدق لسماكة وأقطار هذه الأجسام. تدعى هذه الأداة بالدوارة اللولبية.

تتألف الدوارة اللولبية، كما هو مبين في الشكل (3)، من قطعة معدنية على شكل حرف U في أحد طرفيها صامولة ثابتة يدور فيها بسهولة لولب ينتهي بأنبوب معدني قصير ومن ثم بقبضة محددة من طرفها العلوي ومقسمة في الحالة العامة إلى n تدرجاً متساوياً، وفي الطرف الآخر مسند يقابل رأس اللولب، أي رأس محور الدوران. كما يوجد على طول الأنبوب المعدني مسطرة L مدرجة بأنصاف المليمتر، ومن ثم فرنيه.



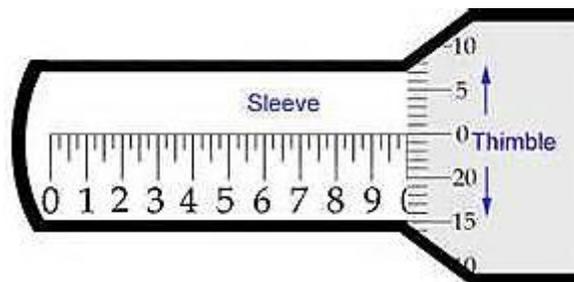
الشكل(3): المكونات الرئيسية للدوارة اللولبية.

سندان (Anvil)، محور دوران (Spindle)، أسطوانة معدنية تحتوى محور (Sleeve)، فرييه (Vernier)، أسطوانة معدنية تحتوى محور مدرج (Sleeve scale)، أنبوب معدني قصير (Thimble)، أنبوب معدني قصير مدرج (Thimble) scale، مسكة (Ratchet knob)، قاعدة (Frame)، عذقة تثبيت (Lock nut).

إذا دار اللولب دورة كاملة انتقلت حالة الأسطوانة (Thimble) المحددة باتجاه تدريجات المسطرة مسافة تساوي عادة نصف ميليمتر (0,5 mm) بحيث تعادل كل تدريجة من تدريجات الأسطوانة (1/n) من أصغر تدريجة على المسطرة الثابتة (Sleeve)، الشكل (4).

تقسم الأسطوانة (Thimble) إلى 50 تدريجاً ($n_1 = 50$)، وبما أن كل دورة من دوراتها تعادل نصف ميليمتر (0,5mm) على المسطرة الثابتة (Sleeve)، فإن دقة القياس تساوي:

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{n_1} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{50} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{100} mm = 0.01mm$$



الشكل(4): تدريجات كلاً من الأسطوانة والمسطرة ضمن الدوارة اللولبية.

وهكذا لقياس ثخن جسم ما، يُجعل هذا الجسم بين طرفي المسند (anvil) ومحور الدوران (Spindle)، وتُدور الأسطوانة (Thimble) حتى يلامس رأس المحور رأس المسند بضغط كافٍ لتجنب ضغط الجسم أو عطب الدوارة اللولبية.

عندما يتم حصر الجسم بين المسند والمحور يُقرأ التدريج المكشوف من المسطرة الثابتة (Sleeve) وليكن مثلاً a ، ثم يُقرأ تدريج حافة الأسطوانة (Thimble) المحاذي تماماً لامتداد خط المسطرة (Sleeve) ولنفرض أن المحاذاة كانت محققة عند التدريج m . فإذا كانت الأسطوانة مقسمة إلى 50 تدريجه ($n_1 = 50$) وكانت كل دورة من دوراتها تعادل نصف ميليمتر (0,5mm) على المسطرة الثابتة، عندئذٍ يمكن حساب ثخن الجسم من العلاقة التالية:

$$X = a + m \times \frac{1}{n} \quad (2)$$

حيث أن دقة القياس هنا:

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{n_1} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{50} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{100} mm = 0.01 mm$$

مثال:

من الشكل (5) نجد قيم القياس التالية:

$$a = (18.5) mm, m = 41 \Rightarrow X = 18.5 mm + 41 \times \frac{1}{100} mm = 18.91 mm$$



الشكل (5): آلية قراءة الأبعاد باستخدام الدوارة اللولبية.

3. الأجهزة والأدوات (Apparatus):

1. قدم قنوية (Vernier caliper).
2. دوائر لولبية (Micrometer caliper).
3. أسطوانة خشبية (Wood cylinder).
4. كرة معدنية (Metal ball).

4. تنفيذ التجربة (Carrying out the experiment):

أولاً: استخدام القدم القنوية.

1. تأكد من انطباق صفر التدريج الثابت (المسطرة) على صفر التدريج المتحرك (الفرنیه).
2. ادخل الجسم الأسطواني المدروس بين فكي الفرنیه، ومن ثم ثبت هذا الجسم بواسطة لولب التثبيت، كي لا تتغير القراءة على المسطرة.
3. قم بقياس نصف قطر (r) قاعدة هذه الأسطوانة مرتين، ثم أحسب القيمة المتوسطة (\bar{r}).
4. سجل النتائج في الجدول (1) المرافق.
5. إحسب مساحة قاعدة هذا الجسم الأسطواني ($S = \pi r^2$)، بالاعتماد على القيمة السابقة.
6. قم بقياس ارتفاع هذه الأسطوانة (h).
7. إحسب حجم هذه الأسطوانة من العلاقة الرياضية ($V = S \cdot h$).
8. إحسب، لو غاريتماً، الأخطاء المرتكبة في حساب حجم هذه الأسطوانة.

الجدول (1)

*	r [mm]	\bar{r} [mm]	Δr [mm]	$\overline{\Delta r}$ [mm]	$\frac{\overline{\Delta r}}{\bar{r}}$	$\frac{\overline{\Delta r}}{\bar{r}} \%$
1						
2						

ثانياً: - استخدام الدائرة اللولبية.

1. قم بوضع الكرة المعدنية المدروسة بين طرفي المسند ومحور الدوران وتأكد من تثبيت الكرة بشكل جيد دون عطب الدائرة اللولبية.
2. قم بقياس قطر الكرة المعدنية $(2r)$.
3. إحسب مساحة هذه الكرة بالاعتماد على العلاقة $(S = 4\pi \cdot r^2)$ ، ثم احسب حجم الكرة بالاعتماد على العلاقة $(V = \frac{4}{3}\pi r^3)$.
4. إحسب، لوغاريتمياً، الأخطاء المرتكبة في حساب حجم هذه الكرة.

5. المراجع (References):

1. Leybold, LD Physics Leaflets-P1.1.1.1 (Using a caliper gauge with vernier).
2. Leybold, LD Physics Leaflets-P1.1.1.2 (Using a micrometer screw).



جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY

التجربة الثانية

انكسار الضوء في الزجاج

Refraction of light in Glass

1. أهداف التجربة:

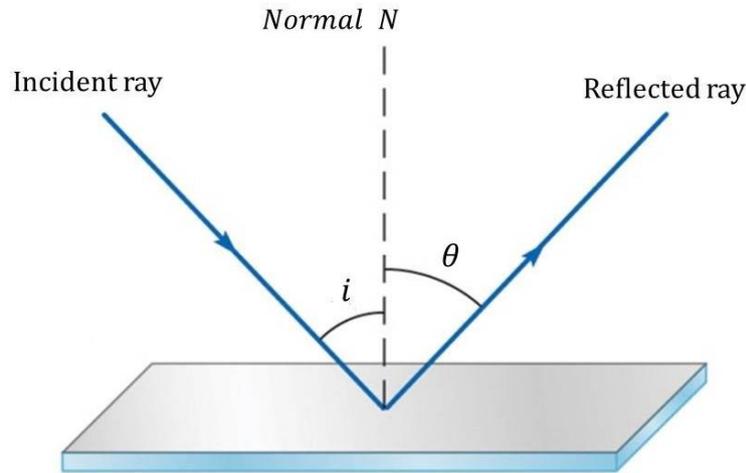
1. التحقق من قانوني انعكاس الضوء على سطح مرآة مستوية ذات سطح أملس شفاف.
2. التحقق من قانوني انكسار الضوء، وقياس قرين انكسار الزجاج.

1. Objects of the experiment:

1. Verifying laws of light reflection on a mirror with a smooth transparent surface.
2. Verifying laws of light refraction, and measuring the refractions index of the glass.

2. مبادئ أساسية:

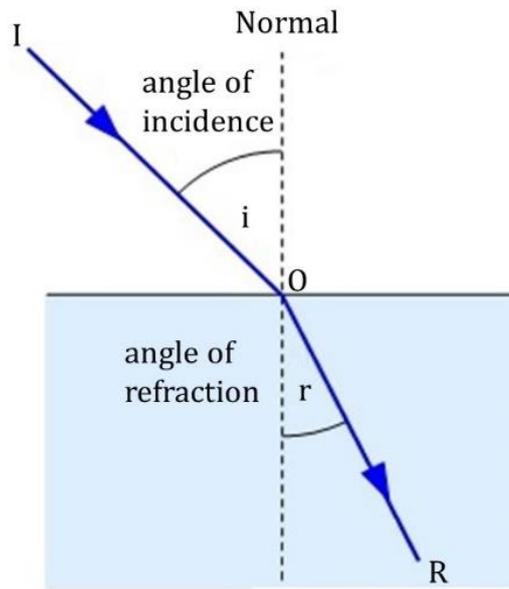
انعكاس الضوء: ينص قانون الانعكاس الأول على أن الشعاع الضوئي الوارد على سطح أملس شفاف، ينعكس بزاوية انعكاس θ مساوية لزاوية الورود i . أي تتحقق العلاقة التالية: $i = \theta$ ، كما في الشكل (1):



الشكل(1): قانوني انعكاس الضوء عن سطح أملس شفاف.

وينص قانون الانعكاس الثاني على أن كلاً من الشعاع الوارد على السطح الأملس والشعاع المنعكس عن هذا السطح يقع في نفس المستوي، بحيث أن الناظم على هذا السطح يفصل بين هذين الشعاعين.

انكسار الضوء: عند وضع مسطرة في وعاء يحوي ماء، تظهر هذه المسطرة وكأنها مكسورة عند النظر إليها عند السطح الفاصل بين الهواء والماء. تعرف هذه الظاهرة الفيزيائية بظاهرة انكسار الضوء من وسط إلى آخر، والسبب في ذلك هو اختلاف سرعة الضوء في الأوساط الشفافة. يوضح الشكل (2) اتجاه الأشعة في الضوء الوحيد اللون الذي يسقط بشكل مائل على سطح فاصل بين وسطين كالهواء والماء مثلاً.



الشكل(2): ظاهرة انكسار الضوء عند عبوره وسطين مختلفين.

تدعى الزاوية i الواقعة بين الشعاع الوارد IO والناظم على سطح الورود N بزاوية الورود، كما تدعى الزاوية r بين الشعاع المنكسر OR والناظم N بزاوية الانكسار. ترتبط الزاويتان السابقتان مع بعضهما البعض بالعلاقة التالية (قانون سنيل-ديكارت):

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\left(\frac{c}{v_2}\right)}{\left(\frac{c}{v_1}\right)} = \frac{v_1}{v_2} = n_{1,2} \quad (1)$$

يدعى الثابت في المعادلة السابقة $n_{1,2}$ بقرينة انكسار الضوء النسبية، وهو عبارة عن نسبة سرعة الضوء في وسط الورود v_1 إلى سرعته في وسط الانكسار v_2 ، حيث يشير الرقمان الملحقان بالرمز n إلى اتجاه الضوء من الوسط الأول إلى الوسط الثاني. أما قرين الانكسار المطلقة لوسط ما فهي نسبة سرعة انتشار الضوء في الخلاء إلى سرعة انتشاره في هذا الوسط، وتعطى بالعلاقة التالية $\left(n = \frac{c}{v}\right)$.

نلاحظ من العلاقة (1) أنه إذا تحقق الشرط $v_2 < v_1 \Leftrightarrow i < r$ ، فهذا يعني أنه عند الانتقال من وسط أقل كثافة إلى وسط أعلى كثافة كما في حالة هواء-زجاج، فإن الشعاع المنكسر يقترب من الناطم، وبالعكس فإنه يبتعد عنه عند الانتقال من وسط عالي الكثافة إلى وسط أقل كثافة كما في حالة زجاج-هواء، أي إذا تحقق الشرط $v_1 < v_2 \Leftrightarrow i > r$. أما الشعاع العمودي على السطح الفاصل فإنه يتابع مسيره على نفس الاستقامة، أي أن $r = i = 0^\circ$. في حالة الانتقال من وسط عالي الكثافة إلى وسط منخفض الكثافة، تدعى زاوية الورود المقابلة لزاوية الانكسار $r = 90^\circ$ بالزاوية الحرجة (θ_c , critical angle) وتعطى بالعلاقة التالية:

$$n \cdot \sin \theta_c = 1 \cdot \sin 90^\circ \Rightarrow \theta_c = \arcsin\left(\frac{1}{n}\right) \quad (2)$$

حيث تشير n إلى قرين انكسار وسط الورود، الماء أو الزجاج (في تجربتنا هنا)، و 1 إلى قرين انكسار وسط الانكسار (الهواء).

نورد في الجدول (1) قيم قرائن الانكسار النسبية لبعض المواد الشائعة الاستعمال، وذلك من أجل ضوء الصوديوم ($\lambda = 3938 \text{ \AA}$).

الجدول (1)

المادة	n
الألماس	2.417
الزجاج	1.517
الماء في الدرجة (20°)	1.333
الهواء	1

تأتي أهمية ظاهرة انكسار الضوء من استخداماتها في مختلف مجالات الحياة، خصوصاً منها العلمية والطبية، كصناعة المجاهر الضوئية والعدسات الطبية والعدسات المستخدمة في المراصد الفلكية.

2. Principles:

Reflection of light: The first law of reflection states that the incident ray of light on a smooth transparent surface is reflected at an angle of reflection θ_i' equal to the angle of the incidence θ_i . So, the following relation is achieved: $\theta_i' = \theta_i$, as it is shown in Fig.1.

