الفيزياء العملية (١)

السنة الأولى فيزياء


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

منشورات جامعة دمشق

كلية العلوم

الفيزياء العملية (١)

الدكتور فوزي عوض
أستاذ في قسم الفيزياء

الدكتور محمد الكوسا
أستاذ في قسم الفيزياء

الدكتور كنج الشوفي
أستاذ مساعد في قسم الفيزياء

الدكتور معن سليم
مدرس في قسم الفيزياء

كمال كايد
مشرف على الأعمال في قسم الفيزياء

فاتن الفيل
قائمة بالأعمال في قسم الفيزياء

جامعة دمشق

١٤٣٢ - ١٤٣٣ هـ
٢٠١١ - ٢٠١٢ م

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

فهرس المحتويات

	الصفحة
مقدمة	٧
I- تجارب تمهيدية عامة:	٩
١- الارتيابات و الأغلاط في القياس	١١
٢- تحليل النتائج التجريبية	٣٩
٣- استعمال الحاسوب في مواءمة النتائج	٤٩
II- تجارب في الضوء الهندسي:	١٠٧
١- قوانين العدسات	١٠٩
٢- قانون المرآة المقعرة	١٢٥
٣- المطياف ذو الموشور	١٣٣
٤- دراسة وظائف بعض العناصر البصرية	١٤٣
٥- سرعة الضوء و التعرف إلى راسم الاهتزاز	١٥٥
٦- الزيوغ في العدسات	١٦٩
٧- المجهر	١٨٣
٨- قوانين الموشور	١٩٥

III- تجارب في الميكانيك: ٢١٣

١- جريان الهواء ٢١٥
٢- السقوط الحر ٢٢٧
٣- الحركة المستقيمة ٢٣٥
٤- النواس البسيط ٢٤٥
٥- التصادم ٢٥٧
٦- تحديد مركز الثقل (الكتلة) ٢٦٧
٧- الحركة الاهتزازية التوافقية ٢٧٧
٨- تركيب القوى ٢٩١

الملحق ٣٠١

نموذج عن تقرير النتائج الذي سيقدمه الطالب ٣٠٣
جداول الواحدات الأساسية في القياس و الثوابت الفيزيائية ٣٠٩
المصطلحات العلمية ٣١٥
المراجع العربية و الأجنبية ٣٥٧

مقدمة

يعدّ مقرر الفيزياء العملية (١) أول المقررات التجريبية التي يصادفها الطالب و يقوم هو بتنفيذها بنفسه، لتكسبه المهارة التجريبية و قوة الملاحظة و المناقشة للنتائج التي يحصل عليها. و قد أصبح هذا المقرر قائماً بذاته، أي علامته ١٠٠ درجة كاملة وفق الخطة الجديدة لقسم الفيزياء، أملاً في أن يحقق الأغراض العلمية المذكورة آنفاً.

لقد اغتنمنا هذه الفرصة لنوجه طلابنا خطوة خطوة لأن الكثير منهم يقوم بإجراء التجارب لأول مرة. لذلك بدأنا كل تجربة بذكر أهدافها، ثم التمهيد النظري لها كي نذكّر الطالب بالقوانين اللازمة، و انتقلنا بعدها إلى ذكر الأجهزة التي سيستعملها مع ضرورة الانتباه إلى وظيفة كل جزء، ثم كيفية ترتيب النتائج و مناقشتها، و أخيراً كتابة التقرير ليتبين الطالب إذا ما كانت الأهداف المرجوة قد تحققت أم لا. و التعليق على أسباب عدم تحققها من وجهة نظر الطالب المجرب. لقد أرفقنا عند نهاية الكتاب نموذجاً عن التقرير الذي سيقدمه الطالب في نهاية كل جلسة تجريبية. و يلاحظ ضرورة عدم تكرار النظري من الكتاب منسوخاً و إنما المطلوب تليخصه بلغة الطالب، و سيكون هذا التلخيص مؤشراً على قراءة الطالب لما يريد القيام به و الذي لن يسمح له بإجراء التجربة دون التحضير النظري لها.

بعد السماح للطالب بالدخول محضّراً، يبدأ بالتعرف و المطابقة بين ما قرأه و ما هو موجود أمامه من أدوات ليبدأ التجربة خطوة خطوة. و يستفسر من المشرف عند التباس شيء عليه فقط.

حاولنا جاهدين أن تكون التجارب متماشية مع معارف الطالب سواء منها التي يقرأها في السنة الجامعية الأولى أو التي مر عليها سابقاً أو التي سيمر عليها لتكون موضحة لها. و نحن لا نرى في ذلك ضعفاً إذ أن النظري عموماً قد يسبق العملي و قد يتأخر عنه في العادة.

لذلك رتبنا التجارب في ثلاثة أجزاء: الأول تجارب تمهيدية لا بد لكل طالب يبدأ مساقاً تجريبياً مهما كان موضوعه من أن يلمّ به. بدءاً من تقدير الأخطاء و أنواعها و حسابها مروراً بتحليل النتائج بيانياً و حاسوبياً. الجزء الثاني يتناول تجارب في الميكانيك، أما الجزء الثالث فيتناول تجارب في الضوء الهندسي.

لا بدّ من التنويه إلى كيفية تقدير العلامة لهذا المقرر فهي تتضمن جودة التحضير للتجربة، و التعامل مع الأدوات و التجهيزات و بخاصة مجالات عملها و الانتباه إلى ما يعطلها، و كذلك مناقشته الواقعية لما يحدث، إضافة إلى مذاكرات و مناقشات مع الأستاذ المشرف لأكثر من مرة، و أخيراً اختبار نهائي كتابي.

يشكر المؤلفون جميع من ساهم في قراءة المخطوط و في اقتراحاته، و كذلك كل من قام بتجهيز التجارب و ساعد باختبار صلاحيتها و مشاكلها و يخص بالشكر الدكتور مصطفى صائم الدهر. آملين الفائدة و الإفادة من الجميع.

المؤلفون

I- تجارب تمهيدية عامة

١- الارتيابات و الأغلاط في القياس

٢- تحليل النتائج التجريبية

٣- استعمال الحاسوب في مواءمة النتائج

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

I- ١ – الارتيابات و الأغلاط في القياس:

- المقادير(أو الكميات) الفيزيائية.
- أنواع الارتيابات أو الأخطاء.
- تقدير الارتياب في القياس المباشر.
- حساب الأخطاء في القياسات غير المباشرة.
- القدم القنوية (مقياس السماكة).
- الدوارة اللولبية (اللولب المكرومتري)
- أدوات القياس.
- مراحل العمل و النتائج.
- خلاصة.

Damascus University


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

I - ١ – الارتيابات و الأغلاط في القياس
(Errors and faults in experimental measurements)

المقادير(أو الكميات) الفيزيائية:

الفيزياء هو أحد العلوم التجريبية التي تختلف عن العلوم الفلسفية الأخرى و علوم اللغة و الكلام؛ لأن المقادير التي يتناولها علم الفيزياء مقادير قابلة للقياس أي مقادير يعبّر عنها بإعطاء رقم أو عدد تتبعه واحدة في معظم الحالات. وتبقى اللغة طبعاً أداة للتعبير عن كل العلوم المرتبطة بها.

يمكن من ناحية أخرى، تصنيف هذه المقادير في صنفين رئيسين: مشتقة أي تعرّف وفق قانون أو علاقة، وأساسية لا نستطيع تعريفها بهذا الشكل ويلجأ إلى تعريفها إجرائياً، فيعتمد معيار لكل منها و إجراء لعدّ مرات تكرار هذا المعيار عند قياس مقدار من نوعه. مع ذلك، فإن المقادير الأساسية تدرك بالحدس وعددها قليل واختيارها مع معاييرها المناسبة يكوّن جملة الواحدات (راجع الكتاب النظري)، فعددها في الميكانيك الصرف ثلاثة يضاف لها التيار الكهربائي أو الشحنة الكهربائية عندما تدخل الظواهر الكهربائية أو المغنطيسية، كما تدخل درجة الحرارة عند دخول الظواهر الحرارية ...

ومما يجدر ذكره أن اختيار المعايير يتغير باستمرار مع ازدياد الدقة المطلوبة في القياس وكذلك طرائق المقارنة حتى أنه نشأ فرع من العلوم اسمه علم القياس.

تترافق عملية القياس بصورة عامة بعدم تحديد نتيجة عوامل عديدة منها ما يتعلق بشروط إجراء التجارب، ومنها بسبب المجرب نفسه، ومنها بسبب التجهيزات المستخدمة، وقد يكون بعضها مرتبطاً بتغير المقدار المقيس نفسه، لذلك نقول إن التعبير عن المقدار المقيس غير مضبوط و يشوبه ارتياب، وسنناقش كلاً منها على

حدة. أما الحصول على أية قيمة حقيقية للمقدار فغيرممكن و إنما تحدّد القيمة دائماً ضمن مجال يضيق أو يتّسع بحسب كبر الارتياب.

قاعدة أولى: عند التعبير عن أي مقدار يجب ذكر العدد الممثل للمقدار مع الارتياب ثم الواحدة (إن وجدت، فبعض المقادير الفيزيائية من دون أبعاد وبالتالي من دون واحدات).

أنواع الارتيابات أو الأخطاء:

سنستعمل كلمة خطأ لتشير إلى تلازم الكمية المقيسة مع عدم تحديد معطى به، وبالتالي فإن القيمة التقريبية مع هذا الخطأ يحددان المجال الذي تقع ضمنه القيمة الحقيقية (المضبوطة) للمقدار، أي سنستعملها مكافئة للارتياب في تحديد القيمة. وسنترك كلمة غلط لتشير إلى ارتكاب المجرب هفوة جعلت إحدى القيم شاذة لم تتكرّر، أو أن شيئاً ما حدث في جهاز القياس بسبب خارجي غير معروف، وقد يكون داخلياً أيضاً، لكنه لم يتكرّر، وعاد الجهاز يعمل بصورة طبيعية.

تصنف الارتيابات في صنفين: **الارتيابات النظامية** أو ارتيابات منظومة القياس هي التي يمكن تصحيحها أو أخذها في الحسبان مثل:

(أ) أخطاء أحد أجهزة القياس كانزياح إبرة في مقياس ذي مؤشر عن صفر التدريج، أو عدم تصفير مقياس رقمي ومعايرته تتصف هذه الأخطاء بكونها متكررة و في اتجاه واحد يمكن تحديده، لذلك يمكن تلافيها. و التي يطلق عليها أحياناً اسم الخطأ المباشر.