Refraction of light When a ruler is placed in a container containing water, it appears to be broken, when we look at it at the surface separating air and water. This physical phenomenon is known as the refraction of light from a media to another one, and it is due to the difference in the speed of light in transparent media.

Figure (1) shows the direction of the rays in a one-color light, which falls obliquely on the separating surface between two medias, such as air and water. The angle i , that is located between the incoming beam **IO** and the regulator **N**, is called the angle of incidence, and the angle r between the refracted beam **OR** and the regulator **N** is called as well the angle of refraction. The two previous angles are connected to each other in the following relationship:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\left(\frac{c}{v_2}\right)}{\left(\frac{c}{v_1}\right)} = \frac{v_1}{v_2} = n_{1,2} \quad (1)$$

The constant $n_{1,2}$ in the previous equation is called the relative light refraction index, which is the ratio of the light velocity in the first media v_1 to its velocity in the second one v_2 , where the numbers attached to the symbol n refer to the direction of light from the first to the second media.

We notice from the relationship (1), that if the condition $v_1 > v_2$ is implemented, this means that the refracted beam is close to the regulator $r > i$, and opposite to that, it moves far away if $v_2 > v_1$. The vertical beam on the dividing surface continues its path on the same straightness $i = r = 0^\circ$. The angle of incidence corresponding to the refracted angle $r = 90^\circ$, as shown in Figure 2, is called the critical angle θ_C . and is given via the following relationship:

$$\sin 90^\circ = n \cdot \sin \theta_C \Rightarrow \theta_C = \text{arc sin} \left(\frac{1}{n} \right) \quad (2)$$

We present in Table (1) the values of this index, measured for some commonly used materials for sodium light ($\lambda = 3938^\circ \text{A}$).

Table (1)

Material	n
Diamond	2.417
Class	1.517
Water at (20°)	1.333
Air	1

The importance of the phenomenon of refraction of light comes from its uses in various fields of life, especially scientific and medical, such as the manufacture of optical microscopes, medical lenses and lenses used in astronomical observatories.

3. الأجهزة والأدوات:

1. قرص ضوئي مع الملحقات.
2. بيت لحماية المصباح مع كبل توصيل.
3. مصباح 6V/30W.
4. محول 6V/12W.
5. مقعد ضوئي صغير.
6. حاجز يحوي خمسة شقوق.
7. عدسة ذات بعد محرق $f = 150mm$.
8. قاعدة تثبيت على شكل حرف V بارتفاع 28cm.
9. ملاقط لايبولد للتثبيت عدد 4.
10. قضيب حامل معدني بطول 25cm.

3. Apparatus:

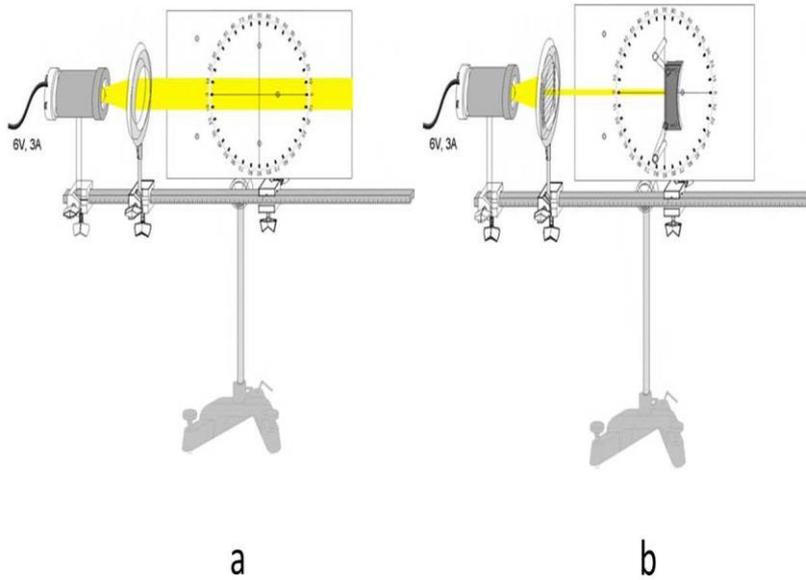
1. Optical disc with accessories.
2. Lamp housing with cable.
3. Incandescent lamp 6V/30 W.
4. Transformer 6V/12V.
5. Small optical bench.
6. Diaphragm with 5 slits.
7. Lens in frame $f = + 150$ mm.
8. Stand base, V-shape, 28 cm.

9. 4 Leybold multiclamps.
10. Stand rod, 25 cm

4. تنفيذ التجربة (Carrying out the experiment):

أولاً: معايرة التجربة Experiment setup

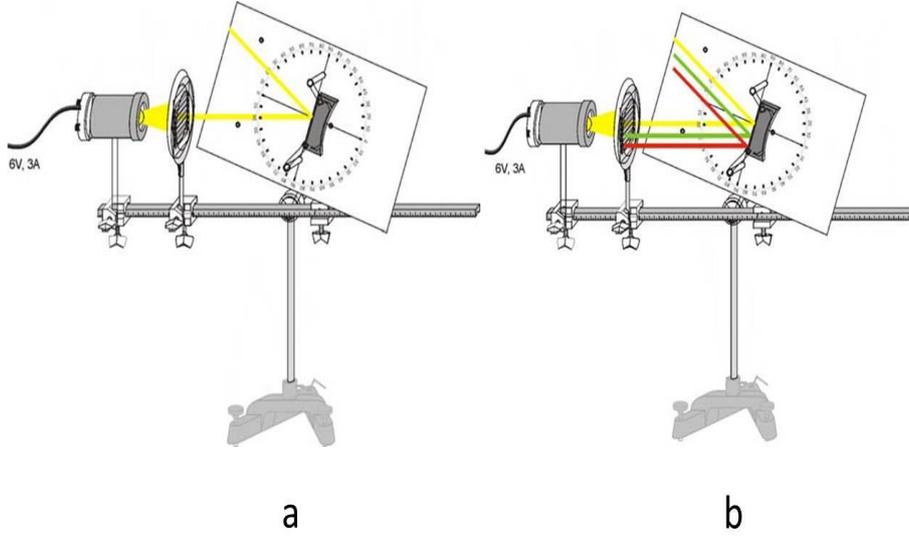
من الممكن دراسة مسار الشعاع الضوئي قبل وبعد الانعكاس باستخدام الضوء المرئي وذلك بالاعتماد على ما يعرف بالقرص الضوئي ذو الخلفية البيضاء، حيث أنه من الممكن تثبيت مختلف أنواع المرايا عليه. يتم إعداد المنبع الضوئي بوجود عدسة مجمعة (بدون استخدام حاجز أو بوجود حاجز يمتلك خمس شقوق) وقرص مركب على قاعدة ضوئية، كما هو موضح في الشكل (3).



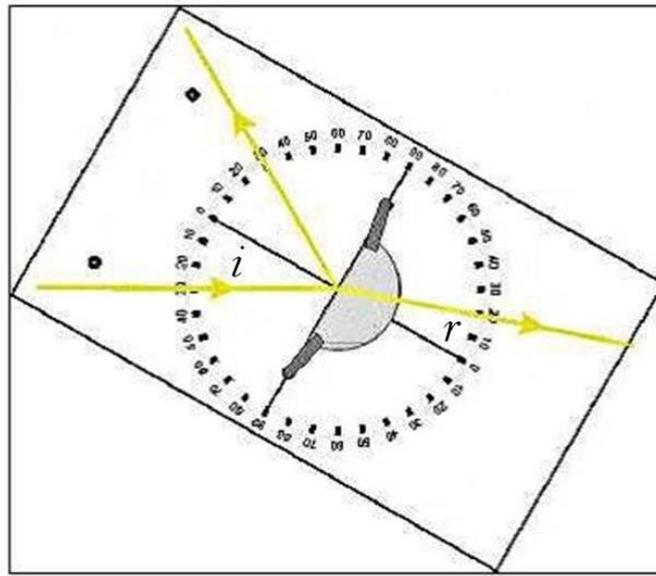
الشكل (3): إعداد التجربة: (a) لضبط مسار الحزمة الضوئية. (b) لدراسة انعكاس الضوء عن مرآة مستوية من أجل الحالة

$$i = \theta = 0$$

تتم معايرة المسافة بين المنبع الضوئي (6V) والعدسة لتصبح الأشعة متوازية على القرص الضوئي، وذلك لاختيار مسافة مناسبة، بين القرص والعدسة، تتيح إمكانية تدوير القرص كما هو مبين بالشكل (4).



الشكل(4): إعداد التجربة لدراسة: (a) انعكاس شعاع ضوئي وحيد عن مرآة مستوية (b) انعكاس أشعة ضوئية مختلفة عن مرآة مستوية.



الشكل(5): انكسار بزواوية (r) لشعاع ضوئي وارد بزواوية ورود (i) على سطح أملس مثبت على قرص ضوئي قابل للتدوير.

ثانياً: انعكاس الضوء عن مرآة مستوية Reflection of light at a plane mirror

1. قم بإيراد شعاع ضوئي من المنبع منطبق تماماً على المحور الضوئي للمرآة ثم لاحظ تحقق العلاقة $i = \theta = 0$ كما هو موضح بالشكل (3).
2. قم بتدوير القرص الضوئي، ثم قم بأخذ خمس قيم لزوايا ورود الضوء على المرآة المستوية، ثم سجل قيم كلاً من زوايا الورد وزوايا الإنعكاس الموافقة لها في الجدول (1) التالي:

الجدول (1)

$i [^\circ]$					
$\theta [^\circ]$					

ثالثاً: انكسار الضوء في الزجاج Refraction of light in the Glass

1. قم باستبدال المرآة المستوية بمكعب زجاجي وقم بتثبيتته بشكل جيد على القرص الضوئي.
2. أورد شعاع ضوئي منطبق تماماً على المحور الضوئي للمكعب الزجاجي، ثم سجل قيم كل من زاوية الورود (i) والانعكاس (θ) والانكسار (r). ماذا تستنتج؟
3. أورد أشعة ضوئية بزوايا ورود مختلفة وذلك بتدوير القرص الضوئي الحامل للمكعب الزجاجي كما هو موضح في الشكل (5)، ثم سجل قيم زوايا الانكسار (r) الموافقة لزوايا الورود (i) المعطاة في الجدول (2).
4. احسب قرين انكسار المكعب الزجاجي المستخدم في هذه التجربة بالاعتماد على العلاقة (1).
5. احسب، بالاعتماد على المتوسط الحسابي، كلاً من الخطأ المطلق والنسبي المرتكبين في حساب قيمة قرين الانكسار n .
6. ارسم على ورقة ميليمترية تغيرات (i) بتابعية (r)، أي $i = f(r)$ ، ثم حدد على هذا الرسم البياني قيمة الزاوية الحرجة (θ_c)، أي زاوية الورود المقابلة لزاوية الانكسار ($i = 90^\circ$).
7. قارن هذه القيمة للزاوية الحرجة بالقيمة التي يمكن أن تحصل عليها من العلاقة (2).
8. ارسم تغيرات $\sin i = f(\sin r)$ واحسب قيمة n بيانياً. قارن هذه القيمة مع القيمة النظرية. ماذا تستنتج؟
9. هل الشعاع المنكسر في هذه التجربة ينكسر مقترباً أم مبتعداً عن الناظم؟ ولماذا؟
10. أين ينعكس وأين ينكسر الضوء في جسم الإنسان؟
11. ما هو نوع عدسة عين الإنسان؟ صف الخيال المتشكل على الشبكية.

الجدول (2)

*	i°	r°	$\sin i$	$\sin r$	$n = \frac{\sin i}{\sin r}$	\bar{n}	Δn	$\overline{\Delta n}$	$\frac{\overline{\Delta n}}{\bar{n}}$	$\frac{\overline{\Delta n}}{\bar{n}} \%$
1	30									
2	40									
3	50									
4	60									
5	70									
$n = \bar{n} \mp \overline{\Delta n}$										

تطبيق:

1. ضع عدسة محدبة الوجهين، ماذا تلاحظ؟
2. ضع عدسة مقعرة الوجهين، ماذا تلاحظ؟

5. المراجع (References):

1. Leybold, LD Physics Leaflets-P5.1.1.1 (Reflection of light at straight and curved mirrors).
2. Leybold, LD Physics Leaflets-P5.1.1.2 (Refraction of light at straight surfaces and investigation of ray paths in prisms and lenses).

التجربة الثالثة

التمدد الحراري الطولي للأجسام الصلبة

Linear thermal expansion of solid bodies

1. أهداف التجربة:

1. قياس التمدد الحراري الطولي لأنبوب من النحاس الأصفر، كتابع لطول هذا الأنبوب.
2. تحديد معامل التمدد الطولي للنحاس.

1. Objects of the experiment:

1. Measuring the linear thermal expansion of brass tube, as a function of the overall length.
2. Determining the linear expansion coefficients of brass.

2. مبادئ أساسية:

يتناسب طول (L) جسم صلب ما طردياً مع درجة حرارته (T)، وذلك وفق العلاقة الرياضية التالية:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \quad (1)$$

L_0 : هي طول الجسم في درجة الحرارة المختبر.

ΔT : هو الفرق ما بين درجة حرارة المختبر T_1 ودرجة حرارة البخار T_2 المار عبر الأنبوب ويقاس بوحدة $^{\circ}C$.

α : هو معامل التمدد الطولي للجسم، ويتعلق بالتركيب الكيميائي لهذا الجسم.

سيتم في هذه التجربة قياس التمدد الطولي لأنبوب رفيع من النحاس، حيث يتم تسخين الماء حتى درجة الغليان تقريباً باستخدام جهاز ترموستات، ومن ثم إرسال بخار الماء عبر أنبوب النحاس كما هو موضح في الشكل (1). يمكن تغيير طول الأنبوب المدروس ليأخذ ثلاثة قيم وهي ($200mm$. $400mm$. $600mm$)، وذلك عبر توصيله بطريقة مناسبة. تقاس التغيرات في طول الأنبوب ($\Delta L = L - L_0$)، باستخدام مقياس للأطوال مدرج بفاصلة تقدر بـ $0.01mm$.

بحل المعادلة (1) نحصل على المعادلة التالية:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot \frac{1}{(T_2 - T_1)} \quad (2)$$

تعطي هذه المعادلة قيمة معامل التمدد الطولي للأنبوب المستخدم في التجربة.

2. Principles:

The length s of a solid body is linearly dependent on its temperature T , according to the following equation:

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \quad (1)$$

L_0 : length at laboratory temperature

ΔT : refers to the given temperature difference between room temperature T_1 and steam temperature T_2 .

α : is the linear expansion coefficient, and is determined by the material of the solid body.

In this experiment, a thermostat is used to heat the water, and then the steam will be sent to flow through a brass tube, as it is represented in Fig.1. The effective length L_0 of each tube can be set as 200, 400 or 600 mm by mounting it in a corresponding manner. A dial gauge with 0.01 mm scale graduations is used to measure the change in length ($\Delta L = L - L_0$).

Solving equation (1) gives the linear expansion coefficients of the used brass tube.

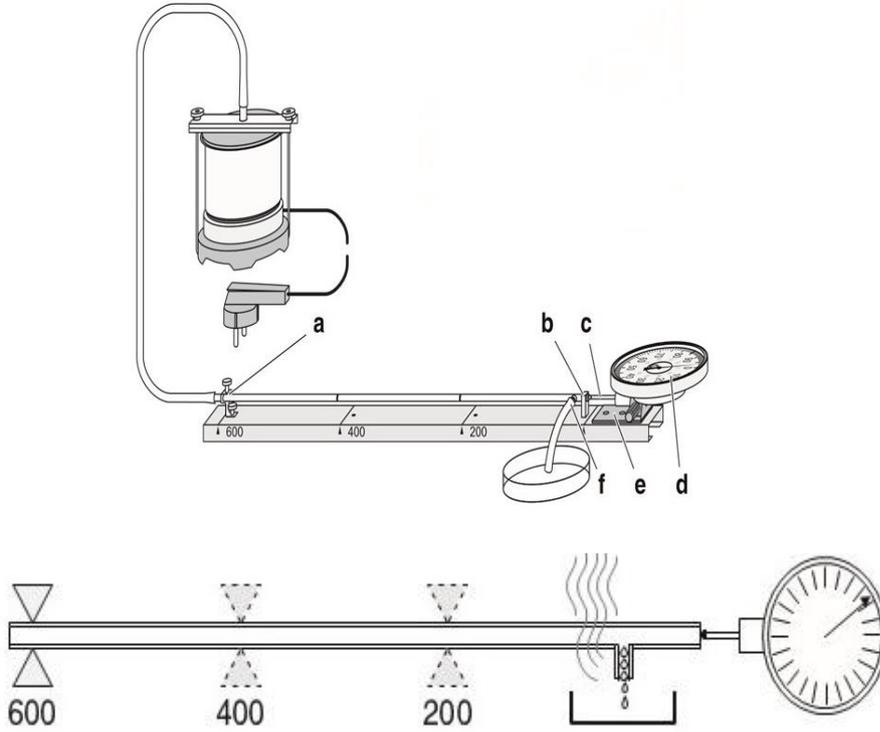
$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot \frac{1}{(T_2 - T_1)} \quad (2)$$

3. الأجهزة والأدوات:

1. أنبوب من النحاس الأصفر.
2. مقياس لتمدد الأطوال.
3. حامل للمقياس.
4. مولد بخار ماء (550W/230V).
5. أنبوب سيليكون (7 × 1.5 mm) وطوله 1m.

6. طبق مخبري (150 × 25 mm).

7. ميزان حرارة (-10 ... +110°C).



الشكل (1): رسم تخطيطي للأدوات المستخدمة في تجربة لقياس التمدد الطولي لأنبوب النحاس، كتابع لطول الأنبوب.

3. Apparatus:

1. Longitudinal expansion apparatus.
2. Dial gauge.
3. Holder for dial gauge.
4. Steam generator (550 W/230 V).
5. Silicone tubing, (dia. 7×1.5 mm), 1 m long.
6. Petri dish, 150 × 25 mm.
7. Thermometer -10 ... +110°C.

4. تنفيذ التجربة (Carrying out the experiment):

1. إضبط مقياس التمدد على الصفر وذلك باستخدام المفتاح المخصص.
2. قم بقياس درجة الحرارة الداخلية T_1 ، أي درجة حرارة المختبر، وسجل هذه القيمة.

3. املاً مولد البخار بكمية كافية من الماء النقي (حتى ارتفاع 2cm)، وتأكد من إغلاقه بأحكام شديد.
4. صل الجهاز بالتيار الكهربائي وانتظر حتى يبدأ الماء بالغليان.
5. عند بدء غليان الماء راقب انحراف مؤشر مقياس التمدد وسجل القيمة العظمى L التي يصل إليها المقياس، ثم أحسب القيمة $\Delta L = (L - L_0)$ وسجلها في الجدول المرفق.
6. إفصل الجهاز عن التيار الكهربائي ثم أنتظر قليلاً حتى تنخفض درجة حرارة أنبوب النحاس إلى القيمة الابتدائية (درجة حرارة المختبر).

ينبغي التأكد دوماً وفي كل مرحلة من مراحل التجربة من أن انابيب السيليكون الموصولة إلى النقطتين (a) و (b) في الشكل (1) مثبتة بشكل جيد، وذلك لتفادي أية مخاطر ناتجة عن تسرب الماء أو البخار الساخنين.

7. إحسب قيمة عامل التمدد α بالاعتماد على العلاقة (2).
8. إحسب، بالطريقة اللوغاريتمية، كلاً من الخطأ المطلق والنسبي المرتكبين في عملية القياس.
9. بالاعتماد على العلاقة (1)، هل هناك طريقة أخرى لحساب معامل التمدد الطولي للأنبوب المستخدم؟ اشرح ذلك.
10. أعط مثال من الطبيعة على تمدد الأجسام الصلبة بفعل ارتفاع درجة الحرارة.

5. المراجع (References):

1. Leybold, LD Physics Leaflets-P2.1.1.2 (Thermal expansion of solid bodies).
2. Leybold, LD Physics Leaflets- P2.1.1.3 (Measuring the linear expansion of solids as a function of temperature).

التجربة الرابعة

الرطوبة النسبية

Relative humidity

1. أهداف التجربة:

حساب الرطوبة النسبية في المختبر.

1. Object of the experiment:

Determining the relative humidity in the laboratory.

2. مبادئ أساسية:

يرتبط مصطلح الرطوبة بشكل عام ببخار الماء الناتج عن تبخر المياه من على سطح الأرض، وتجتمع هذه الأبخرة في طبقات الجو القريبة من الأرض وبالتالي تشكل ما يعرف بالرطوبة الجوية. تزداد نسبة الرطوبة بازداد كمية التبخر ولذلك تكون الرطوبة عالية (خصوصاً في فصل الصيف) في المناطق الساحلية، مثل مدينة اللاذقية، مقارنةً بالمدن الداخلية أو الجبلية.

هناك نوعان للرطوبة وهما الرطوبة المطلقة والرطوبة النسبية.

أما الرطوبة المطلقة فتعريف على أنها كمية بخار الماء الموجود في حجم معين من الهواء، ويرمز لها بالرمز f وتقاس بوحدة $(kg \cdot m^3)$ ، تدعى هذه الرطوبة أيضاً بالضغط الجزئي لبخار الماء في الهواء عند درجة حرارة معينة، حيث يرمز لها بالرمز P وتقاس بالوحدة $(mm \cdot Hg)$.

أما الرطوبة العظمى فهي كمية بخار الماء في المتر المكعب من الهواء المشبع ببخار الماء في درجة حرارة معينة، ويرمز لها بالرمز f_m وتقاس أيضاً بوحدة $(kg \cdot m^3)$ ، تدعى هذه الرطوبة أيضاً بالضغط الجزئي لبخار الماء المشبع في الهواء عند درجة حرارة معينة، ويرمز لها بالرمز P_m وتقاس بالوحدة $(mm \cdot Hg)$.

بالتالي فإنه يمكن تعريف الرطوبة النسبية e على أنها نسبة الرطوبة المطلقة f إلى الرطوبة العظمى f_m ، أي أن:

$$e = \frac{f}{f_m} = \frac{P}{P_m} \quad (1)$$

تمتلك الرطوبة الجوية تأثير كبير على حياتنا اليومية (خصوصاً في فصل الصيف)، فعلى سبيل المثال ترتبط ظاهرة التعرق الجسدي بمقدار الرطوبة النسبية في الهواء. أضف إلى ذلك فإن كمية

بخار الماء اللازمة لإشباع الهواء في رئتي الإنسان تتعلق بالرطوبة النسبية لهواء الشهيق، حيث بينت الدراسات الطبية بأن الحد الطبيعي للرطوبة النسبية للإنسان يتراوح ما بين 40% – 60%.

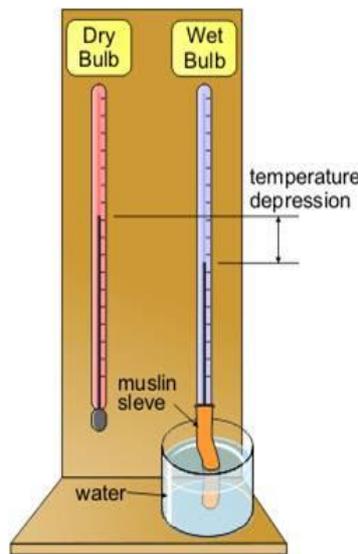
يرتبط حساب الرطوبة النسبية بما يعرف بنقطة الندى أو درجة التكثف، وهي درجة حرارة يبدأ عندها بخار الماء بالتكاثف والتحول إلى ماء (ندى)، وبالتالي تتساوى كل من الرطوبة المطلقة والرطوبة العظمى. وعليه فإن الضغط الجزئي لبخار الماء في درجة حرارة المختبر مساوٍ للضغط الجزئي لبخار الماء المشبع عند نقطة الندى، وبالتالي يمكن كتابة علاقة الرطوبة النسبية بالشكل التالي:

$$(2) \quad \frac{\text{الضغط الجزئي لبخار الماء المشبع عند نقطة الندى}}{\text{الضغط الجزئي لبخار الماء المشبع عند درجة حرارة المختبر}} = \text{الرطوبة النسبية}$$

أي أن:

$$e = \frac{P}{P_m}$$

هناك طرق عديدة لقياس الرطوبة النسبية في الهواء، من أشهر هذه الأجهزة جهاز مكون من ميزاني حرارة متطابقين، كما هو موضح بالشكل (1).



الشكل(1): الأجهزة والأدوات اللازمة لقياس الرطوبة النسبية.

يحاط مستودع الميزان الأول بمادة ماصة للماء (قطن مثلاً)، في حين يبقى مستودع الميزان الثاني كما هو عليه. يتم لاحقاً غمر مستوعب الميزان الأول بالماء، مما يؤدي إلى انخفاض سوية الزئبق فيه مقارنةً بالميزان الثاني، وهو ما يعزى في الحالة العامة إلى الرطوبة النسبية في الهواء المحيط بالميزان. بالمقارنة ما بين قراءة ميزاني الحرارة وبالاعتماد على جداول خاصة، يمكن تحديد الرطوبة النسبية في المختبر بصورة تقريبية.

2. Principles:

The expression "humidity" is generally associated with water vapor resulting from the evaporation of water from the surface of the earth. These vapors are collected in the near-Earth atmosphere and thus form what is known as atmospheric humidity. The humidity is increased by increasing the amount of evaporation, and therefore humidity is high (especially in summer) in coastal areas, such as Lattakia, compared to inland or mountainous cities.

There are two kinds of humidity, namely absolute and relative humidity. Absolute humidity is defined as the amount of water vapor available in a certain volume of air, denoted by the symbol f and measured by the unit ($kg \cdot m^3$). This humidity is also called partial pressure of water vapor in the air at a certain temperature, where it is denoted by the symbol P and measured by the unite ($mm \cdot Hg$). The maximum humidity is the amount of water vapor per cubic meter of air saturated with water vapor at a certain temperature, symbolized by the symbol f_m and also measured by the unite ($kg \cdot m^3$). This humidity is also called partial pressure of saturated water vapor in the air at a certain temperature, denoted by the symbol P_m and measured by ($mm \cdot Hg$). Thus, relative humidity e can be defined as the ratio of the absolute humidity f to the maximum humidity f_m , as the following equation:

$$e = \frac{f}{f_m} = \frac{P}{P_m} \quad (1)$$

Air humidity has a significant impact on our daily lives. For example, physical sweating is associated with relative humidity in the air. In addition, the amount of water vapor needed to saturate the air in the human lungs is related to the relative humidity of the air of inhalation, where medical studies have shown that the normal limit of human relative humidity ranges between 40% – 60%.

The calculation of the relative humidity is associated with the dew point or the degree of condensation, which is a temperature at which the water vapor begins to condense and turn into water (dew). Thus, absolute humidity and extreme humidity are equal. Thus, the partial pressure of the water vapor at laboratory temperature is equal to the partial pressure of the saturated water vapor at the dew point. The relative humidity relationship can thus be written as follows:

$$e = \frac{\text{Partial pressure of the saturated water vapor at the dew point}}{\text{Partial pressure of the saturated water vapor at laboratory temperature}} \quad (2)$$

There are many ways to measure the relative humidity in the air. One of the most popular of these devices is a device of two identical temperature balances, as shown in Figure (1). The bottom of the first balance is surrounded by a water absorbent material (cotton, for example), while the second balance remains as it is. The first balance is then flooded with water, resulting a decrease of the mercury level compared to the second balance, which is generally due to relative humidity in the surrounding air. In comparison to reading the heat budget and relying on special tables, the relative humidity in the laboratory can be estimated roughly.