(ب) أخطاء المجرب يقوم بها دون أن ينتبه، مثل عدم النظر بصورة عمودية عند أخذ القراءة في مقياس ذي مؤشر (لذلك يوضع على لوحة التدريج خط مرآة لتؤخذ القراءة عندما ينطبق المؤشر على خياله بالنسبة للناظر)، أو أن يكون لدى المجرب نزعة للحصول على قيم متقاربة، فيقرأ الرقم الذي يناسبه من بين عدة أرقام تتوالى في مقياس رقمي. من الأمثلة الأخرى لأخطاء المجرب هي في تحديد الخطأ في بعد الخيال عن العدسة أو المرآة؛ في هذه الحالة يمكن إيجاد الخطأ في بعد الخيال بتحديد مجال حركة العدسة الذي لا يتأثر عندها وضوح الخيال، حسب ما يحكم به المجرب نفسه، فيكون الخطأ فيهما هو نصف المجال.

(ت) أخطاء طريقة القياس نفسها، تظهر هذه بوضوح عند تحديد بعض الثوابت الفيزيائية بطرائق مختلفة، مثل قياس سرعة الضوء في الخلاء أو تحديد شحنة الألكترون. عندها تدرس بالتفصيل التصحيحات اللازمة في كل طريقة، وتناقش أفضلية تحديد عن آخر.

(ث) أخطاء خارجية بسبب تغيّر الشروط الخارجية، مثل: تغير درجة الحرارة أو الرطوبة وكلاهما يمكن أن يصححا عند معرفة هذه التغيرات. في مثل هذه الأحوال الدقيقة، و بصورة عامة، علينا أن نتأكد من أن هذه التغيرات خارجية وليست ذاتية، كأن يكون طول جسم ما يختلف من نقطة إلى أخرى لكون مقطعه ليس صقيلا، فنحصل على قراءات مختلفة بسبب تغير موضع القياس.

أما الصنف الثاني من الأخطاء فهو **الأخطاء العشوائية**: وهي أخطاء يصعب التنبؤ بها و بإشارتها، إذ يمكن أن يعطي تكرار القياس قيما مختلفة مع أننا نقيس المقدار نفسه وضمن الشروط نفسها، و تعالج النتائج في هذه الحالة معالجة إحصائية. وكما هو معروف فإن المعالجة الإحصائية تحتاج إلى عدد كبير من القيم لتكون ذات معنى، عشرة على الأقل. وعلى هذا لا تتبع في تجارب السنوات الأولى و تتبع فقط في تجارب متقدمة. ومنها ما هو إحصائي في طبيعته، مثل عدد التفككات في الثانية لعنصر مشع.

تقدير الارتياب في القياس المباشر:

تزداد درجة وثوقية قياس ما بأخذ وسطي عدد مستقل من هذه القياسات فإذا رمزنا بـ a للمقدار المقيس وبـ a_1 ، a_2 ، ..... a_n لنتائج قياسه n مرة فإننا نعرف القيمة الوسطى $\overline{a}$ لهذا المقدار بالعلاقة:

$$\overline{a} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_i$$

كما نعرف الارتياب المطلق فيه بالعلاقة:

$$\overline{\Delta a} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} |a_i - \overline{a}|$$

أما الارتياب النسبي فنعرفه بـ: $\frac{\overline{\Delta a}}{\overline{a}}$ وغالباً ما يكتب بشكل نسبة من مئة بالشكل:

$$\frac{\overline{\Delta a}}{\overline{a}} \times 100\%$$

ومن المفيد ترتيب نتائج القياس والحسابات في جدول كالتالي:

رقم التجربة	a_i	$\lvert \Delta a_i \rvert = \lvert a_i - \bar{a} \rvert$
١	a_1	$\lvert \Delta a_1 \rvert$
٢	a_2	$\lvert \Delta a_2 \rvert$
٣	a_3	$\lvert \Delta a_3 \rvert$
القيمة الوسطى	$\bar{a}$	$\lvert \bar{\Delta a} \rvert$

ونكتب النتيجة النهائية بالشكل:

$$a \pm \bar{\Delta} a \qquad \text{(واحدة القياس)}$$

$$\frac{\bar{\Delta a}}{\bar{a}} \times 100\% = ...\% \qquad \text{بارتياب نسبي :}$$

تشير المعالجة الإحصائية إلى اقتراب القيمة الوسطية أكثر فأكثر من القيمة الحقيقية كلما ازداد عدد القياسات فيرسم ما يسمى مخطط تواتر التكرار الذي يكون له شكل الجرس أو ما يعرف باسم منحني غاوص أو منحني التوزع الطبيعي، غير أنه يكتفى في التجارب العادية بأخذ ثلاثة قياسات فقط ثم أخذ المتوسط لها على أنها تمثل قيمة مقبولة.

الخطأ المطلق: بما أننا لا نستطيع الحصول على القيمة الحقيقية لمقدار فيزيائي A بإجراء عدد محدود من القياسات بل نحصل على قيمة تقريبية له X فإننا نعرّف الخطأ المطلق d على أنه مقدار الابتعاد عن تلك القيمة، أي:

$$d = A - X$$

أو:

$$A = X + d$$

و بما أننا نتعامل مع أعداد غير محددة تماماً، فإن إشارة الخطأ غير محددة أيضاً، فيمكن أن يكون الابتعاد عن القيمة الحقيقية بالزيادة (d سالباً) أو بالنقصان (d موجباً) وعليه نكتب في الحالة العامة:

$$A = X \pm d$$

وفي الحالة العامة أيضاً يكون $X >> d$ و بالتالي أصغر بكثير من A أي $A>>d$، ويتحدد عند القياس المباشر بأداة القياس. إنّ تأثير الخطأ في الثقة التي يمكن أن نوليها لقياس مقدار ما يتعلق بنسبة الخطأ المطلق المرتكب في القياس إلى القيمة نفسها الذي يعرّف بالخطأ أو الارتياب النسبي وفق العلاقة:

$$r = \frac{d}{X}$$

كما تعرّف دقة القياس عندما نحسب هذه النسبة من مئة على الشكل r %.

غالباً ما نستعمل القيمة الوسطية مكان القيمة الحقيقية، فيكتب رمز المقدار نفسه وفوقه خط، مثل $\overline{X}$ ثم نحسب في حال تكرار القياس ما يشبه الأخطاء، فنكتب انحراف كل قيمة مقيسة عن القيمة الوسطية، ثم نجمع القيمة المطلقة لهذه الانحرافات، و نقسمها على عددها.

حساب الأخطاء في القياسات غير المباشرة:

قد لا تقاس المقادير الفيزيائية المبتغاة مباشرة، بل تحسب حساباً، مثل سطح الصفيحة أو حجم القالب، ونحتاج دائماً إلى معرفة دقة القياس لهذه المقادير، وبالتالي علينا حساب الأخطاء في هذه المقادير اعتماداً على معرفتنا أخطاء

القياس للمقادير الداخلة في حسابها. توجد بضعة قواعد لإجراء هذا التقدير، أهمها:

- المقدار هو حاصل جمع أو طرح مقدارين مقيسين، يكون الخطأ في الحالتين مجموع الخطأين لأننا لا نعرف إشارة أي من الخطأين.
- المقدار هو حاصل ضرب أو قسمة مقادير غير متكررة في القانون الذي نحسب المقدار وفقه. في هذه الحالة نلجأ إلى حساب الخطأ النسبي أولاً، ثم نحسب الخطأ المطلق، إذ إن الخطأ النسبي في المقدار المحسوب هو – ببساطة - مجموع الأخطاء النسبية للمقادير المقيسة.

في الواقع يمكن تطبيق الحساب التفاضلي أو حساب التفاضلات بصورة عامة للوصول إلى هذه القواعد، و القواعد الأعم منها مع الانتباه إلى معالجة إشارات الأخطاء معالجة مختلفة بخاصة؛ نظراً لعدم معرفتها بالضبط.

فيما يلي بعض الأمثلة لحساب الخطأ بالطريقة غير المباشرة:

١- **حالة المجموع الجبري:** ليكن لدينا العلاقة: $\overline{y}=\overline{a}+\overline{b}-\overline{c}$ حيث إن الأخطاء المباشرة في a و b و c هي على التوالي Δa و Δb و Δc. فيكون الارتياب المطلق في y هو: $\Delta y=\Delta a+\Delta b+\Delta c$. لاحظ أننا وضعنا أمام كل الحدود إشارة + و ذلك لنأخذ القيمة العظمى للخطأ، فتكتب النتيجة على الشكل $y=y\pm\Delta y$. و يكون الارتياب النسبي في y هو $(\Delta y/y)$.

٢- **حالة الجداء:** تستخدم طريقة التفاضل اللغريتمي لحساب الارتياب المطلق و النسبي. ليكن لدينا العلاقة: $z=a\times b\times c$ حيث إن الأخطاء المباشرة في a

و b و c هي على التوالي Δa و Δb و Δc. لحساب الخطأ في z نتبع ما يلي:

أ- نأخذ لغريتم الطرفين: $\log z = \log a + \log b + \log c$

ب- ثم نفاضل العلاقة: $\frac{dz}{z} = \frac{da}{a} + \frac{db}{b} + \frac{dc}{c}$

ت- فيكون الارتياب النسبي في z : $\frac{\Delta z}{\overline{z}} = \frac{\Delta a}{\overline{a}} + \frac{\Delta b}{\overline{b}} + \frac{\Delta c}{\overline{c}}$

يمكننا تعميم النتيجة السابقة على جداء n عاملاً متماثلاً، فالارتياب النسبي في X المعطى بالعلاقة: $X = a^n$ هو:

$$\frac{\overline{\Delta x}}{\overline{x}} = n\frac{\overline{\Delta a}}{\overline{a}}$$

أو على جداء مقادير غير متماثلة مثل:

$$X = a.b.c.....k$$

فيكون:

$$\frac{\overline{\Delta x}}{\overline{x}} = \frac{\overline{\Delta a}}{\overline{a}} + \frac{\overline{\Delta b}}{\overline{b}} + ... + \frac{\overline{\Delta k}}{\overline{k}}$$

٣- **حالة القسمة:** ليكن لدينا العلاقة: $x = \frac{a}{b}$ حيث إن الأخطاء المباشرة في a و b هي على التوالي Δa و Δb. لحساب الخطأ في x نتبع ما يلي:

أ- نأخذ لغريتم الطرفين: $\log x = \log a - \log b$

ب- ثم نفاضل العلاقة: $\frac{dx}{x} = \frac{da}{a} - \frac{db}{b}$.

ت- فيكون الارتياب النسبي في x : $\frac{\Delta x}{\overline{x}} = \frac{\Delta a}{\overline{a}} + \frac{\Delta b}{\overline{b}}$. لاحظ أننا وضعنا أمام كل الحدود إشارة + و ذلك لنأخذ القيمة العظمى للخطأ.

٤- **حالة الخليط من العمليات:** كثيراً ما ترد مقادير تحوي خليطاً من العمليات. وفي هذه الحالة، ترجح طريقة التفاضل اللغريتمي، فيحسب الارتياب النسبي، ومنه يستنتج الارتياب المطلق.

مثال: نفرض أن x مقدار معرف بالعلاقة:

$$x = \frac{(a+b).c^3.\sin^2\phi}{4\sqrt{e}}$$

حيث a، b، c، e، ϕ، مقادير يمكن قياسها قياساً مباشراً، كما يمكن تقدير الارتيابات المطلقة فيها، ولتكن $\overline{\Delta a}$, $\overline{\Delta b}$, $\overline{\Delta c}$, $\overline{\Delta e}$, $\overline{\Delta\phi}$، على الترتيب.

نأخذ لغريتم الطرفين فنجد:

$$\log x = \log(a+b) + 3\log c - \log 4 - \frac{1}{2}\log e + 2\log\sin\phi$$

يؤخذ تفاضل هذه العلاقة مع ملاحظة أن تفاضل العدد الثابت ٤ هو الصفر فيكون:

$$\frac{dx}{x} = \frac{d(a+b)}{a+b} + 3\frac{dc}{c} - \frac{1}{2}\frac{de}{e} + 2\frac{\cos\phi\, d\phi}{\sin\phi}$$

$$\frac{dx}{x} = \frac{da+db}{a+b} + 3\frac{dc}{c} - \frac{1}{2}\frac{de}{e} + 2\cot\phi\, .d\phi$$

وبالانتقال إلى رموز حساب الارتياب، وأخذ الحد الأعلى للارتياب نجد:

$$\frac{\overline{\Delta x}}{\overline{x}} = \frac{\overline{\Delta a} + \overline{\Delta b}}{\overline{a} + \overline{b}} + 3\frac{\overline{\Delta c}}{\overline{c}} + \frac{1}{2}\frac{\overline{\Delta e}}{\overline{e}} + 2\cot\phi.\Delta\phi$$

ومنه نجد الارتياب المطلق Δx.

ملاحظة هامة:

قد يرد في بعض القوانين الفيزيائية التي تأخذ شكل كسر، حد أو أكثر يتكرر وجوده في البسط و المقام. في هذه الحالة، يأخذ هذا الحد لدى إجراء التفاضل اللغريتمي إشارتين مختلفتين، مع أن الارتياب الذي يقع في القياس المباشر لهذا الحد، هو ارتياب ذو اتجاه واحد، إما بالزيادة أو بالنقص. ولكي لا نبالغ في تقدير الحد الأعلى للارتياب الواقع على المقدار، نتبع طريقة فصل أمثال كل حد من حدود التفاضل التي نوضحها في المثال التالي:

ليكن المقدار:

$$x = \frac{a-b}{a}$$

حيث a، b مقداران أعطى قياسهما المباشر النتيجة $\overline{a} \pm \overline{\Delta a}$, $\overline{b} \pm \overline{\Delta b}$ فيأخذ التفاضل اللغريتمي يكون:

$$\frac{dx}{x} = \frac{d(a-b)}{a-b} - \frac{da}{a}$$

$$\frac{dx}{x} = \frac{da}{a-b} - \frac{db}{a-b} - \frac{da}{a}$$

نفصل أمثال da على حدة وأمثال db على حدة فنجد:

$$\frac{dx}{x} = [\frac{1}{a-b} - \frac{1}{a}]da - \frac{db}{a-b}$$

وباستخدام الرمز $\overline{\Delta}$ وأخذ الحد الأعلى يكون:

$$\frac{\overline{\Delta x}}{\overline{x}} = |\frac{1}{\overline{a}-\overline{b}} - \frac{1}{\overline{a}}|\overline{\Delta a} + \frac{\overline{\Delta b}}{\overline{a}-\overline{b}}$$

عند الانتهاء من حساب الخطأ المطلق المرتكب في قياس المقدار المطلوب يطلب عادة حساب ما يعرف بالانحراف و هو مقدار ابتعاد القيمة المقاسة تجريبياً عن وسطي قيم عدد التجارب التي قمنا بها. ويعرف رياضيا بالعلاقة التالية:

$$E_i = |\overline{X} - X_i|$$

حيث E_i يرمز إلى مقدار الانحراف. وبالتالي نستطيع على ضوء ذلك الحكم على التجربة إذا كانت مقبولة أو غير ذلك بحساب وسطي الانحرافات E و مقارنته بـ $\Delta\overline{X}$، إذ يحدّد الأول بارتيابات الأدوات، أما الثاني فيحدد تكرارية التجربة، و تكون التجربة مقبولة إذا تحققت المتراجحة $E \leq \overline{X}$.

التجربة الأولى: قياس طول جسم.

أدوات القياس: مسطرة ، قدم قنوية، دوارة لولبية.

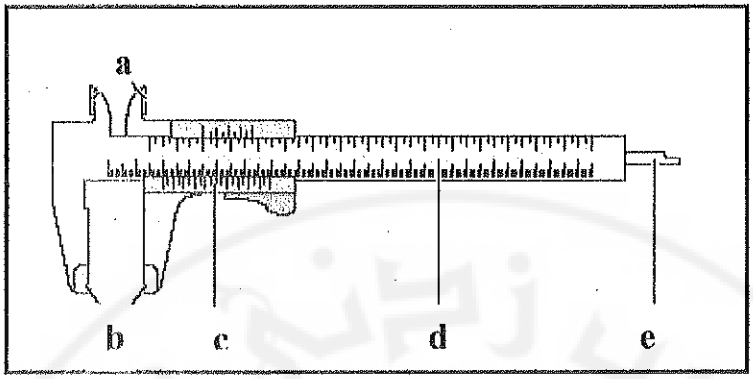
الجسم المراد قياس طوله: قالب خشبي (أبعاده)،صفيحة معدنية (ثخانتها) ، سلك (قطره).

المسطرة :هي ليست بالأصل إلا طول عياري قسّم إلى تقسيمات متساوية كبيرة (سنتمترات مثلا) ثم قسمت كل تقسيمة إلى تقسيمات متساوية أصغر (ملمترات مثلا) وإن مايحدّ من متابعة هذا الإجراء، كما تلاحظ ثخانة الخط المستخدم في التقسيم، وهو يحدّ أيضاً من دقة القياس.

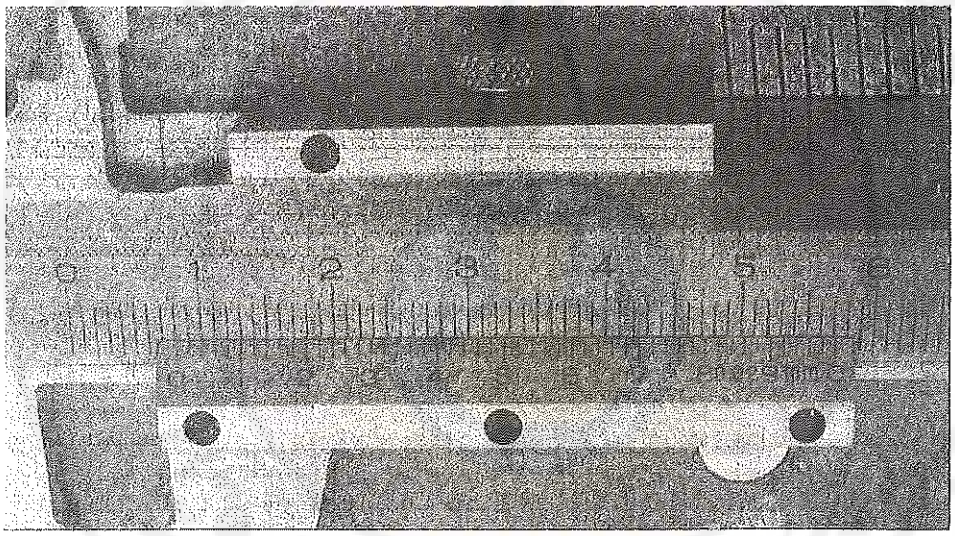
القدم القنوية (مقياس السماكة):

تقيس القدم القنوية الأبعاد الداخلية، و الخارجية، و العمق لأجزاء جسم ما مختلف الأشكال، و تتميّز عن لمسطرة العادية بدقتها الأعلى نتيجة وجود الفرنية التي سنشرح مبدأها لاحقاً.

تتكون القدم القنوية (الشكل ١) من مخلبين حادين عند الحافتين الخارجيتين (a) لقياس الأبعاد الداخلية، ومخلبين آخرين حادين عند الحافتين الداخليتين (b) لقياس الأبعاد الخارجية، و ذراع (e) يتحرك ضمن قناة خاصة به لقياس العمق. يثبت هذا الذراع وأحد المخلبين من كل نوع على جزء منزلق من الفرنية فيه قسم مدرّج يستعمل كمسطرة تسمى مسطرة الفرنية (c)، ينزلق هذا الجزء أمام مسطرة (d) مقسمة إلى تقسيمات قد تكون أصغرها مليمتر أو أجزاء من الإنش (البوصة) ،فيجب التحقق من طرف المسطرة المستعمل و تقسيماته عند القراءة. الشكل -٢ يظهر بوضوح المسطرة الفرنية و المسطرة الأساسية.