3. الأجهزة والأدوات:

1. ميزاني حرارة متماثلين.
2. حامل لتثبيت الميزانين.
3. قطن أبيض.
4. وعاء من الزجاج.
5. ماء مقطر أو ماء صافي.

3. Apparatus:

1. Identical temperature balances.
2. Holder for the balances.
3. White Cotton.
4. Glass tub.
5. Distilled or pure water.

4. تنفيذ التجربة (Carrying out the experiment):

1. قم بقياس درجة حرارة المختبر T_1 باستخدام ميزان الحرارة الجاف، متجنباً قدر الإمكان التيارات الهوائية (القادمة عبر الشباك أو مكيف أو ...).
2. سجل القيمة في الجدول المرافق.
3. قم بقياس درجة حرارة الماء باستخدام نفس الميزان، وتأكد من أنها مساوية لـ T_1 .
4. قم بتثبيت كمية كافية من القطن الأبيض حول مستودع الميزان الرطب.
5. املئ الإناء الزجاجي بالماء وضعه أسفل الميزان الرطب.
6. إغمر الميزان الرطب في الماء وانتظر فترة زمنية حتى يتبلل القطن بالكامل ثم ارفع الميزان خارج الماء.
7. انتظر عدة دقائق، ثم قس درجة حرارة الميزان الرطب T_2 .
8. سجل درجة الحرارة هذه في الجدول المرافق.
9. احسب الأن الفرق بين درجتي حرارة الميزان الجاف والميزان الرطب $(T_1 - T_2)$.
10. سجل القيمة في الجدول المرفق.
11. استخدم الجدول (P_1) من أجل حساب P_m من أجل درجة حرارة المختبر T_1 .
12. استخدم الجدول (P_2) من أجل حساب P من أجل نقطة الندى.
13. احسب الرطوبة النسبية e بالاعتماد على العلاقة (2).
14. سجل هذه القيم في الجدول المرافق.

T_1 [°C]	T_2 [°C]	$(T_1 - T_2)$ [°C]	P_m [mm · Hg]	P [mm · Hg]	e	\bar{e}	Δe	$\overline{\Delta e}$	$\frac{\overline{\Delta e}}{\bar{e}}$	$\frac{\overline{\Delta e}}{\bar{e}}$ %
$e = \bar{e} \pm \overline{\Delta e}$										

15. أعد التجربة مرتين ثم احسب القيمة المتوسطة \bar{e} .
16. احسب كلاً من الخطأ المطلق والنسبي المرتكبين في القياس.
17. احسب لوغاريتماً، الخطأ المرتكب في القياس.
18. قارن بين القيمتين السابقتين للخطأ، المحسوب بالطريقة المتوسطة واللوغاريتمية.
19. عرف كلاً من الرطوبة المطلقة والرطوبة النسبية موضحاً الفرق بينهما.
20. عرف نقطة الندى.

21. هل يشكل ارتفاع نسبة الرطوبة في الجو خطورة على صحة الإنسان؟ ولماذا؟

الجدول(1): ضغط البخار المشبع للماء في درجات حرارة مختلفة.

درجة الحرارة □	ضغط البخار المشبع mm. Hg	درجة الحرارة □	ضغط البخار المشبع mm. Hg	درجة الحرارة □	ضغط البخار المشبع mm. Hg
28	28.25	14	11.98	0	4.60
29	29.94	15	12.78	1	4.92
30	31.73	16	13.62	2	5.29
31	33.57	17	14.51	3	5.68
32	35.33	18	15.46	4	6.10
33	37.59	19	16.46	5	6.54
34	39.75	20	17.51	6	7.01
35	42.02	21	18.62	7	7.51
36	44.40	22	19.79	8	8.04
37	46.90	23	21.20	9	8.60
38	49.51	24	22.32	10	9.20
39	52.26	25	23.69	11	9.84
40	55.13	26	25.13	12	10.51
-	-	27	26.65	13	11.23

الجدول(2): الفرق بين قراءة الترمومترين الجاف والرطب.

الفرق بين قراءة الترمومترين														قراءة الترمومتر الجاف
13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
-	-	-	-	-	1.3	2.2	3.1	4	5	6	7	8.1	9.2	10
-	-	-	-	-	1.7	2.6	3.5	4.5	5.5	6.5	7.6	8.1	9.8	11
-	-	-	-	-	2.1	3	4	5	6	7.1	8.7	9.2	10.5	12
-	-	-	-	-	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.6	8.9	10	11.2	13
-	-	-	-	-	3	4	5	6.1	7.1	8.2	9.4	10.7	11.9	14
-	-	-	-	-	3.5	4.5	5.5	6.6	7.8	9	9.1	11.4	12.7	15
-	-	-	-	-	4	5.1	6.2	7.2	8.5	9.7	10.1	12	13.5	16
-	-	-	-	-	4.6	5.6	6.8	8	9.2	10.4	11.7	13	14.4	17
-	-	-	-	-	5.2	6.3	7.4	8.6	9.9	12.2	12.5	13.9	15.4	18
-	-	-	-	-	5.9	7	8.1	9.4	10.7	11	13.4	14.9	16.4	19
-	-	-	-	-	6.6	7.7	8.8	10.2	11.5	12.9	14.3	15.9	17.4	20
-	-	-	-	-	7.3	8.4	9.6	12.4	12.4	13.8	15.3	16.9	18.5	21
-	-	-	-	-	8	9.1	10.5	11.9	13.3	14.8	16.4	18	19.7	22
-	-	-	-	-	8.8	10	11.4	12.8	14.3	15.9	17.5	19.2	20.9	23
-	-	-	-	-	9.6	10.9	12.3	13.8	15.3	17	18.7	20.4	22.2	24
-	-	-	-	-	10.5	11.8	13.3	14.8	16.4	18.1	19.9	21.7	23.5	25
5	-	7.6	8.9	10.2	11.5	12.8	14.1	15.4	16.7	18	19.3	23.1	25	26
6.6	-	9	10.2	11.4	12.6	13.8	15	16.2	17.4	18.6	19.8	24.3	26.5	27
8.2	-	10.4	11.5	12.6	13.7	14.8	15.9	17	18.1	19.2	20.3	-	-	28
9.8	-	11.8	12.8	13.8	14.8	15.8	16.8	17.8	18.8	19.8	20.8	-	-	29
11.4	-	13.2	14.1	15	15.9	16.8	17.7	18.6	19.5	20.4	21.3	-	-	30
13	-	14.6	15.4	16.2	17	17.8	18.6	19.4	20.8	21	21.8	-	-	31
14.6	-	16	16.7	17.4	18.1	18.8	19.5	20.2	20.9	21.6	22.3	-	-	32
16.2	-	19.4	18	18.6	19.2	19.8	20.4	21	21.6	22.2	22.8	-	-	33
17.8	-	18.8	19.3	19.8	20.3	20.8	21.3	21.8	22.3	22.8	23.3	-	-	34
19.8	-	20.2	20.6	21	21.4	21.8	22.2	22.6	23	23.4	23.8	-	-	35
21	-	21.6	21.9	22.2	22.5	22.8	23.1	23.4	23.7	24	24.3	-	-	36

التجربة الخامسة

قياس التوتر السطحي باستخدام طريقة الفصل

Measuring the surface tension using the break-away method

1. أهداف التجربة:

1. تشكيل طبقة سائلة ما بين طرف قرص معدني و سطح سائل.
2. قياس شدة قوة الشد المؤثرة على القرص المعدني، تماماً قبل انفصال الطبقة السائلة المتشكلة عن الحلقة.
3. حساب قيمة التوتر السطحي للماء النقي بالاعتماد على قوة الشد المقاسة.
4. حساب قيمة التوتر السطحي للكحول الإيثيلي بالاعتماد على قوة الشد المقاسة.

1. Objects of the experiment:

1. Creating a liquid layer between the edge of a metal ring and the surface of the liquid.
2. Measuring the tensile force acting on the metal ring just before the liquid layer breaks away.
3. Determining the surface tension for pure water from the measured tensile force.
4. Determining the surface tension for Ethanol from the measured tensile force.

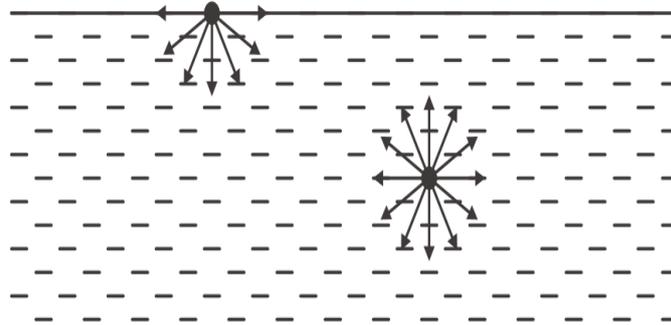
2. مبادئ أساسية:

تعود ظاهرة التوتر السطحي إلى حقيقة أن الجزيء الواقع على سطح سائل ما يخضع إلى جذب من جزيئات السائل المجاورة، بحيث تكون هذه القوى المؤثرة باتجاه واحد فقط كما هو موضح في الشكل (1). بالتالي فإن محصلة هذه القوى المؤثرة على هذا الجزيء هي باتجاه داخل السائل وعمودية على السطح.

بغية توسيع السطح، أي لأخذ عدد أكبر من جزيئات السائل السطحية، ينبغي إضافة طاقة بفعل قوى فاندرفالس ما بين الجزيئات. تدعى نسبة الطاقة المضافة ΔE إلى جزيئات السائل في درجة

حرارة ثابتة إلى تغير سطح هذا السائل ΔA ، بالطاقة السطحية أو ما يعرف بالتوتر السطحي للسائل:

$$\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta A} \quad (1)$$



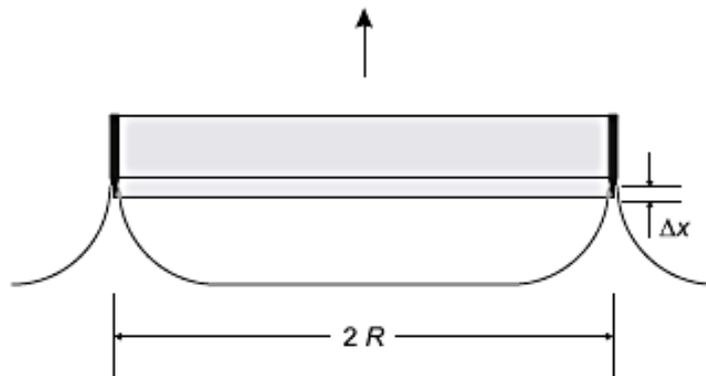
الشكل(1): القوى المؤثرة على جزئي سطحي وآخر في منتصف السائل، بفعل الجزيئات المجاورة لكلا الجزئين.

يمكن قياس التوتر السطحي، بطرق عديدة. فعلى سبيل المثال يمكن ذلك باستخدام حلقة معدنية ذات حواف حادة، حيث يتم في البدء غمرها بشكل تام في سائل بحيث تصبح رطبة ومبللة بالكامل. عند سحب هذه الحلقة ببطء من السائل تتشكل طبقة رقيقة من السائل وترتفع مع الحلقة كما هو موضح في الشكل (2). تتغير مساحة السطح الداخلي والخارجي لهذه الطبقة السطحية من السائل وفق العلاقة التالية:

$$\Delta A = 4\pi \cdot R \cdot \Delta X \quad (2)$$

حيث أن R هو نصف قطر الحلقة المعدنية المستخدمة، و ΔX هو مقدار ارتفاع هذه الحلقة عن سطح السائل. يتطلب سحب الحلقة باتجاه الأعلى (خارج السائل) مسافة ΔX تطبيق قوة تعطى بالعلاقة التالية:

$$F = \frac{\Delta E}{\Delta X} \quad (3)$$



الشكل(2): آلية قياس التوتر السطحي.

ما إن تتجاوز هذه القوة الحد المسموح به تنفصل الطبقة السطحية المتشكلة عن الحلقة المعدنية. استناداً إلى العلاقات السابقة يعطى التوتر السطحي بالعلاقة التالية:

$$\sigma = \frac{F}{4\pi \cdot R} \quad (4)$$

2. Principles:

The surface tension is due to the fact that a molecule on the surface of a liquid is acted upon by attractive forces from adjacent molecules towards one side only (see Fig. 1). The resultant force acting on the molecule points into the liquid and is perpendicular to the surface.

In order to enlarge the surface, i.e. to take more molecules to the surface, energy has to be supplied. The ratio of the energy ΔE supplied at a constant temperature and the change of the surface ΔA is called surface energy or surface tension of the liquid:

$$\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta A} \quad (1)$$

The surface tension can be measured, e.g., by means of a metal ring with a sharp edge which at first is immersed in the liquid so that it is completely wetted. If the ring is slowly taken out of the liquid, a thin liquid layer is pulled up (see Fig. 2). The outside and inside surface of the liquid layer changes by:

$$\Delta A = 4\pi \cdot R \cdot \Delta X \quad (2)$$

where R is radius of the metal ring, when the metal ring is lifted by ΔX . Pulling up the ring requires the force to be applied.

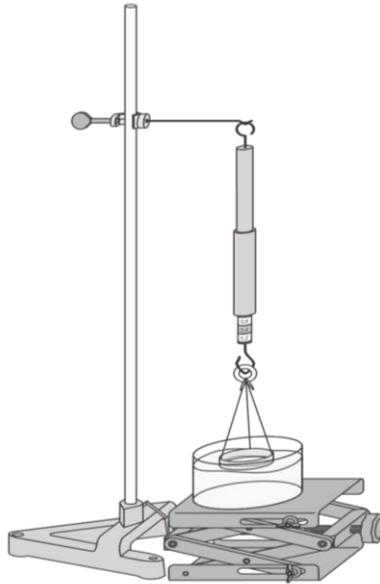
$$F = \frac{\Delta E}{\Delta X} \quad (3)$$

If this force is exceeded, the liquid layer breaks away. Because of the last equations, the surface tension is calculated due to this relation:

$$\sigma = \frac{F}{4\pi \cdot R} \quad (4)$$

3. الأجهزة والأدوات:

1. مقياس للتوتر السطحي.
2. دينامومتر لقياس القوة (0.1N).
3. قدم قنوية.
4. وعاء من الكريستال، قطره 95mm وارتفاعه 55mm.
5. قاعدة مخبرية يوضع عليها الوعاء المملوء بسائل التجربة.
6. قاعدة على شكل حرف V، بقياس 20cm، لتثبيت القضيب المعدني.
7. قضيب معدني بطول 75cm.
8. مشبك مع خطاف في نهايته.
9. سائلين (ماء مقطر وكحول إيثيلي) لتنفيذ التجربة.