شكل – ١ أجزاء القدم القنوية



شكل – ٢ المسطرة الفرنية و المسطرة الأساسية

مبدأ الفرنية:

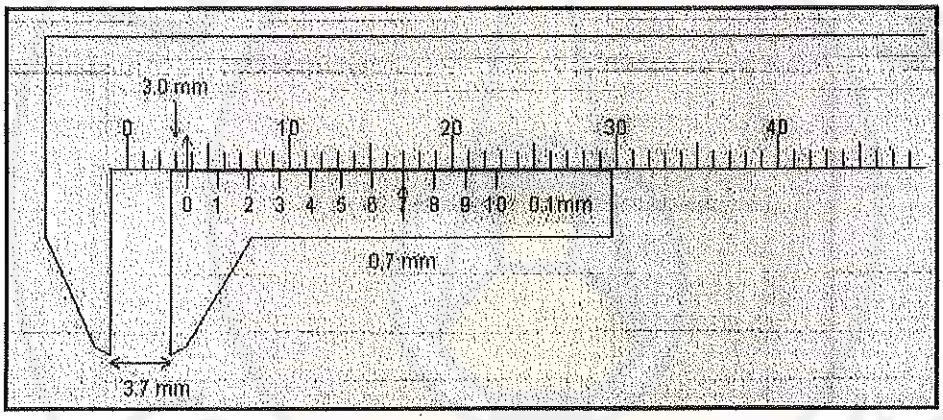
تقسّم مسطرة الفرنية إلى عدد من التقسيمات، تزيد بمقدار تقسيمة واحدة عن عدد تقسيمات المسطرة المقابل، بهذا تكون كل تقسيمة من تقسيمات مسطرة الفرنية

أصغر بقدر مقلوب هذا العدد، فإذا كان عدد تقسيمات مسطرة الفرنية ١٠ مثلاً تقابل ٩ مليمترات من المسطرة العادية تكون كل تقسيمة من تقسيمات الفرنية أصغر بمقدار ١٠\١ من المليمتر، و إذا كان عدد تقسيمات الفرنية ٢٠ مقابلة لـ ١٩ مليمتراً من المسطرة، فإن كل تقسيمة من تقسيمات الفرنية أصغر (من أصغر تقسيمة على المسطرة وهي هنا مليمتر) بمقدار ٢٠\١ من المليمتر، و هكذا.

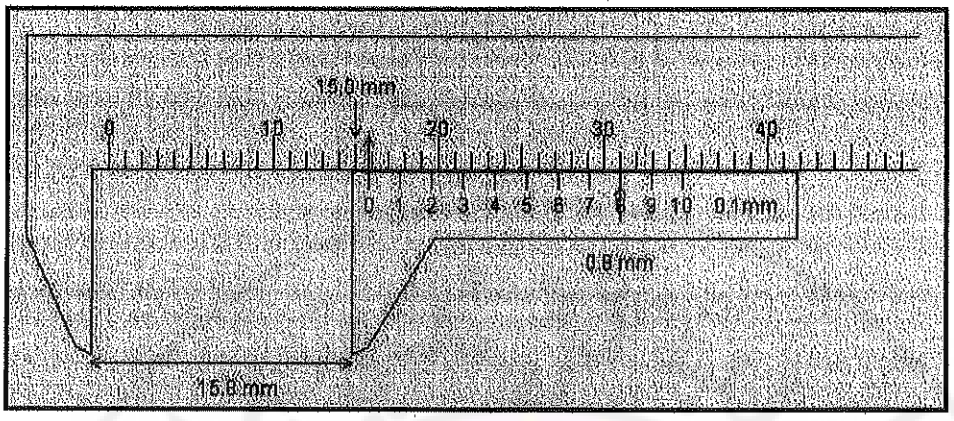
نبدأ عادة عند إجراء قياس بالقدم القنوية بالتأكد من أن صفر الفرنية منطبق على صفر المسطرة عند تلامس أطراف المخالب الحادة، كل مع مقابله، و كذلك سطح الذراع السفلي بمحاذاة السطح السفلي للقدم القنوية. ثم نضع الجزء المراد قياس ما بعده (إما داخلي أو خارجي أو العمق) فينزاح صفر الفرنية بقدر هذا البعد الذي نقرؤه على مرحلتين، الأولى: تحديد الجزء الصحيح، فنقرأ عدد التقسيمات على المسطرة، أما الثانية: فهي لتحديد الجزء الكسري من الرقم إذ غالباً لا يكون امتداد تدريجة صفر الفرنية وفق امتداد تدريجة المسطرة العادية بل بين تدريجتين (وهذا هو الجزء الكسري). نبحث عن تدريجة من تدريجات الفرنية على امتداد تدريجة من تدريجات المسطرة، فنقرؤها، ويكون الجزء الكسري هو هذا الرقم مقسوماً بالعدد الكلي لتقسيمات الفرنية (أي إما عشرة أو عشرين مثلاً) ، فإذا كان الرقم x كان الجزء الكسري x / 10 أو x / 20 حسب الأداة (الشكلان ٣ و ٤ يظهران قراءتين للقدم القنوية، و ذلك من أجل بعدين مختلفين). بهذا نرى أن البعد يتحدد بارتياب تحديد التدريجة، فإذا كانت أصغر تدريجة مليمتر كان الارتياب ١٠/١ من المليمتر أو ٢٠\١ منه. تتطلب مثل هذه الدقة أن تكون أجزاء الأداة مستوية، و صقيلة و تنزلق دون ترنّح إلى هذه الدرجة من الدقة على الأقل. تظهر في الأشكال ٥ و ٦ و ٧ ترتيبات أخذ القياس في حالة قياس البعد الداخلي أو الخارجي أو

العمق، أما طريقة أخذ القراءات فهي نفسها في الحالات جميعها. تكون القدم مزوّدة عادة بممسك ذي نابض ليحافظ على مكان الجزء المنزلق عند الحاجة لوضعية قراءة مريحة.

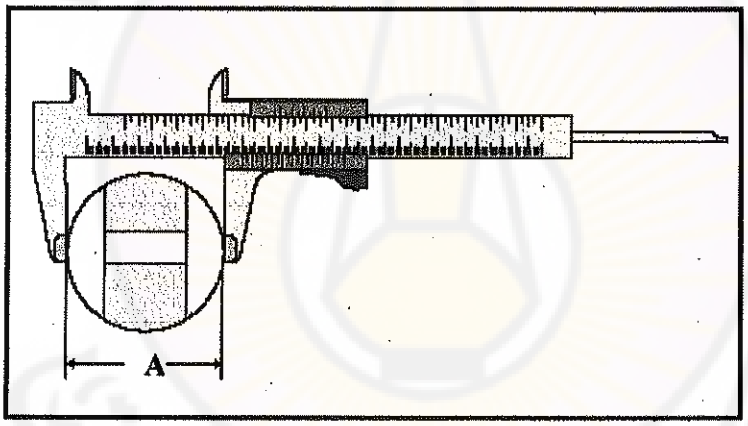
يوجد حالياً أنواع أخرى من القدم القنوية، منها: ما يحتوي قرص مع مؤشر يدور مع مسجل لعدد الدورات، أما الجزء الكسري فيقرأ مباشرة. ونوع آخر: رقمي يعطي القراءة مباشرة كاملة.



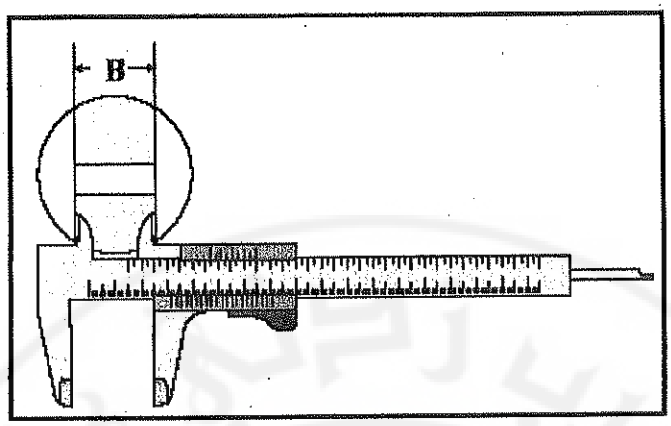
شكل – ٣ القدم القنوية في هذه الوضعية تقرأ البعد ٣,٧ مم



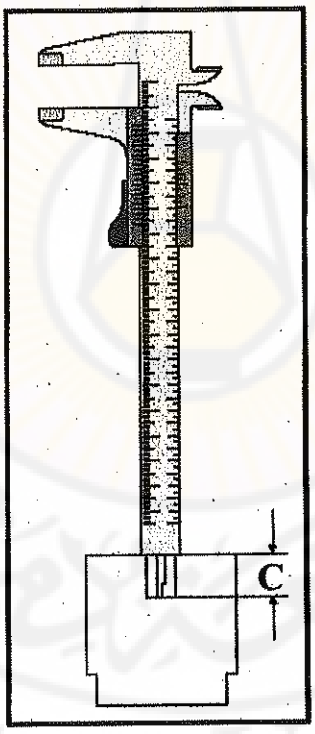
شكل – ٤ القدم القنوية في هذه الوضعية تقرأ البعد ١٥,٨ مم



شكل – ٥ قياس القطر الخارجي بالقدم القنوية



شكل – ٦ قياس القطر الداخلي بالقدم القنوية



شكل – ٧ قياس العمق بالقدم القنوية

الدوارة اللولبية (اللولب المكرومتري)

تعتمد الدوارة اللولبية على لولب (برغي) دقيق يتقدم مليمتراً واحداً عند إنجاز دورة كاملة، ما يسمى خطوة اللولب، (وقد تكون هذه الخطوة مختلفة عن المليمتر) و يحلزن اللولب بعدد من الخطوات يكبر أو يصغر بحسب كبر و صغر الدوارة، و تكون الخطوات متساوية بدقة عالية. ثم تقسّم دائرة عمودية على اتجاه حركة اللولب إلى مئة تدريجة، (وفي بعض الأنواع إلى خمسين تدريجة) فيقابل كل تدريجة على الدائرة ٠,٠١ مم، أي ١٠ مكرومتر.

تتكوّن الدوارة (الشكل ٨) من الأجزاء التالية: أسطوانة مصمتة a مثبتة على حامل f له شكل حرف U مصقولة السطح، و أسطوانة أخرى متحركة b، لها القطر نفسه، جزء منها، غير ظاهر في الشكل، محلزن مرتبط بأسطوانة مفرّغة d هي التي تقسم دائرتها السفلية إلى التدريجات المئة، و يحدد موضع هذه الأسطوانة بتحديد موقع طرف الدائرة على مسطرة مليمترية متماسكة مع الحامل. يمكن أن تكون الأسطوانة a قابلة للتعديل كي يضبط صفر المسطرة مع صفر الدائرة، كما تزوّد بعض الأنواع بلولب مع نابض ذي مخلب أمام مسنن e يمكننا من تطبيق قوة ضعيفة صغيرة تشير إلى تلامس الأسطوانتين مع بعضهما (في البدء) أو مع الجسم المقيس تلامساً لطيفاً، يسمع بعدها طقطقة دون أن يرافقها حركة. يفيد هذا اللولب النابضي في تطبيق القوة نفسها لقياسات مختلفة، وفي تجنب كسر الجسم المقيس إذا كان رهيفاً. في الواقع، نظراً لكون حساسية الدوارة عالية، فهي تمكننا من قياس التشوهات كما نستطيع التعرّف كيفياً على تأثير الضغط و ما يسببه من تشوه لبعض الأجسام.

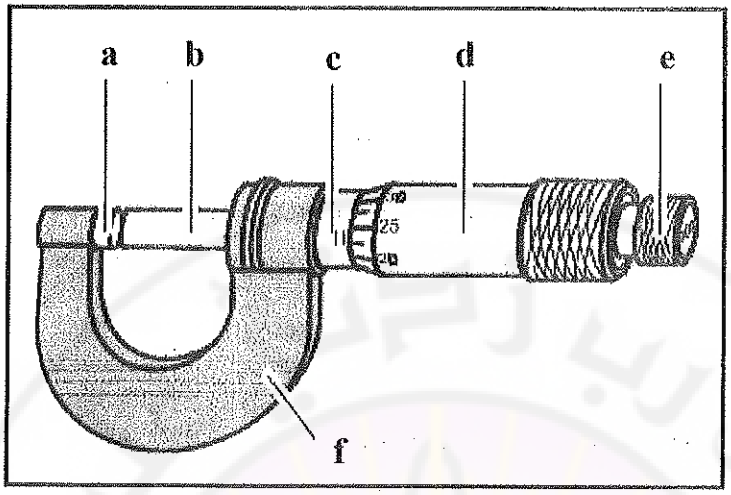
إجراء القياس بالدوارة:

١- يتم التأكد من أن صفر المسطرة المليمترية منطبق على صفر الدائرة. و إذا لم يكن الأمر كذلك، يمكن تعديل الجزء a حتى يتحقق ذلك، أو يسجّل انزياح الصفر و يؤخذ في الحسابات مع الانتباه للإشارة، فهو في هذه الحالة من الأخطاء النظامية.

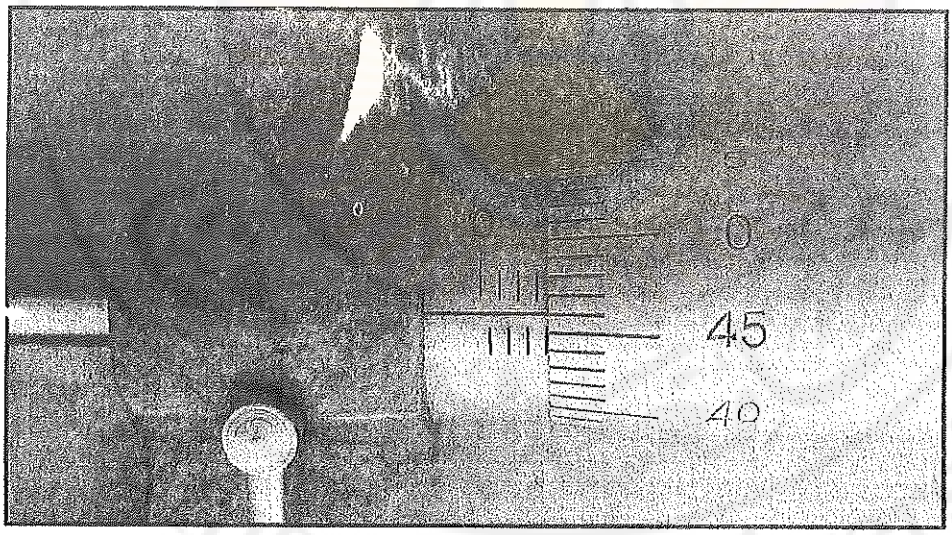
٢- يوضع الجسم المراد قياس طوله بين سطحي الأسطوانتين ويستخدم الجزء e للتأكد من حدوث التماس اللطيف، ثم يقرأ الجزء الصحيح من الطول على المسطرة المليمترية و الجزء الكسري على الدائرة المدرّجة مقابل الخط الرئيس لهذه المسطرة (الشكل ٩).

٣- تكرّر القياسات في الموضع نفسه أولاً، ثم في مواضع مختلفة، و تناقش النتائج.

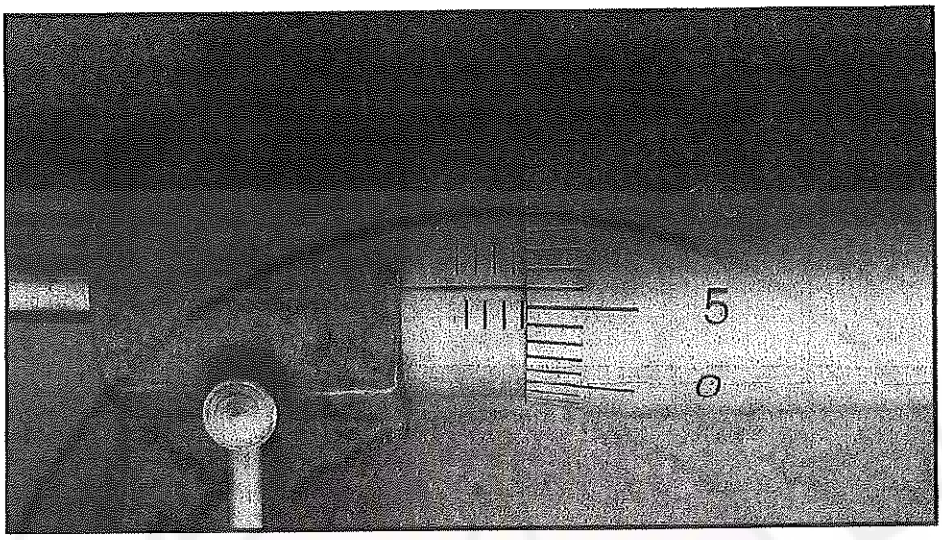
٤- تجرى بعض القياسات دون استعمال الجزء e باستعمال ضغوط صغيرة مختلفة لتلاحظ اختلاف القراءات، إذ إن حساسية الدوارة و خطؤها من مرتبة العشرة مكرومتر هو من مرتبة التشوهات لبعض الأجسام. الشكلان ٩ و ١٠ يظهران قراءتين للدوارة اللولبية و ذلك من أجل بعدين مختلفين. يلاحظ أن خطوة هذه الدوارة هي نصف مليمتر لكنها مقسمة إلى خمسين تقسيمة، مما يجعل التقسيمة الواحدة على الدائرة ١/١٠٠ أيضاً.



شكل ـ ٨ أجزاء الدوارة اللولبية



شكل ـ ٩ الدوارة اللولبية في هذه الحالة تقرأ البعد ٣,٤٦ مم



شكل – ١٠ الدوارة اللولبية في هذه الحالة تقرأ البعد ٣,٥٦ مم

مراحل العمل:

أ) **القالب الخشبي:** قس أبعاده الثلاثة: الطول، العرض، الارتفاع بالمسطرة أولاً، ثم بالقدم القنوية. قدّر الأخطاء في كل مرة، وضع النتائج في جدول مناسب، ثم استنتج أي الأدوات أنسب للقياس اعتمادا على ذلك وعلى نوعية التغيرات التي تلاحظها عند تكرار القياس في مواضع مختلفة من الجسم. احسب حجم القالب الخشبي V و احسب الارتياب فيه ΔV. اكتبه على الصورة : $V = \bar{V} \pm \bar{\Delta}V$. نظم جدولاً بنتائجك كالتالي:

	المسطرة		القدم القنوية			
	الارتياب mm	المقدار mm	الأرتياب mm	المقدار mm	تدريجات عشرية	تدريجات أساسية
الطول						
العرض						
الارتفاع						

ب) **الصفيحة المعدنية:** قس ثخن الصفيحة P بأداتين مناسبتين في مواضع متعدّدة، أعد النقاش كما في حالة القالب الخشبي و اكتب النتيجة النهائية بالشكل $P = \overline{P} \pm \overline{\Delta P}$. نظم جدولاً بنتائجك كالتالي:

المواضع	القدم القنوية				
	الارتياب mm	الانحراف E $E = \lvert \overline{P} - P_i \rvert$	ثخن الصفيحة P mm	تدريجات عشرية	تدريجات أساسية
١					
٢					
٣					
٤					
$\overline{P} =$					

المواضع	الدوارة اللولبية				
	الارتياب mm	الانحراف E $E=\left\|\overline{P}-P_i\right\|$	ثخن الصفيحة P mm	تدريجات عشرية	تدريجات أساسية
١					
٢					
٣					
٤					
$\overline{P}=$					

ت) السلك المعدني:

١- قس قطر السلك المعدني B في مواضع متعدّدة باستخدام القدم القنوية، ثمّ بيّن ما ان وجد الاختلاف بين تلك المواضع. ناقش ذلك، و اكتب النتيجة النهائية بالشكل $C=\overline{C}\pm\overline{\Delta C}$. نظم جدولاً بنتائجك كالتالي:

المواضع	القدم القنوية				
	الارتياب mm	الانحراف E $E=\left\|\overline{C}-C_i\right\|$	قطر السلك C mm	تدريجات عشرية	تدريجات أساسية
١					
٢					
٣					
٤					
$\overline{C}=$					

٢- قس قطر السلك المعدني السابق في مواضع متعدّدة باستخدام الدوارة اللولبية ثمّ بيّن ان وجد الاختلاف فعليا. ناقش ذلك، و اكتب النتيجة النهائية بالشكل $C = \overline{C} \pm \overline{\Delta C}$. نظم جدول بنتائجك كالتالي:

المواضع	الدوارة اللولبية				
	الارتياب mm	الانحراف E $E = \lvert \overline{C} - C_i \rvert$	قطر السلك C mm	تدريجات عشرية	تدريجات أساسية
١					
٢					
٣					
٤					
$\overline{C} =$					

أعد التجربة السابقة باستخدام سلك ثان قطره مختلف عن الأول، و نظم جدولاً مماثلا بنتائجك من أجل القدم القنوية، و الدوارة اللولبية.