الشكل(3): إعداد التجربة المستخدمة لقياس التوتر السطحي بطريقة الفصل.

3. Apparatus:

1. Apparatus for measuring surface tension.
2. Precision dynamometer (0.1 N).
3. Vernier calipers.
4. Crystallization dish, 95 mm dia., 55 mm high.
5. Laboratory stand.
6. Stand base, V-shape, 20 cm.
7. Sand rod, 75 cm.
8. Clamp with hook.
9. Distilled water, Ethanol.

4. تنفيذ التجربة (Carrying out the experiment):

1. قم بقياس القطر الخارجي للحلقة المعدنية المستخدمة في التجربة، وذلك باستخدام القدم القنوية.
2. قم وبحذر بتنظيف وعاء الكريستال.
3. قم بتعليق الحلقة المعدنية بالخطاف الموجود في نهاية الدينامومتر، ثم علق الاثنتين بالقضيب المعدني بحيث تصبح الحلقة معلقة فوق الوعاء تماماً، كما في الشكل (3).
4. إرفع القاعدة المخبرية مسافة 10cm.
5. اضبط مقياس القوة (الدينامومتر) على قيمة الصفر، وذلك باستخدام الأنبوب المتحرك.
6. إملأ الوعاء بالماء المقطر.
7. قم بتخفيض المشبك والخطاف الحامل للحلقة المعدنية حتى يغمر الماء المقطر كامل الحلقة.
8. قم الآن وبهدوء وحذر شديدين بتخفيض القاعدة المخبرية، مع مراقبة قيمة قوة الشد على الدينامومتر. حالما يخرج طرف الحلقة المعدنية من السائل، تبدأ طبقة السائل بالتشكل، عند استقرار قوة الشد على قيمة محددة بالرغم من الاستمرار بتخفيض القاعدة المخبرية، فإن طبقة السائل سوف تنفصل في أي لحظة.
9. قم بسرعة بتسجيل قيمة قوة الشد هذه، ثم سجلها في الجدول المرافق.
10. أعد القياس ثلاثة مرات وسجل قيمة القوة الناتجة في كل مرحلة في الجدول (1).
11. احسب المتوسط الحسابي لهذه القيم ثم أحسب قيمة التوتر السطحي للماء المقطر باستخدام العلاقة (4).
12. قارن هذه القيمة مع قيمة التوتر السطحي للماء $\sigma = 72 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$ المقاسة في درجة حرارة 25°C .
13. احسب كلاً من الخطأ المطلق والنسبي في القياس، وسجل القيم في الجدول (1).
14. احسب بالطريقة اللوغاريتمية الخطأ المرتكب في القياس.
15. قم بإفراغ الماء المقطر من الوعاء. جفف كلاً من الوعاء والحلقة المعدنية جيداً.
16. إملئ الوعاء بالكحول الإيثيلي بدلاً من الماء المقطر، ثم كرر القياسات السابقة.
17. قارن هذه القيمة مع قيمة التوتر السطحي للكحول الإيثيلي $\sigma = 22 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$ الموجودة في المراجع.
18. احسب كلاً من الخطأ المطلق والنسبي في القياس.

19. احسب بالطريقة اللوغاريتمية قيمة الخطأ المرتكب.
 20. ماذا تستنتج من قيم التوتر السطحي للسائلين المختلفين؟
 21. ما هو تأثير التوتر السطحي على الأطفال الخدج؟

جدول (1)

F [mN]	σ [mN · m ⁻¹]	$\bar{\sigma}$ [mN · m ⁻¹]	$\Delta\sigma$ [mN · m ⁻¹]	$\overline{\Delta\sigma}$ [mN · m ⁻¹]	$\frac{\overline{\Delta\sigma}}{\bar{\sigma}}$	$\frac{\overline{\Delta\sigma}}{\bar{\sigma}} \%$
$\sigma = \bar{\sigma} \pm \overline{\Delta\sigma}$						

5. المراجع (References):

1. Leybold, LD Physics Leaflets-P2.8.4.1 (Measuring the surface tension using the "break-away" method).

التجربة السادسة

حساب معامل لزوجة سائل لزج باستخدام مقياس يعتمد على مبدأ الكرة الساقطة

Determining the viscosity's Coefficient of a viscous fluid using a falling-ball viscosimeter

1. أهداف التجربة:

تطبيق طريقة الكرة الساقطة لحساب معامل لزوجة سائل الغليسيرين.

1. Objects of the experiment:

Assembling the falling-ball method to determine the viscosity coefficient for the Glycerin fluid.

2. مبادئ أساسية:

عندما يتحرك جسم ما في سائل لزج، فإن هذا الجسم يخضع لقوة احتكاك معاكسة لاتجاه حركته وبالتالي تخفض من سرعة حركته ضمن هذا السائل، تتعلق شدة هذه القوة بعدة عوامل من أهمها سرعة الجسم المتحرك وشكله الهندسي بالإضافة إلى الاحتكاك الداخلي للسائل اللزج، حيث أن قياس الاحتكاك الداخلي للسائل يعني ضمناً قياس اللزوجة الديناميكية، أو ما يعرف بمعامل اللزوجة η لهذا السائل.

تعطى قوة الاحتكاك المعاكسة لحركة كرة كروية الشكل بنصف قطر r والمتحركة بسرعة v في سائل لزج عامل لزوجته η ، نسبةً إلى قانون ستوكس بالعلاقة التالية:

$$F_1 = 6\pi \cdot \eta \cdot v \cdot r \quad (1)$$

عند سقوط الكرة بصورة عمودية في السائل، فإنها ستتحرك بعد فترة من الزمن بسرعة ثابتة v ، وسيكون هناك حالة توازن ما بين كل القوى المؤثرة على هذه الكرة.

هناك ثلاثة قوى رئيسية تؤثر على حركة وسرعة هذه الكرة ضمن السائل اللزج، وهي قوة الاحتكاك F_1 ، وتكون باتجاه الأعلى كما هو موضح في الشكل (1)، وقوة الطفو الناتجة عن دافعة أرخميدس وهي أيضاً باتجاه الأعلى وتعطى بالعلاقة التالية:

$$F_2 = \frac{4\pi}{3} \cdot r^3 \cdot \rho_L \cdot g \quad (2)$$

أما القوة الثالثة المؤثرة فهي قوة الجاذبية المتجهة نحو داخل الجسم، وتعطى بالعلاقة التالية:

$$F_3 = \frac{4\pi}{3} \cdot r^3 \cdot \rho_S \cdot g \quad (3)$$

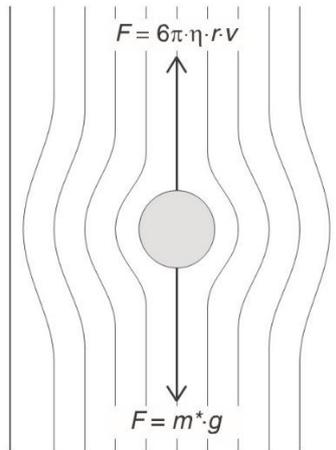
ρ_L : كثافة السائل اللزج (Liquid, L).

ρ_S : كثافة الكرة الساقطة في السائل اللزج (Sphere, S).

g : تسارع الكرة الساقطة في السائل اللزج.

تصل الكرة الساقطة إلى سرعتها الحدية عندما تحقق القوى الثلاث السابقة العلاقة التالية:

$$F_1 + F_2 = F_3 \quad (4)$$



الشكل(1): القوى المؤثرة على كرة تتحرك ضمن سائل لزج.

$$6\pi \cdot \eta \cdot v \cdot r + \frac{4\pi}{3} \cdot r^3 \cdot \rho_L \cdot g = \frac{4\pi}{3} \cdot r^3 \cdot \rho_S \cdot g \quad (5)$$

بحل هذه المعادلة نحصل على العلاقة الرياضية التي تتيح لنا إمكانية قياس معامل اللزوجة:

$$\eta = \frac{2}{9} \cdot r^2 \cdot \frac{(\rho_S - \rho_L) \cdot g}{v} \quad (6)$$

حيث يتم حساب السرعة (v) عن طريق قياس المسافة (L) والزمن (t) اللذين تقطعهما الكرة ضمن السائل، وبالتالي تصبح العلاقة السابقة بالشكل التالي:

$$\boxed{\eta = \frac{2}{9} \cdot r^2 \cdot \frac{(\rho_S - \rho_L) \cdot g \cdot t}{L}} \quad (7)$$

2. Principles:

A body moving in a fluid is acted on by a frictional force in the opposite direction of its velocity. The magnitude of this force depends on the geometry of the body, its velocity, and the internal friction of the fluid. A measure for the internal friction is given by the dynamic viscosity (η). For a sphere of radius (r) moving at velocity (v) in an infinitely extended fluid of dynamic viscosity (η), *G. G. Stokes* derived the frictional force:

$$F_1 = 6\pi \cdot \eta \cdot v \cdot r \quad (1)$$

If the sphere falls down vertically in the fluid, it will move at a constant velocity (v) after a certain time, and there will be an equilibrium between all forces acting on the sphere: the frictional force (F_1), which acts upward, the buoyancy force:

$$F_2 = \frac{4\pi}{3} \cdot r^3 \cdot \rho_L \cdot g \quad (2)$$

which acts upward too, and the downward acting gravitational force:

$$F_3 = \frac{4\pi}{3} \cdot r^3 \cdot \rho_S \cdot g \quad (3)$$

ρ_L : density of the Liquid.

ρ_S : density of the falling sphere in the fluid.

g : acceleration of free fall in the fluid.

These forces fulfil the relation:

$$F_1 + F_2 = F_3 \quad (4)$$

$$6\pi \cdot \eta \cdot v \cdot r + \frac{4\pi}{3} \cdot r^3 \cdot \rho_L \cdot g = \frac{4\pi}{3} \cdot r^3 \cdot \rho_S \cdot g \quad (5)$$

The viscosity can, therefore, be determined by measuring the rate of fall (v).

$$\eta = \frac{2}{9} \cdot r^2 \cdot \frac{(\rho_S - \rho_L) \cdot g}{v} \quad (6)$$

where (v) is to be determined from the distance (L) and the time (t) of fall. The viscosity then is:

$$\eta = \frac{2}{9} \cdot r^2 \cdot \frac{(\rho_S - \rho_L) \cdot g \cdot t}{L} \quad (7)$$

3. الأجهزة والأدوات:

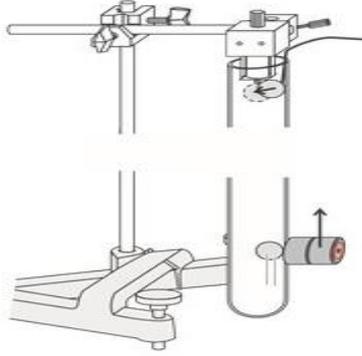
1. مجموعة كرات من الفولاذ، أنصاف أقطارها (0.2 – 0.3 mm).
2. 250 ml من سائل غليسيرين نسبة نقاوته 99%.
3. ميقاتييه لحساب زمن سقوط الكرة في السائل.
4. قاعدة معدنية على شكل حرف V.
5. حامل معدني بطول 100 cm.
6. حامل معدني بطول 25 cm.
7. قاعدة معدنية على شكل حرف V.
8. أنبوب زجاجي يوضع السائل اللزج بداخله.
9. ملقط يثبت على الحامل المعدني ومزود بملقط على شكل فك لتثبيت الأنبوب الزجاجي.
10. زوج من المغناطيس أسطوانية الشكل لسحب المغناطيس من السائل كما هو موضح في الشكل (2).
11. أسلاك توصيل.

3. Apparatus:

1. Steel balls, (0.2 – 0.3 mm) dia.
2. Glycerin, 99 %, 250 ml.
3. Counter.
4. Holding magnet with clamp to fix the ball.
5. Stand base, V-shape.
6. Sand rod, 100 cm.
7. Stand rod, 25 cm.
8. Glass tube for the fluid.
9. Clamp with jaw clamp.
10. Pair of magnets, cylindrical as shown in Figure (2).
11. Connection leads.

4. تنفيذ التجربة (Carrying out the experiment):

1. احسب باستخدام الدوارة اللولبية نصف قطر الكرة المعدنية المستخدمة في هذه التجربة.
2. احسب أيضاً كتلة هذه الكرة المعدنية باستخدام ميزان إلكتروني خاص، ومن ثم احسب كثافة هذه الكرة ρ_S .
3. احسب كتلة الغليسرين وذلك بوضع الأنبوب الزجاجي على الميزان الإلكتروني ومن ثم املاه بـ 100 ml من الغليسرين، ومن ثم احسب كثافة هذا السائل ρ_L .
4. أملئ الأنبوب الزجاجي بسائل الغليسرين ببطء مع مراعاة عدم تشكل فقاعات في السائل، كونها تؤثر على لزوجة السائل وسرعة الكرة المعدنية. في حال تشكل هذه الفقاعات، أنتظر فترة من الزمن حتى تختفي هذه الفقاعات من السائل وتابع التجربة.
5. اضبط الميقاتية على الصفر.
6. قم بإفلات الكرة المعدنية بالقرب من سطح السائل.
7. قم بتشغيل الميقاتية حالما تصل الكرة المعدنية إلى النقطة الأولى (تدرجه محددة على الأنبوب)، لأنها تكون بذلك قد بلغت سرعتها الحدية.
8. عندما تصل الكرة إلى النقطة الأخيرة (تدرجه محددة على الأنبوب) قم بإيقاف الميقاتية.
9. اقرأ الزمن (t) الذي احتاجته الكرة لتقطع المسافة (S) ما بين النقطتين (التدرجتين) السابقتين وسجله في الجدول (1).
10. أعد الكرة المعدنية إلى نقطة التعليق وذلك باستخدام المغناطيس الأسطواني، كما هو مبين بالشكل التالي:



الشكل(2): إعادة الكرة المعدنية بواسطة المغناطيس إلى الموضع الابتدائي للتجربة.