ناقش نتائجك مبيناً أي أدوات القياس التي استخدمتها أدق.

ث) **قياس القطر الخارجي A لأسطوانة** باستخدام القدم القنوية؛ قم بقياس القطر الخارجي للأسطوانة عدة مرات، و رتب نتائجك بالجدول التالي:

المواضع	الارتياب mm	الانحراف E $E=\left\|\overline{A}-A_i\right\|$	A mm	تدريجات عشرية	تدريجات أساسية
١					
٢					
٣					
٤					
$\overline{A}=$					

ناقش نتائجك و اكتب النتيجة النهائية بالشكل $A=\overline{A}\pm\overline{\Delta}A$.

ج) **قياس القطر الداخلي B لأسطوانة** باستخدام القدم القنوية؛ قم بقياس القطر الداخلي للأسطوانة مرات عديدة، و رتب نتائجك بالجدول التالي:

	الارتياب mm	الانحراف E $E=\left\|\overline{B}-B_i\right\|$	B mm	تدريجات عشرية	تدريجات أساسية
١					
٢					
٣					
٤					
$\overline{B}=$					

ناقش نتائجك و اكتب النتيجة النهائية بالشكل $B=\overline{B}\pm\overline{\Delta}B$.

ح) **قياس عمق الأسطوانة D لأسطوانة** باستخدام القدم القنوية؛ قم بقياس عمق الأسطوانة مرات عديدة، و رتب نتائجك بالجدول التالي:

	الارتياب mm	الانحراف E $E=\left\|\bar{D}-D_i\right\|$	D mm	تدريجات عشرية	تدريجات أساسية
١					
٢					
٣					
٤					
$\bar{D}=$					

ناقش نتائجك و اكتب النتيجة النهائية بالشكل $D=\bar{D}\pm\bar{\Delta}D$.

خلاصة:

اكتب مقالة من بضعة أسطر تقوّم فيها النتائج التي حصلت عليها، و إذا ما تحقق الهدف أو الأهداف المرجوّة؟ هل لديك اقتراحات عملية للتحسين؟

****

انتهت التجربة

I- ٢ تحليل النتائج التجريبية

- الغاية من التجربة.
- التمهيد النظري.
- رسم الخطوط البيانية.
- الأجهزة و الأدوات.
- مراحل العمل و النتائج.
- خلاصة.

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

I - ٢ تحليل النتائج التجريبية
(Data analysis)

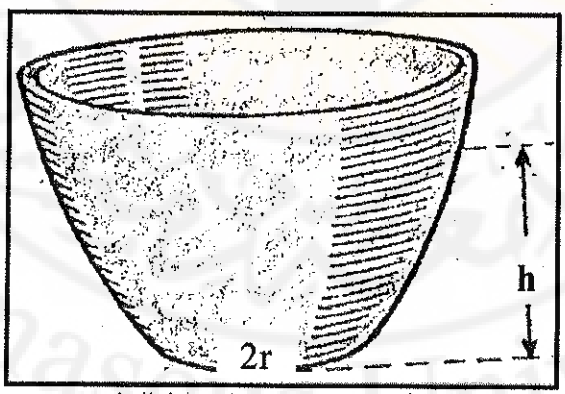
الغاية من التجربة:

التدرب على استخراج القوانين الفيزيائية من المعطيات التجريبية.

التمهيد النظري:

إن القوانين الفيزيائية هي علاقات بين مقدارين أو أكثر، تمثل رياضياً بتوابع أو دوال. و قد يكون أحد المقادير (التابع) يتبع لأكثر من متحول مستقل واحد، فتكون العلاقة أكثر تعقيداً. يتبع لاستخلاص هذه التبعية و تحديدها عادة طرائق عددية أو بيانية.

سنتعرف إلى الطريقة البيانية أولاً، و آلية هذه الطريقة، ثم الطريقة العددية الحاسوبية (المواءمة) و التي سنقوم بها في التجربة القادمة. سنأخذ كمثال مسألة تحديد تبعية زمن انفراغ حوض (تابع) t لأي فتحة قابلة للتغيير (المتحول الأول) معبرا عنه بـ r نصف قطر الفتحة، و من أجل ارتفاعات مختلفة h للماء في الحوض (المتحول الثاني). كما في الشكل (١).



الشكل (١) حوض انفراغ الماء

و كالعادة تثبت قيمة معلومة أولى لأحد المتحولين، و ليكن ارتفاع الماء h، و يقاس زمن الانفراغ من أجل قيم متزايدة لمساحة الفتحة، أي نصف قطرها r. ثم يغير ارتفاع الماء إلى قيمة معلومة ثانية و ثالثة و رابعة، و يعاد العمل لكل منها.

ندرج نواتج قياس الزمن كتابع لنصف القطر، و من أجل ارتفاعات مختلفة في الجدول التالي:

h (cm) / r (cm)	1.0	4.0	9.0	16.0	$\frac{1}{r}\ \left(cm^{-1}\right)$	$\frac{1}{r^2}\ \left(cm^{-2}\right)$
0.50	12.1	95.8	323.8	768.8	2.0	4.00
0.60	8.3	66.5	225.2	533.8	1.6	2.75
0.70	6.0	48.8	164.7	392.2	1.4	2.02
0.80	4.6	37.7	125.8	299.7	1.25	1.56
0.90	3.8	29.4	99.7	237.3	1.1	1.23
1.0	2.9	23.8	80.9	191.7	1.0	1.00

يحتوي الجدول في سطره العلوي على قيم ارتفاع الماء h في الوعاء، و في عموده الأيسر على قيم نصف قطر فتحة الحوض r. أما باقي الأعمدة فتحتوي زمن انفراغ الحوض t، مقدراً بالثواني. إذ نحصل منه على الزمن الموافق لأية قيمتين h و r واردتين في الجدول.

أما إذا لم تكن قيم أحد المتحولين h و r واردة في جدول النتائج التجريبية فلا نستطيع معرفة قيمة زمن الانفراغ من الجدول مباشرة. و لحل مثل هذه المشكلة بصورة عامة يجب معرفة العلاقة الرياضية التي تربط زمن الانفراغ t مع كل من المتحولين h و r. و هذه العلاقة بدورها يمكن أن تعطينا معلومات إضافية لحالات غير واردة في الجدول سواء بالاستقراء الداخلي أو الخارجي.

من أجل الحصول على هذه العلاقة، لابد من الحصول على علاقة كل من المتحولين h و r على حدة بزمن الانفراغ t. لهذه الغاية سوف نقوم بالتمثيل البياني لتغير التابع t بدلالة المتحول r من أجل قيم ثابتة مختارة للارتفاع h. فإذا كانت هذه الخطوط البيانية مستقيمة استخرجت العلاقة التابعية:

$$t = ar + b$$

حيث: a و b، ثوابت تحدد من الخط البياني. أو في الحالة العامة: $t = f(r)$. و إذا لم تكن الخطوط البيانية مستقيمات نقوم بردها إلى الخط المستقيم بإحدى الطرق المعروفة، بتجريب تبعيات رياضية مختلفة مثل: r^n، r^{-n}، e^{ar} .....الخ، حيث n عدد صحيح أو كسري. ففي الحالتين الأولى و الثانية يتم باستخدام الورق اللغاريتمي، أما الحالة الثالثة باستخدام الورق نصف اللغاريتمي. أي إذا كتبنا العلاقة الرياضية بالشكل: $y = x^n$ بأخذ لغاريتم طرفي العلاقة تصبح : $\ln y = n \ln x$ أو $Y = nX$. أما الحالة الثانية : $y = e^{ax}$ تصبح بعد أخذ لغاريتم طرفي العلاقة: $\ln y = ax$ أو بالشكل: $Y = ax$.

نقوم كذلك برسم الخط البياني لتحولات الزمن t بدلالة الارتفاع h، من أجل قيم مختارة لنصف قطر الفتحة r. و ذلك بغية الوصول إلى العلاقة الخطية بين t و h، أي: $t = f(h)$. و من ثم تركيب العلاقتين مع بعضهما للوصول إلى العلاقة الشاملة بين التابع و المتحولات أي:

$$t = f(r,h)$$

رسم الخطوط البيانية:

يتطلب تحقيق أعظم الفائدة من الخطوط البيانية بذل جهود جمة لدى رسمها. ويمكن أن يكون شكل المنحني البياني المرسوم غير منتظم أو أن يكون انسيابياً. ويجب أن يكون المنحني البياني المرسوم انسيابيا بحيث يمر بمعظم النقاط

التجريبية أو يجاورها (هذا فيما عدا حالة منحنيات المعايرة وهي قليلة في عملنا المخبري). ويجب أن يستبعد هذا الرسم النقاط البعيدة وضوحاً عن مجراه الانسيابي.

نذكر فيما يلي قواعد يستحسن أن يلتزم بها الطالب لدى رسمه للخطوط البيانية:

١- في حالة تمثيل النتائج على الورق الميلمتري، يخصص المحور الأفقي (محور الفواصل أو السينات) للمتحول x، والمحور العمودي عليه (محور التراتيب أو العينات) للتابع y. وينبغي أن يذكر على كل من المحورين اسم المقدار الفيزيائي الذي يمثل عليه أو رمزه، كما تذكر واحدة قياسه بين قوسين.

٢- يقسم كل محور إلى واحدات رئيسة وجزئية تناسب تمثيل القيم العددية المعطاة في الجدول من أصغرها إلى أكبرها. وليس من الضروري أن يكون طول التقسيمة الواحدة على المحور الأفقي مساوياً طول التقسيمة على المحور الشاقولي، ولا أن يبدأ تدريج أي منهما بالصفر، وذلك كي يشغل المنحني أكبر مساحة من ورقة الرسم.

٣- استخدم تدريجات أساسية على المحورين بحيث تسهل تجزئة المسافات بينهما إلى قسمين أو خمسة أقسام أو عشرة، ولا تلجأ إلى تجزئتها إلى ثلاثة أقسام أو سبعة أو تسعة. إن التقسيم الأول يساعد على قراءة القيم من الخط البياني دون أية صعوبة

٤- إذا كانت القيم التي تمثلها على أحد المحورين أو على كليهما صغيرة للغاية أو كبيرة للغاية، فاستخدم عاملاً للضرب من قوى العشرة مثل: 10^{-3} أو

10^5 ولا تستخدم أعداداً فيها أكثر من رقمين معنويين لتمثيل التدريجات الرئيسة على المحورين. ويكتب عامل الضرب عند طرف المحور باتجاه التزايد.

٥- إذا ظهر أن النقاط التجريبية تتوزع على استقامة واحدة، فيسهل رسم مستقيم مار منها، وذلك لأن التعرف إلى استقامة الخط البياني أمر ممكن. من أهم مزايا الخط البياني المستقيم سهولة استنباط العلاقات منه؛ وذلك بملاحظة ميله، ونقطتي تقاطعه مع المحورين. ونشير إلى أنه عند حساب ميل الخط البياني، يجب التمييز بوضوح بين ما يسمى بالميل الهندسي، وما يسمى بالميل الفيزيائي.

أ- الميل الفيزيائي:

وهو يمثل في حالة الخط المستقيم نسبة تغير التابع Δy إلى تغير المتحول Δx مقيسين بالواحدات المستخدمة لكل منهما على محوره أي:

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

ويحسب عند التمثيل على الورق الميليمتري.

ب- الميل الهندسي:

وهو يساوي في حالة الخط المستقيم $tg\varphi$ حيث φ هي الزاوية بين الخط المستقيم ومحور الفواصل. فهو إذن مقدار لا واحدة له؛ لأنه نسبة طولين جبريين ويختلف هذا الميل بالطبع باختلاف التقسيمات التي نتخذها على المحورين. وهذا الميل يحسب عند استخدام الورق اللغريتمي.

الأجهزة و الأدوات:

أوراق ميليمترية – أوراق لغاريتمية ذات ثلاثة أدوار وفق محور العينات – مسطرة – مسطرة منحنية.

مراحل العمل و النتائج:

ملاحظة هامة: إن مراحل العمل في هذه التجربة ستعاد نفسها في التجربة القادمة، و ذلك بمساعدة الحاسب؛ لذلك يجب عليك الاحتفاظ بنتائجك لتقارنها مع النتائج التي ستحصل عليها في التجربة القادمة.

١ – ارسم على ورقة ميليمترية الخط البياني لتحولات t (المحور الشاقولي) بدلالة r (المحور الأفقي) من أجل قيمة محددة و ثابتة للارتفاع h و لتكن $4.0\,cm$. مستخدماً تدريجات مناسبة على كل من المحورين بحيث تغطي كامل مساحة الورقة تقريباً، و تسهل قراءة القيم الصحيحة و الكسرية، و تسهل إجراء عملية الاستقراء الداخلي و الخارجي (ليس بالضرورة أن تكون سعة تدريجات المحورين متماثلة). عند تمثيل النقطة البيانية على المنحني راعي مقدار الارتياب في إحداثيات النقطة أي: $t \pm \Delta t$، $r \pm \Delta r$ فنحصل على ما يسمى مستطيل الارتياب الذي يكون محيطاً بكل نقطة تجريبية. قم بوصل النقاط التي حصلت عليها بواسطة المسطرة المرنة إن أمكن بحيث يمر من أكبر عدد من النقاط بشكل انسيابي (ليس من الضروري أن يمر الخط البياني من النقطة تماما بل يمكن أن يمر الخط من أي مكان من مستطيل الارتياب). ماذا تلاحظ؟ و ماذا تستنتج؟

٢ ــ قم بإجراء عملية الاستقراء الداخلي على المنحني السابق للحصول على زمن تفريغ الوعاء، و ذلك من أجل قيمة لنصف قطر الفتحة غير واردة في الجدول المعطى في التجربة. و لتكن مثلاً $r = 0.65\ cm$. و يتم ذلك برفع عمود من القيمة المعطاة لنصف القطر (محور السينات) حتى يتقاطع مع المنحني، ثم إسقاط عمود من نقطة التقاطع على محور الزمن (محور العينات) و استنتاج قيمة الزمن الموافق. كرر العملية السابقة من أجل الاستقراء الخارجي. أي قيمة نصف القطر تقع خارج القيم المعطاة في الجدول. و لتكن $r = 1.20\ cm$ مع بقاء قيمة h، ثابتة.

٣ ــ نجد من المنحني المرسوم في البند ١ أن العلاقة بين t و r ليست خطية. لذلك يجب البحث عن هذه العلاقة. لكن بمحاكمة بسيطة للقيم الموجودة في الجدول نلاحظ أن العلاقة عكسية بين t و r. فهل هي من الدرجة الأولى، الثانية، الثالثة،....الخ. إن r هي نصف قطر الفتحة، فهل تمثل مساحة الفتحة؟ استنتج إذن العلاقة بين t و r، و قم برسم على ورقة ميليمترية الخط البياني لهذه العلاقة، و ذلك من أجل القيمة المختارة للارتفاع h. ماذا تستنتج؟ ناقش.

٤ ـ ارسم على ورقة ميليمترية الخط البياني لتحولات t (المحور الشاقولي) بدلالة h (المحور الأفقي) من أجل قيمة محددة و ثابتة لنصف القطر r و لتكن $1.00\ cm$. ماذا تلاحظ؟ و ماذا تستنتج؟ و هل العلاقة خطية؟

٥ ــ يمكن أن تكون علاقة t و h بالشكل $t = h^n$، حيث n عدد صحيح أو كسري موجب أو سالب. و كما أشرنا أعلاه نستطيع رد هذه العلاقة إلى علاقة خطية بسيطة و تحديد ثوابتها باستخدام اللوغاريتم ثم رسم قيم لغاريتم المقدارين على ورقة ميليمترية. أو برسم تحولات t بدلالة h على ورقة لغاريتمية مباشرة (حاول أن تتعرف على هذا النوع من الورق و طريقة استخدامه). ماذا تلاحظ؟ استنتج قيمة n من المنحني (الميل الهندسي).

٦ – من البندين ٣ و ٥ نجد علاقة الزمن t بكل من r و h على حدة. و كما هو معروف في الرياضيات أنه عندما يتناسب مقدار مع مقدارين فهو يتناسب مع جدائهما. أوجد هذه العلاقة، و قم بتحديد الثوابت فيها، و اكتبها على شكل قانون فيزيائي.

٧ – جرب رسم خطوط بيانية أخرى من أجل قيم مختلفة لكل من r و h، و تحقق من صحة ما توصلت إليه في البند ٦.

ملاحظة: نستطيع اختصار المراحل السابقة كلها، و إيجاد العلاقة المطلوبة مباشرة باستخدام الحاسوب عن طريق استخدام برامج جاهزة مشهورة مثل: EXELE، ORIGIN، EASYPLOT، MATLAB، .... إلخ؛ هذا ما سنقوم به في التجربة القادمة.

خلاصة:

اكتب مقالة من بضعة أسطر تقوّم فيها النتائج التي حصلت عليها، و إذا ما تحقق الهدف أو الأهداف المرجوّة؟ هل لديك اقتراحات عملية للتحسين؟

****

انتهت التجربة

I- ٢ - استعمال الحاسوب في مواءمة النتائج

- الغاية من التجربة.
- التمهيد النظري.

آلية عمل الحاسب و كيفية الإفادة منه فيزيائياً.

- الإجراءات التجريبية.

١. تشغيل و إغلاق الحاسب.

٢. كيفية تشغيل و استخدام برنامج Cassy – Lab

٣. كيفية تشغيل و استخدام برنامج Measure

٤. كيفية تشغيل و استخدام برنامج Origin.

- الأجهزة و الأدوات.
- مراحل العمل و النتائج.
- خلاصة.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

I- ٢ - استعمال الحاسوب في مواءمة النتائج

(Curve Fitting Using a Computer)

الغاية من التجربة:

أ- التدرب على استخدام الحاسوب في القياسات التجريبية؛ يتجلى هذا في إعطاء أوامر للأجهزة و تلقي نتائج القياس منها.

ب- التدرب على استخدام الحاسوب في تحليل النتائج التجريبية؛ يشتمل هذا على استخدام الحاسوب فيما يلي:

١- رسم الخط البياني لمقدار فيزيائي بدلالة مقدار فيزيائي آخر، يؤخذ مثالاً عن ذلك زمن انفراغ الوعاء الوارد في التجربة السابقة.

٢- مواءمة المنحنيات البيانية للحصول على أفضل علاقة تجريبية تربط بين المقادير الفيزيائية، و استخلاص بعض الثوابت الفيزيائية منها.

التمهيد النظري:

من المعتاد عند إجراء تجربة فيزيائية ما (مثلاً قياس المقاومة الكهربائية) أن نقوم باليد بتغيير فرق الكمون V المطبق بين طرفي المقاومة، و من ثم نقرأ التيار I المار في الدارة الكهربائية لنحسب منهما المقاومة الكهربائية باستخدام قانون أوم $R = V / I$. و من ثم نقوم برسم على ورقة مليمترية تغيرات فرق الكمون بدلالة شدة التيار المار بالمقاومة و الذي يمكننا أيضاً من إيجاد المقاومة الكهربائية من الميل الفيزيائي.

إن تطور الحاسب سواء كانت البرمجيات أو الأجهزة سهلت كثيرا على الفيزيائيين إجراء التجارب؛ حيث يمكن ان يقوم جهاز الحاسب باعطاء أوامر للأجهزة. مثلاً: يخاطب جهاز التغذية ليأمره بتطبيق فرق كمون معين بين طرفي المقاومة، و من بعدها يأمر مقياس الأمبير في الدارة لتزويده بقيمة التيار في الدارة ليقوم من بعدها حساب المقاومة الكهربائية (زمن إجراء هذا القياس هو جزء من الثانية أو بضع ثوان). و هكذا يتابع الحاسب إعطاء أوامره للأجهزة لإجراء قياسات أخرى بشروط أخرى، و يجمع من بعدها النتائج الموافقة حتى انتهاء التجربة. عند الانتهاء من التجربة يقوم الحاسب بتخزين نتائج هذه القياسات في ملف لنقوم من بعدها بمعالجتها، و تحليلها.