11. أعد ضبط الميقاتية على الصفر مرةً أخرى.
12. أعد قياس الزمن (t)، كما في المرحلة السابقة، ثلاثة مرات.
13. سجل نتائج القياس ومن ثم أحسب القيمة المتوسطة للزمن (\bar{t}).
14. احسب السرعة الحدية V لسقوط الكرة، ثم أحسب \bar{V} .
15. احسب عامل لزوجة سائل الغليسرين المستخدم في التجربة، وذلك باستخدام العلاقة (7).
16. قارن القيمة التي حصلت عليها بالقيمة المرجعية ($\eta = 1.480 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)، المقاسة في متوسط درجة حرارة يقدر بحوالي $T = 20^\circ \text{C}$. ماذا تستنتج؟
17. احسب الخطأ المطلق والنسبي المرتكب في حساب قيمة عامل اللزوجة η .
18. احسب وبالطريقة اللوغاريتمية، الخطأ المرتكب في الحساب.
19. عند زيادة درجة حرارة سائل الغليسرين، هل تنخفض أم تزداد اللزوجة؟ ولماذا؟
20. علل وفاة الإنسان عند انخفاض درجة الحرارة بشكل كبير جداً، ما هو المقصود بالموت بفعل التجمد؟

L	t	V	η	$\bar{\eta}$	$\Delta\eta$	$\frac{\Delta\eta}{\bar{\eta}}$	$\frac{\Delta\eta}{\bar{\eta}}$	$\frac{\Delta\eta}{\bar{\eta}}\%$
[cm]	[ms]	[cm · sec ⁻¹]	[Pa · s]	[Pa · s]	[Pa · s]	[Pa · s]		
50								

5. المراجع (References):

1. Leybold, LD Physics Leaflets-P1.8.3.1 (Assembling a falling-ball viscosimeter to determine the viscosity of viscous fluids).

التجربة السابعة

الكثافة النسبية للسوائل

Relative density of liquids

1. أهداف التجربة (Objects of the experiment):

قياس الكثافة النسبية لسائل.

1. Objects of the experiment:

Measuring the absolute density (volumetric mass) for a solid body, and measuring the relative density of a fluid.

2. مبادئ أساسية:

تعرف الكثافة المطلقة، أو ما يعرف بالكتلة الحجمية، بأنها كتلة واحدة الحجم من هذا الجسم الصلب مقيسه في درجة حرارة T . يرمز لها بالرمز ρ وتقدر بالجملة الدولية بالواحدة kg/m^3 ، وتعطى بالعلاقة الرياضية التالية:

$$\rho_T = \frac{M}{V} \quad (1)$$

حيث أن ρ_T هي الكتلة الحجمية للجسم في درجة الحرارة T ، و M هي كتلة هذا الجسم و V هي حجمه.

من أجل قياس الكثافة المطلقة لجسم ما تأخذ كتلة حجم من الماء مساوٍ لحجم هذا الجسم في نفس درجة الحرارة T ، فتكون الكثافة المطلقة للماء المقطر في الدرجة T هي:

$$\rho'_T = \frac{M'}{V} \quad (2)$$

حيث أن M' هي كتلة حجم من الماء مساوٍ لحجم الجسم المدروس.

بتقسيم العلاقة (1) على العلاقة (2) نحصل على العلاقة التالية:

$$\frac{\rho_T}{\rho_T} = \frac{M}{M} \Rightarrow \boxed{\rho_T = \frac{M}{M} \cdot \rho_T} \quad (3)$$

إذاً لتعيين الكتلة الحجمية لجسم ما في درجة حرارة معينة T، يجب تعيين نسبة كتلة هذا الجسم إلى كتلة مثل حجمه من الماء المقطر، مأخوذة في نفس درجة الحرارة T، ثم نضرب هذه النسبة بالكتلة الحجمية للماء المقطر، مأخوذة في نفس درجة الحرارة T أيضاً.

- أما بالنسبة للكثافة النسبية لجسم ما، فتعرف بأنها حاصل قسمة كتلة حجم معين من هذا الجسم في درجة الحرارة T على كتلة حجم مساوٍ له من الماء المقطر مأخوذاً في درجة الحرارة $T = +4^\circ$ وتعطى بالعلاقة التالية:

$$\boxed{d_T = \frac{M}{M}} \quad (4)$$

بتطبيق هذا التعريف على الماء في درجة الحرارة T، نحصل على العلاقة التالية:

$$d_t = \frac{M}{M_{+4}} \Rightarrow M_{+4} = \frac{M}{d_t} \quad (5)$$

حيث تشير d_t إلى الكثافة النسبية للماء في درجة الحرارة T، و M إلى كتلته في نفس درجة الحرارة.

2. Principles:

The absolute density, known as volumetric mass, is defined as the mass of the volume unit of a solid body measured at a temperature T. It is Symbolized by the symbol ρ and measured with the international unit kg/m^3 , it is given via the following relationship:

$$\rho_T = \frac{M}{V} \quad (1)$$

Whereas ρ_T refers to the volumetric mass of this solid body at the temperature T, M is its mass and V is its volume.

In order to determine the absolute density of a body, we consider a mass of volume of pure water, which is equals to the volume of this body taken at the same temperature T. Then the absolute density can be written in the following form:

$$\rho_T = \frac{M}{V} \quad (2)$$

Whereas ρ_T refers to the mass of a volume of water, equals to the volume of the studied body.

Bei dividing equation (1) on equation (2), we get the following equation:

$$\frac{\rho_T}{\rho_T} = \frac{M}{M} \Rightarrow \boxed{\rho_T = \frac{M}{M} \cdot \rho_T} \quad (3)$$

So, in order to determine the volumetric mass of a solid body at a temperature T, we must calculate the ratio of the mass of this body to the mass of an equal amount of water, taken at the same temperature T, then multiply this ratio with the volumetric mass of the pure water, taken at the same temperature.

The relative density of a body, is defined to be the ratio of the mass of a certain volume of this body at a certain temperature T, to the mass of an equal volume of pure water at the temperature $T = +4^\circ$, and it is given via the equation:

$$d_T = \frac{M}{M} \quad (4)$$

Bei applying this definition to the water at a temperature T, we get the equation:

$$d_t = \frac{M}{M_{+4}} \Rightarrow M_{+4} = \frac{M}{d_t} \quad (5)$$

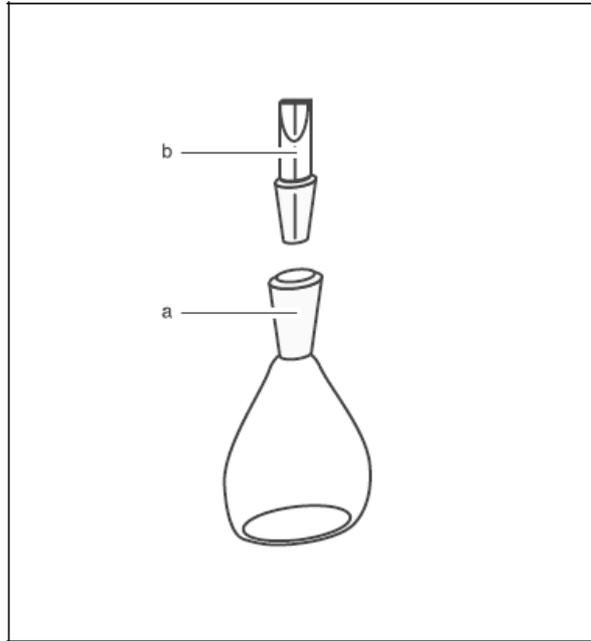
Whereas d_t refers to the relative density of the water at a temperature T and M is its mass at the same temperature.

3. الأجهزة والأدوات:

1. ميزان حساس.
2. حوض زجاجي.
3. ماء مقطر.
4. ماء مالح أو ماء حلو.
5. ورق كثافة.

3. Apparatus:

1. Sensitive balance.
2. Different weights.
3. Glass tub.
4. Distilled water.
5. Density flask, which is a small flask of glass with a wide nozzle, so that small balls of the studied hard body can be inserted inside it.



الشكل(1): الدورق الزجاجي (a) مع السدادة (b).

4. تنفيذ التجربة (Carrying out the experiment):

- تعيين الكثافة النسبية لسائل.

1. قم بقياس كتلة الدورق مع السدادة الخاصة به (الشكل (1)) مع مراعاة كونه فارغ ونظيف. ولتكن كتلته في هذه الحالة هي M_1 .
2. املئ هذا الدورق بالماء المقطر حتى نهايته ثم أغلقه باستخدام السدادة الخاصة به مع مراعاة مسك الدورق من عنقه بأصابع اليد وليس بالكف بالإضافة إلى تجنب تشكل فقاعات هوائية في الماء. في حال تشكل هذه الفقاعات قم باستخدام السلك المعدني للتخلص منها.
3. قم بقياس كتلة هذا الدورق المملوء بالماء، ولتكن M_2 .

4. احسب كتلة الماء المقطر من العلاقة التالية: $(M = M_2 - M_1)$.
5. ارفع الدورق من على الميزان، قم بنزع السدادة وإفراغه من الماء بشكل كامل مع الحرص على تجفيفه جيداً.
6. أملئ الدورق بشكل كامل بالسائل المطلوب حساب كثافته مع مراعاة عدم تشكل فقاعات الهواء، تماماً كما في حالة الماء المقطر، ثم أحسب بنفس الطريقة السابقة كتلة هذا الدورق ولتكن M_3 .
7. احسب كتلة السائل من العلاقة التالية: $(M = M_3 - M_1)$.
8. احسب الكثافة النسبية للسائل المدروس باستخدام العلاقة (4).
9. كرر التجربة ثلاثة مرات من أجل نفس السائل وسائل ملحي، ورتب النتائج في الجدول (1).
10. احسب كلاً من الخطأ المطلق والنسبي المرتكبين في حساب قيمة d_T .
11. قارن ما بين قيمة الكثافة النسبية للسائل الملحي والكثافة النسبية للكحول الإيثيلي، ماذا تستنتج؟
12. ما هي السوائل ضمن جسم الإنسان الممكن قياس كثافتها النسبية؟

الجدول (1)

*	$\frac{M_1}{[g]}$	$\frac{M_2}{[g]}$	$\frac{M = M_2 - M_1}{[g]}$	$\frac{M_3}{[g]}$	$\frac{M = M_3 - M_1}{[g]}$	$d_T = \frac{M}{M}$
1						
2						
3						

5. المراجع (References):

1. Leybold, LD Physics Leaflets-P1.1.2.3 (Determining the density of liquids using the pycnometer in accordance with Gay-Lussac).

التجربة الثامنة

حساب البعد المحرقي لعدسات مقربة باستخدام طريقة بيسل

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

1. أهداف التجربة:

تحديد البعد المحرقي لعدسات مقربة باستخدام طريقة بيسل.

1. Objects of the experiment:

Determination of the focal length of collecting lenses by the Bessel's method.

2. مبادئ أساسية:

تدعى نقطة تجمع الأشعة الضوئية المنكسرة عبر عدسة بالمحرق، أما بعد المحرق عن ذروة العدسة يدعى بالبعد المحرقي f أو البؤري لهذه العدسة.

هناك طرق عديدة لحساب البعد المحرقي للعدسات، حيث أن الأساس في هذه الطرق المختلفة هو قوانين تشكل الصور (الخيال).

سيتم في هذه التجربة استخدام طريقة بيسل في تحديد البعد المحرقي لعدة عدسات. يتم تثبيت المنبع الضوئي والشاشة على سكة مدرجة، بحيث تبقى المسافة بينها ثابتة طوال مراحل التجربة. يتم تثبيت العدسة المدروسة بين هذين الجسمين في موضعين مختلفين x_1 و x_2 ، بحيث أن:

الموضع x_1 يكافئ شكل صورة (خيال) مكبرة للمنبع الضوئي على الشاشة (لوح شفاف) وتكون العدسة أقرب ما يمكن إلى الجسم المضيء.

في حين أن الموضع x_2 يكافئ تشكل صورة مصغرة للمنبع الضوئي على لوح المراقبة وتكون العدسة أبعد ما يمكن عن الجسم المضيء.

بالاعتماد على قوانين العدسات فإنه يمكن الحصول على العلاقة التالية لتحديد البعد المحرقي:

$$f = \frac{1}{4} \cdot \left(s - \frac{(x_1 - x_2)^2}{s} \right) = \frac{1}{4} \cdot \left(s - \frac{\Delta^2}{s} \right) \quad (1)$$

حيث أن S هو البعد ما بين المصباح واللوح.

ملاحظة: الشرط الأساسي لتشكل خيال للجسم المضيء على اللوح الشفاف هو تحقق العلاقة التالية:

$$S \geq 4f$$



الشكل(1): الأجهزة المستخدمة في تجربة تحديد البعد المحرقي لعدسة مقربة باستخدام طريقة بيسل.

2. Principles:

The point of gathering light rays, refracted through a lens, is called the focal length of this lens.

The focal length of lenses can be determined by a variety of means. The basis for the different procedures are the laws of imaging.

In this experiment, the method of Bessel is used to determine the focal length of lenses. In this method, the light source and the observation screen are set up at a fixed overall distance S apart. Between these points there are two lens positions x_1 , x_2 . At x_1 a sharply focused image of the object is produced on the observation screen, whereas at x_2 the largest possible image of the object is produced on the observation screen.

From the lens laws, we can derive the following relationship for the focal length:

$$f = \frac{1}{4} \cdot \left(s - \frac{(x_1 - x_2)^2}{s} \right) = \frac{1}{4} \cdot \left(s - \frac{\Delta^2}{s} \right) \quad (1)$$

Where S refers to the distance between screen and lamp.

3. الأجهزة والأدوات:

1. منبع ضوئي (لمبة) (6 V/30 W).
2. غطاء واقي لللمبة.
3. عدسة مقربة ($f = +50 \text{ mm}$).
4. عدسة مقربة ($f = +100 \text{ mm}$).
5. محول.
6. شاشة (لوح شفاف).
7. قاعدة تثبيت على شكل حرف V، بارتفاع 20 cm.
8. ثلاثة ملاقط متعددة الاستخدامات.
9. سكة معدنية مدرجة بطول 2 m.

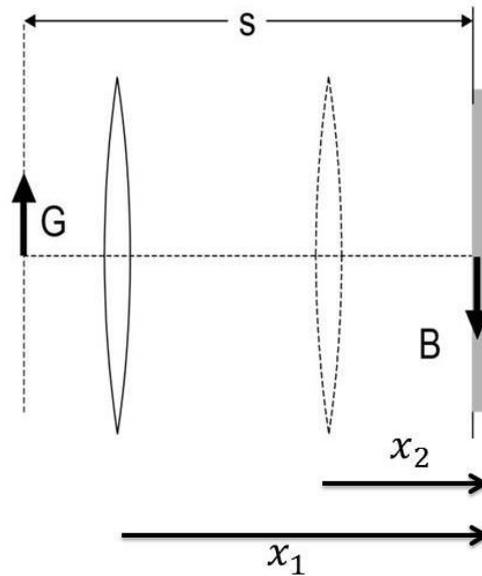
3. Apparatus:

1. A light source (lamp) (6 V/30 W).
2. Lamp housing.
3. Lens ($f = +50 \text{ mm}$).
4. Lens ($f = +100 \text{ mm}$).

5. Transformer.
6. Translucent screen.
7. Stand base, V-shape, 20 cm high.
8. Three leynbold multiclamp.
9. Steel tape measure, 2 m length.

4. تنفيذ التجربة (Carrying out the experiment):

1. ضع اللوح الشفاف على مسافة S من المنبع الضوئي.
2. ضع العدسة الأولى ($f_1 = +50 \text{ mm}$) في المنتصف ما بين حامل المنبع الضوئي واللوح الشفاف.
3. قم الآن بتحريك الملقط الحامل للعدسة باتجاه الجسم المضيء (المنبع الضوئي) إلى أن تشاهد على اللوح الشفاف صورة شديدة التركيز وأكبر ما يمكن.
4. قم بقياس البعد (x_1) ما بين العدسة واللوح الشفاف، كما هو موضح في الشكل (2).
5. سجل القيمة في الجدول (1).



الشكل (2): القياسات المطلوبة لحساب البعد المحرفي لعدسة مقربة باستخدام طريقة بيسل، حيث يشير G إلى حجم الجسم المضيء و B إلى حجم الخيال المتشكل.

6. قم الآن بتحريك الملقط الحامل للعدسة باتجاه اللوح الشفاف، إلى أن تشاهد على هذا اللوح الشفاف صورة شديدة التركيز أيضاً ولكن أصغر ما يمكن. قد يكون من الضروري ضبط المنبع الضوئي لمشاهدة الصورة المطلوبة.
7. قم بقياس البعد (x_2) ما بين العدسة واللوح الشفاف، كما هو موضح في الشكل (2).
8. سجل القيمة في الجدول (1).

9. قم بحساب الفرق ما بين البعدين السابقين: $\Delta = (x_1 - x_2)$.
10. قم بقياس البعد S ما بين المنبع الضوئي واللوح الشفاف، وسجل النتيجة في الجدول (1).
11. احسب أن البعد المحرقي للعدسة المستخدمة، باستخدام العلاقة (1)، وسجل النتيجة في الجدول (1).
12. أعد عملية القياس هذه مرتين، ثم أحسب المتوسط الحسابي \bar{f} .
13. استبدل العدسة السابقة بالعدسة المقربة الأخرى ($f_2 = +100 \text{ mm}$).
14. كرر الخطوات السابقة من أجل هذه العدسة، وسجل نتائج القياس في الجدول (1).
15. احسب كلاً من الخطأ المطلق والنسبي المرتكبين في حساب البعد المحرقي.
16. سجل النتائج في الجدول (1).
17. اشرح آلية تشكل الصورة على شبكية عين الإنسان؟

الجدول (1)

lens	$\frac{x_1}{[cm]}$	$\frac{x_2}{[cm]}$	$\frac{\Delta}{[cm]}$	$\frac{S}{[cm]}$	$\frac{f}{[mm]}$	$\frac{\bar{f}}{[mm]}$	$\frac{\Delta f}{[mm]}$	$\frac{\overline{\Delta f}}{[mm]}$	$\frac{\overline{\Delta f}}{\bar{f}}$	$\frac{\overline{\Delta f}}{\bar{f}} \%$
$f_1 = +50mm$										
$f_1 = +50 \text{ mm}$										
$f_2 = +100mm$										
$f_2 = +100mm$										
$f = \bar{f} \pm \overline{\Delta f}$										

5. المراجع (References):

1. Leybold, LD Physics Leaflets-P5.1.2.3 (Determining the focal lengths at collecting lenses using Bessel's method).



جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY

التجربة التاسعة

التحقق من صحة قانون أوم في الكهرباء

Verifying Ohm's law in electricity

1. أهداف التجربة:

1. قياس كلاً من الجهد وشدة التيار في أربعة أسلاك، مختلفة سطح المقطع، من معدن الكونستانتن.
2. قياس كلاً من الجهد وشدة التيار في سلكتين، مختلفي الطول، من معدن الكونستانتن.
3. قياس كلاً من الجهد وشدة التيار في سلك من الكونستانتن وسلك آخر من النحاس.
4. التحقق من صحة قانون أوم وتحديد المقاومات.

1. Objects of the experiment:

1. Measuring the voltage and the current on four constantan wires with different cross-sectional areas.
2. Measuring the voltage and the current on two constantan wires with different lengths.
3. Measuring the voltage and the current on a constantan wire and on a brass wire.
4. Verifying Ohm's law and determining the resistances.

2. مبادئ أساسية:

إذا كان لدينا دائرة كهربائية مصنوعة من أسلاك معدنية ناقلة للتيار الكهربائي، فإن الجهد U ، المطبق ما بين طرفي ناقل ضمن هذه الدارة، يتناسب طردياً مع شدة التيار الكهربائي / المار ما بين طرفي هذا الناقل، وهو ما يعرف بقانون أوم الأول في الكهرباء، ويعطى بالعلاقة الرياضية التالية:

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

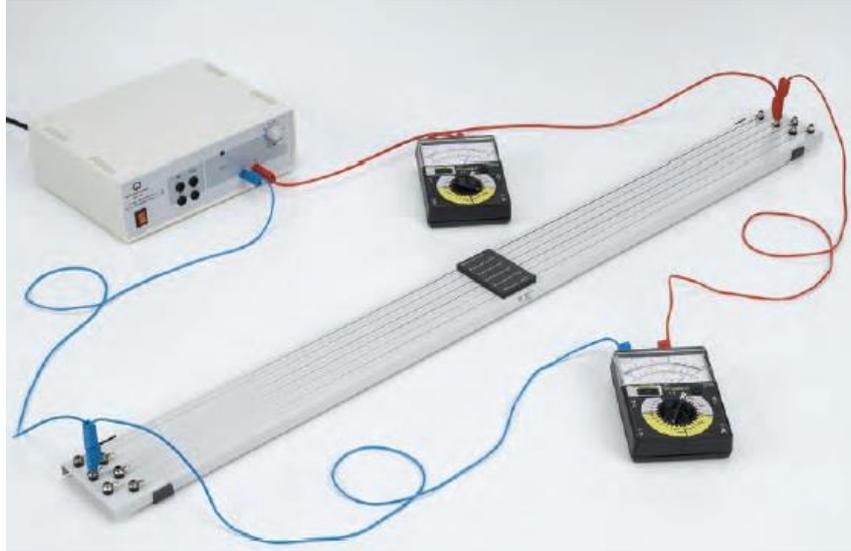
يدعى ثابت التناسب، ما بين الجهد وشدة التيار، بالمقاومة ويرمز له بـ R .

تعطى مقاومة سلك معدني ناقل طوله l ومساحة سطح مقطعه A بالعلاقة التالية:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad (2)$$

حيث تشير ρ إلى المقاومة النوعية للناقل المعدني المستخدم وتقاس بوحدة $(\Omega \cdot m)$.

سيتم في هذه التجربة التحقق من التناسب ما بين الجهد وشدة التيار لأسلاك معدنية ناقلة، مختلفة سطح المقطع ومختلفة الأطوال ومصنوعة من معادن مختلفة (مختلفة المقاومة النوعية). في كل حالة من هذه الحالات سيتم حساب المقاومة في هذه الأسلاك كثابت التناسب. بالإضافة إلى ذلك سيتم التحقق من علاقة ثابت التناسب بطول الناقل ومساحة سطح مقطعه، أما بالنسبة للمقاومة النوعية للناقل المستخدم في التجربة فسيتم حسابه بالاعتماد على العلاقة (2).



الشكل(1): مكونات الدارة المستخدمة للتحقق من صحة قانون أوم.

2. Principles:

In circuits made up of metallic conductors, the voltage U at a conductor is, to a good approximation, proportional to the current I flowing through the conductor, i.e. Ohm's first law in electricity:

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

The proportionality constant R is called the resistance of the conductor.

The resistance R of a wire with the length l and the cross-sectional area A is given by the following equation:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad (2)$$

Where ρ refers to the specific resistance of the wire material.

In the experiment, the proportionality between the current and the voltage is confirmed for metal wires with various thicknesses and lengths and for wires made of different materials. In each case, the resistance is determined as the proportionality constant. The dependence of the proportionality constant on the length and on the cross-sectional area is examined and the specific resistance of the material used is determined according to Equation (2).

3. الأجهزة والأدوات:

1. جهاز على شكل جسر مثبت عليه مجموعة من الأسلاك المختلفة لقياس مقاومتها.
2. منبع للتيار الكهربائي المستمر والمتناوب (0 – 12 V).
3. زوج كابلات بطول 100 cm ، أحمر/أزرق.
4. مجموعة أسلاك توصيل سوداء بطول 100 cm.
5. مجموعة أسلاك توصيل سوداء بطول 25 cm.
6. مقياس تيار مستمر ($I \leq 3A$).
7. مقياس جهد مستمر ($U \leq 15 V$).

3. Apparatus:

1. Apparatus (like a bridge with different wires on it) for resistance measurement.
2. AC/DC Power supply (0 – 12 V).
3. Pair cables 100 cm long, red/blue.
4. Connecting lead 100 cm black.
5. Connecting lead 100 cm black.
6. Ammeter, DC, ($I \leq 3A$).
7. Voltmeter, DC, ($U \leq 15 V$).

4. تنفيذ التجربة (Carrying out the experiment):

1. صل مقياس الجهد إلى سلك الكونستانتن ذو القطر $d = 1mm$ ، ثم صل منبع الجهد ومقياس الأمبير على التسلسل مع السلك المستخدم، كما هو موضح في الشكل (1). أضبط مجالات قياس الأجهزة على (3V DC & 3A DC).
2. قم الآن بتطبيق فرق جهد ما بين طرفي السلك المستخدم ابتداءً من القيمة $U = 0.1 V$ صعوداً حتى القيمة $U = 1 V$ بمعدل زيادة قدرها $U = 0.1 V$ في كل خطوة، كما هو مبين في الجدول (1).
3. راقب مقياس الأمبير وسجل شدة التيار، المار بين طرفي السلك المدروس، من أجل كل قيمة من قيم الجهد المطبق.
4. ضع النتائج في الجدول (1).
5. استبدل السلك السابق بسلك آخر من الكونستانتن ذو قطر أصغر $d = 0.7 mm$ ، مع المحافظة على ترتيب توصيل الأجهزة ومجالات قياس الأجهزة، تماماً كما في المرحلة السابقة.
6. طبق فرق في الجهد ما بين طرفي هذا السلك ابتداءً من القيمة $U = 0.2 V$ حتى القيمة $U = 2 V$ بمعدل زيادة في الجهد قدرها $U = 0.2 V$ في كل خطوة، كما هو مبين في الجدول (1).
7. سجل شدة التيار المار بين طرفي هذا السلك، من أجل كل قيمة من قيم الجهد المطبق.
8. ضع النتائج في الجدول (1).
9. ماذا تستنتج من قيم \bar{R} في الجدول (1).
10. إرسم على ورقة ميليمترية تغيرات الجهد المطبق بتابعية شدة التيار $U = f(I)$ لأحد السلكين فقط، وذلك بالاعتماد على القيم في الجدول (1). ماذا يمثل ميل المستقيم المرسوم؟

الجدول (1)

$d = 1mm, l = 1m$ $A = 0.8 mm^2$							$d = 0.7mm, l = 1m$ $A = 0.4 mm^2$						
$\frac{U}{[V]}$	$\frac{I}{[A]}$	$\frac{R}{[\Omega]}$	$\frac{\bar{R}}{[\Omega]}$	$\frac{\Delta R}{[\Omega]}$	$\frac{\overline{\Delta R}}{[\Omega]}$	$\frac{\overline{\Delta R}}{\bar{R}}$	$\frac{U}{[V]}$	$\frac{I}{[A]}$	$\frac{R}{[\Omega]}$	$\frac{\bar{R}}{[\Omega]}$	$\frac{\Delta R}{[\Omega]}$	$\frac{\overline{\Delta R}}{[\Omega]}$	$\frac{\overline{\Delta R}}{\bar{R}}$
0.1							0.2						
0.2							0.4						
0.3							0.6						
0.4							0.8						
0.5							1.0						

11. قم بوصل سلكي كونستانتن متطابقين ($d = 0.7 \text{ mm}$ & $A = 0.4 \text{ mm}^2$)، للحصول على سلك جديد

$$l = 2m$$

12. طبق فرق في الجهد ما بين طرفي هذا السلك، حسب القيم الموجودة في الجدول (2).

13. سجل قيم شدة التيار المار بين طرفي هذا السلك في الجدول (2).

الجدول (2)

$\frac{U}{[V]}$	$\frac{I}{[A]}$	$\frac{R}{[\Omega]}$	\bar{R} [Ω]
0.4			
0.8			
1.2			
1.6			
2.0			

14. سجل قيم \bar{R} في الجدول (3).

15. ماذا تستنتج؟

الجدول (3)

$\frac{l}{[m]}$	\bar{R} [Ω]
1	...
2	...

16. طبق فرق في الجهد بين طرفي سلكين من النحاس (Brass) والكونستانتن (Constantan) متساويي الطول

$l = 1 \text{ m}$ والقطر $d = 0.5 \text{ mm}$ ، وذلك حسب القيم المعطاة في الجدول (4)، أضبط مجالات قياس الأجهزة

على (1V DC & 3A DC).

17. قس شدة التيار المار بين طرفي كل من السلكين السابقين، وسجل القيم في الجدول (4).

الجدول (4)

$\frac{U}{[V]}$ (Brass)	$\frac{I}{[A]}$	$\frac{R}{[\Omega]}$	\bar{R} [Ω]	$\frac{U}{[V]}$ (Constantan)	$\frac{I}{[A]}$	$\frac{R}{[\Omega]}$	\bar{R} [Ω]
0.1				0.4			
0.2				0.8			
0.3				1.2			
0.4				1.6			
0.5				2.0			

18. سجل قيم \bar{R} في الجدول (5).

19. ما هو القانون الذي يمكن استنتاجه من الجداول (1) و (2) و (4)؟

20. ما هو القانون الذي يمكن استنتاجه من الجداول (1) و (3) و (5)؟

21. احسب ρ لأسلاك النحاس والكونستانتن المستخدمة بالاعتماد على العلاقة (2).

الجدول (5)

Material	\bar{R} [Ω]
Brass	...
Constantan	...

5. المراجع (References):

1. Leybold, LD Physics Leaflets-P3.2.2.1 (Verifying Ohm's law and measuring specific resistances).

التجربة العاشرة

حساب المقاومات الكهربائية باستخدام جسر واطسطون

Determining resistances using a Wheatstone bridge

1. أهداف التجربة:

1. حساب قيمة مقاومة مجهولة باستخدام جسر واطسطون.
2. التحقق من قانون وصل المقاومات على التسلسل وعلى التفرع.

1. Objects of the experiment:

1. Exact determination of unknown resistances using a Wheatstone bridge.
2. Verifying of the law of resistors in series and in parallel.

2. مبادئ أساسية:

تقدم دائرة الجسر المقدمة عام 1843 من قبل الفيزيائي الإنكليزي تشارلز واطسطون، إمكانية قياس مقاومة مجهولة القيمة باستخدام مقاومة معلومة القيمة في نفس الدارة الكهربائية. يتم في هذه التجربة تطبيق فرق ثابت في الجهد ما بين طرفي سلك ناقل للتيار الكهربائي بطول متر واحد. توصل إحدى نهايتي السلك (الجسر) إلى المقاومة المجهولة القيمة R_X ، في حين توصل النهاية الأخرى على التسلسل مع مقاومة معلومة القيمة. قد تكون هذه المقاومة عبارة عن علبة مقاومات متغيرة، ولكن معلومة القيمة وبدقة. يوجد على السلك مزلاج متحرك يتيح إمكانية تقسيم السلك الناقل إلى قسمين L_1 و L_2 ، كما هو موضح في الشكل (1). يوصل هذا المزلاج على التفرع مع الدارة ما بين المقاومتين R و R_X ، وذلك عبر مقياس ميكرو أمبير (جهاز لقياس شدة التيار الكهربائي) الذي يستخدم بدوره لتحديد نقطة الصفر. عندما يشير المقياس إلى القيمة صفر، عندئذٍ تتحقق العلاقة الرياضية التالية:

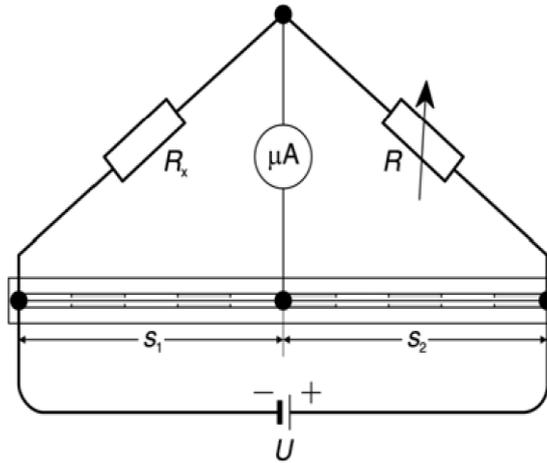
$$R_X = R \cdot \frac{L_1}{L_2} \quad (1)$$

لذلك فإن طريقة قياس المقاومة بهذه الطريقة، أي طريقة توازن الجسر، هي مستقلة عن التيار الكهربائي المطبق ما بين طرفي الجسر، وأكثر من ذلك فإنه من الممكن إجرائها دون الحاجة إلى منبع دائم للطاقة.

بينت النتائج العملية بأنه يمكن الحصول على أدق القياسات في حالة التركيب المتناظر للجسر، أي عندما يكون المزلاج في منتصف الجسر تقريباً بحيث تتساوى المسافتين L_1 و L_2 . أي أن قيمة المقاومة المجهولة ستحدد بدقة مساوية تقريباً لقيمة المقاومة المعلومة، وبالتالي تصبح العلاقة (1) بالشكل التالي:

$$R_X = R \quad (2)$$

عوضاً عن ذلك فإنه بالإمكان حساب المقاومة المجهولة مباشرةً، استناداً إلى المعادلة (2)، بوضع المزلاج في منتصف الجسر تماماً ومن ثم يتم تغيير قيم المقاومة المعلومة (المتغيرة) إلى أن يشير مقياس الميلي أمبير إلى القيمة صفر. عندئذٍ تكون قيمة المقاومة المتغيرة R هي نفسها المقاومة المجهولة R_X المطلوب حسابها.



الشكل(1): دائرة جسر وسطن ($S_1 = L_1$, $S_2 = L_2$).

2. Principles:

The bridge circuit introduced by Charles Wheatstone in 1843 represents one possibility to measure resistance. The value of an unknown resistance R_X can thus be exactly determined by a comparison with a resistance R that is known very precisely.

The experiment puts voltage U on a 1 m long pilot wire with constant width. The wire ends are connected to the unknown resistance R_X and another, series connected resistance R that is variable but known very precisely. A sliding contact splits the pilot wire into two sections of lengths L_1 and L_2 , as it is represented in Fig.1. The sliding contact is connected to the cross point between R_X and R through an ammeter inserted as a null indicator. If the current is aligned on zero, then:

$$R_X = R \cdot \frac{L_1}{L_2} \quad (1)$$

Therefore, the resistance measurement is, with the null balance, independent of the current applied and can also be done with non-stabilized power supplies.

The best measuring accuracy for this experimental configuration is achieved with a symmetric assembly, i.e. if the sliding contact is positioned in the middle of the pilot wire, so that both sections L_1 and L_2 have the same length. Then:

$$R_X = R \quad (2)$$

The known resistance R should therefore have a measurement as exact as possible that is about as much as the resistance R_X to be determined.

Alternatively, with equation (2), the unknown resistance can be determined directly, in that the sliding contact is initially positioned in the middle and the variable resistance is subsequently adjusted such that the ammeter is aligned on zero. The value of the variable resistance R then corresponds directly to the value R_X wanted.

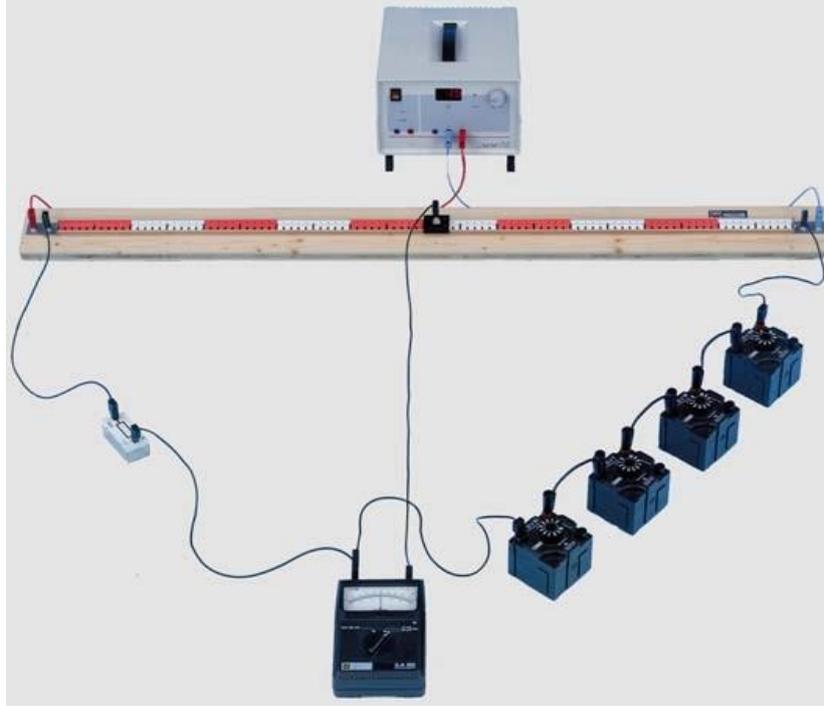
3. الأجهزة والأدوات:

1. جسر واطسطن بطول متر واحد.
2. مقاومات قياس متغيرة ومعلومة الشدة.
3. مقاومات قياس مجهولة الشدة.
4. منبع للتيار المستمر (+/- 15 V).
5. مقياس غلفانومتر.
6. ثلاثة أسلاك توصيل سوداء بطول 50cm.
7. زوج من الكابلات (أحمر وأزرق) بطول متر واحد.

3. Apparatus:

1. Demonstration bridge, 1 m long.
2. Variable and known measuring resistors.
3. Unknown measuring resistors.
4. Dc power supply (0... +/- 15 V).
5. Galvanometer.

6. Three connecting leads, 50 cm, black.
7. One pair of cables, 1 m, red/blue.



الشكل(2): الأجهزة والأدوات المستخدمة في تجربة جسر واطسون.

4. تنفيذ التجربة (Carrying out the experiment):

1. تأكد من أن دائرة التجربة موصولة تماماً كما في الشكل (2).
2. قم بتشغيل منبع التيار المستمر، وأضبط قيمة الجهد الكلي المطبق ما بين طرفي هذه الدارة على القيمة $U = 1 V$.
3. غير قيم المقاومة المعلومة حسب القيم المعطاة في الجدول (1).
4. قم الآن بتحريك المزلاج بعيداً قليلاً عن منتصف الجسر إلى أن يشير مقياس الغلفانو إلى قيمة للتيار $(I = 0 A)$ ، من أجل كل قيمة من قيم المقاومات السابقة.
5. سجل قيمة كلاً من L_1 و L_2 في الجدول (1).
6. احسب قيم R_{X1} بالاعتماد على المعادلة (1)، ثم أحسب المتوسط الحسابي لقيمة هذه المقاومة المجهولة.
7. احسب كلاً من الخطأ المطلق والنسبي في القياس، وسجل النتائج في الجدول (1).
8. استبدل المقاومة المجهولة بمقاومة أخرى مجهولة القيمة R_{X2} .

9. قم بوضع المزلج في منتصف الجسر تماماً، ثم غير قيمة المقاومة المعلومة إلى أن يشير مقياس الغلفانو إلى القيمة $(I = 0 A)$.
10. احسب قيمة R_{X2} استناداً إلى العلاقة (2).
11. قم (من أجل القيمة $R = 20 \Omega$) بوصل مقاومتين مجهولتي القيمة على التسلسل، ثم أحسب القيمة المكافئة لهما باستخدام الجسر (المزلج في منتصف الجسر تماماً) كما في المرحلة السابقة.
12. قارن هذه القيمة مع القيمة النظرية المحسوبة من قانون وصل المقاومات على التسلسل.
13. قم (من أجل القيمة $R = 20 \Omega$) بوصل نفس المقاومتين على التفرع، ثم أحسب القيمة المكافئة لهما باستخدام الجسر (المزلج في منتصف الجسر تماماً) كما في المراحل السابقة.
14. قارن هذه القيمة التجريبية مع القيمة النظرية المحسوبة من قانون وصل المقاومات على التفرع.
15. هل هناك طريقة أخرى لحساب مقاومة مجهولة في دائرة كهربائية، دون استخدام الجسر؟

الجدول (1)

$\frac{R}{[\Omega]}$	$\frac{L_1}{[cm]}$	$\frac{L_2}{[cm]}$	$\frac{R_{X1} = R \cdot \frac{L_1}{L_2}}{[\Omega]}$	$\frac{\overline{R_{X1}}}{[\Omega]}$	$\frac{\Delta R_{X1}}{[\Omega]}$	$\frac{\overline{\Delta R_{X1}}}{[\Omega]}$	$\frac{\overline{\Delta R_{X1}}}{\overline{R_{X1}}}$	$\frac{\overline{\Delta R_{X1}}}{\overline{R_{X1}}} \%$
3								
5								
10								
15								
20								
$R_{X1} = \overline{R_{X1}} \pm \overline{\Delta R_{X1}}$								

5. المراجع (References):

1. Leybold, LD Physics Leaflets-P3.2.3.4 (Determining resistances using a Wheatstone bridge).

نهاية التجارب....

مع أطيب التمنيات بالنجاح والتوفيق...

Best of Luck my dears

Dr. M. Moualla