بخلاف إجراء التجربة يدوياً، فالحاسب يمكنه أيضاً أخذ عدد كبير من القياسات في زمن قصير جداً؛ فمثلاً هناك بعض التجارب تتطلب أخذ نتائج القياس بسرعة، و ذلك لأن المقادير الفيزيائية المقاسة تتغير بسرعة حيث من المستحيل التقاط قيمها بالعين المجردة بسهولة، و لكن الحاسب يقوم بسهولة بتسجيل هذه المقادير.

من الطبيعي أنك قد لاتشعر بالأهمية القصوى لمساعدة الحاسب في القياسات التجريبية، و تحليل النتائج التجريبية و خاصة إذا كنت ستأخذ ثلاثة أو أربعة قياسات، و لكن ستشكر كثيراً صانع هذا الحاسب إذا كنت ستأخذ مثلاً ٥٠٠ قياس أو أكثر، و سوف تشعر أن الحاسب مفيد جداً من حيث توفير الجهد، و الزمن، و الدقة العالية.

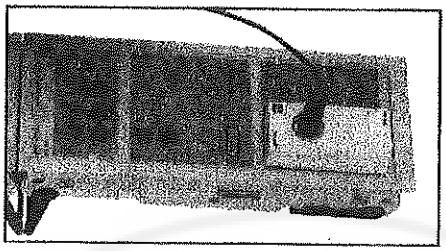
لقد قمنا في التجربة السابقة (تحليل النتائج التجريبية) بالتدرب يدوياً على رسم الخطوط البيانية لمقدار فيزيائي بدلالة مقدار فيزيائي آخر. كما لاحظتم أن الرسم اليدوي على ورقة مليمترية على الرغم من أننا لم نأخذ سوى بضع نقاط يحتاج إلى الجهد، و التركيز و هناك إمكانية كبيرة للوقوع في الخطأ؛ كذلك حساب الميل الفيزيائي أو الميل الهندسي يدويا يحتاج لبعض الجهد. سنرى في هذه التجربة كيف يمكن استخلاص النتائج نفسها في مدة زمنية قصيرة جداً، و بدقة عالية.

كما يمكننا الحاسب أيضاً من تمثيل ثلاثة مقادير فيزيائية بدلالة بعضها البعض بيانياً (سطح ثلاثي الأبعاد x, y, z) و لكننا لن نعالج ذلك في هذا المقرر، و سنكتفي بمعالجة المنحنيات البيانية ببعدين y بدلالة x فقط.

آلية عمل الحاسب و كيفية الإفادة منه فيزيائياً:

عند التعامل مع الحاسب يجب أن نضع في ذهننا الحقائق التالية:

أ) تكوين جهاز الحاسب من القرص الصلب الذي يستخدم لتخزين الملفات، و تنصيب البرامج عليه؛ لوحة رئيسة تثبت عليها الذواكر حيث تقدر بالميغا بايت، و المعالج حيث تقدر سرعته بالميغا هرتز؛ بالإضافة إلى شاشة عرض. و عند استخدام الحاسب في القياسات التجريبية نحتاج إلى وصلة بينية (Interface device) تثبت أيضا على اللوحة الرئيسة للحاسب لتؤمن الاتصال بين الحاسب و أجهزة القياس و التي تحتاج في الوقت نفسه الى وصلة بينية (Interface device) تثبت داخل الجهاز أو خارجه. يظهر الشكل التالي نموذج كاسي (Sensor-CASSY) الذي هو عبارة عن حساس مع وصلة بينية خارجية (Interface device) لبعض الأجهزة.



الشكل ١ حساس كاسي (Sensor-CASSY) أو وصلة بينية خارجية (Interface device) للأجهزة

ب) لا يستطيع جهاز الحاسب القيام بأي عمل دون وجود برامج منصبة عليه، و هذه البرامج لا تعمل دون وجود نظام ويندوز (Windows) يحمّل و يشغل هذه البرامج. فنظام الويندوز هو صلة الوصل بين المشغل و البرامج المحملة عليها.

و حتى يقوم الحاسب بالاتصال مع الأجهزة لإعطائها أوامر و تلقي منها نتائج القياس يجب أن يضاف إليه ما يلي: أولاً: لوحة تثبت على اللوحة الرئيسة المذكورة سابقاً؛ أي وصلة بينية (Interface device) مثل لوحة حساس (Sensor-CASSY) أو (Cobra interface). ثانياً: برنامج يشتمل على الأوامر، و التعليمات لمخاطبة الأجهزة، و حفظ نتائج القياس بالطريقة المرغوبة؛ حيث إن بعض هذه البرامج تحتوي أوامر أخرى تمكننا من معالجة النتائج التجريبية أيضاً مثال على ذلك برامج جاهزة مثل: Cassy–lab أو برنامج Measure المرافقان لبعض التجارب في المخبر، و بعضها الآخر لا يحتويها، بالتالي نحتاج إلى برامج أخرى لمعالجة النتائج التجريبية. فيما يلي أمثلة لبعض البرامج المستخدمة في تحليل النتائج التجريبية و هي برنامج Origin أو برنامج Excel أو برنامج Matlab أو برنامج EasyPlot أو برنامج Mathcad ....الخ.

ملاحظة ١: لا تقلق كثيراً في المستقبل، و نتيجة للتطور الهائل في علم البرمجيات، إذا وجدت برامج أخرى بأسماء مختلفة لم تذكر آنفاً، فلا تتردد في استخدام البرنامج الذي تراه أفضل و أحدث.

ملاحظة٢: بالنسبة للبرامج المخصصة لمخاطبة أجهزة القياس يمكن أن تأتي جاهزة كبرنامج
Cassy – lab أو برنامج Measure أو يمكن للباحث أن يكتبها بنفسه باستخدام إحدى لغات البرمجة مثل GW-Basic أو C++ أو Visual Basic أو .....الخ

في هذه التجربة سوف نستخدم في هذه التجربة برامج جاهزة كبرنامج Cassy– lab و برنامج Measure و برنامج الـ Origin. سوف تستخدم هذه البرامج في مخاطبة الأجهزة القياس، و في تحليل النتائج التجريبية.

الإجراءات التجريبية:

تحذير: عند استخدام الحاسب يحظر عليك تنصيب أو حذف أي برنامج أو ملف تحت طائلة المسؤولية.

١- تشغيل و إغلاق الحاسب:

ملاحظة ٣ :عندما نقول انقر هنا معنى ذلك ضع مؤشر الفأرة على المكان ثم اضغط على الجهة اليسارية للفأرة.

لتشغيل و إغلاق الحاسب اتبع الخطوات التالية:

١- تأكد من أن الحاسب موصول إلى تيار المدينة، تأكد من وصلة الحاسب إلى أجهزة القياس، بعدها اضغط على مفتاح التشغيل.

٢- انتظر حتى انتهاء إقلاع نظام الويندوز

٣- لتشغيل البرنامج المطلوب انقر على المفتاح اليساري للفأرة على أيقونة ابدأ (أو Start) و ابحث عن البرنامج المطلوب تحت قائمة البرامج، و ضع مؤشر الفأرة عليه، ثم انقر على المفتاح اليساري للفأرة. (أحياناً قد تجد أيقونة للبرنامج على سطح المكتب عندها ضع مؤشر الفأرة عليه و انقر المفتاح اليساري للفأرة مرتين متتاليتين).

٤- لإغلاق الحاسب أولاً أغلق جميع البرامج، و من ثمّ انقر بواسطة المفتاح اليساري للفأرة على أيقونة ابدأ (أو Start)، ثم ضع مؤشر الفأرة على "إيقاف التشغيل" أو "Switch off Computer " و انقر على المفتاح اليساري للفأرة.

٢- كيفية تشغيل و استخدام برنامج Cassy – Lab:

برنامج Cassy – Lab هو برنامج جاهز مكتوب من قبل شركة LEYBOLD Didactic GmbH التي زودتنا بتجهزات التجارب المرافقة. هذا البرنامج يحتوي على أوامر لمخاطبة الأجهزة الموصولة بالحاسب، و كذلك تحتوي على أوامر لمعالجة النتائج التجريبية.

استخدام برنامج Cassy – Lab لمخاطبة الأجهزة:

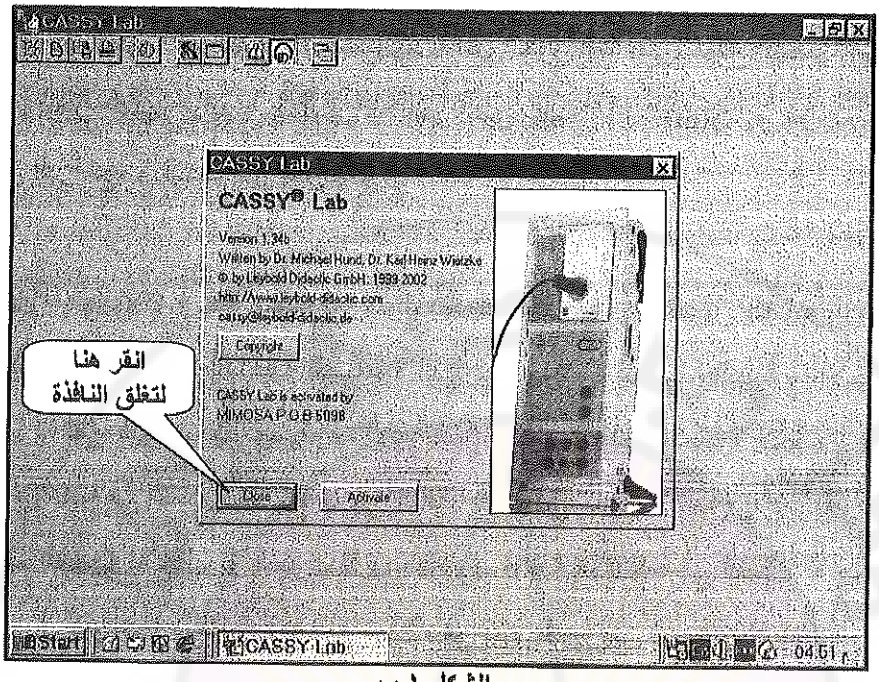
لاستخدام هذا البرنامج لإعطاء أوامر للأجهزة، و أخذ نتائج القياس منها اتبع ما يلي:

ابحث عن ايقونة البرنامج Cassy–Lab التي تكون إما على سطح المكتب (شكل ١ أ) لتنقر عليها مرتين متتاليتين أو انقر على "ابدأ" أو "Start" و من ثم انقر على البرامج، و ابحث عن البرنامج

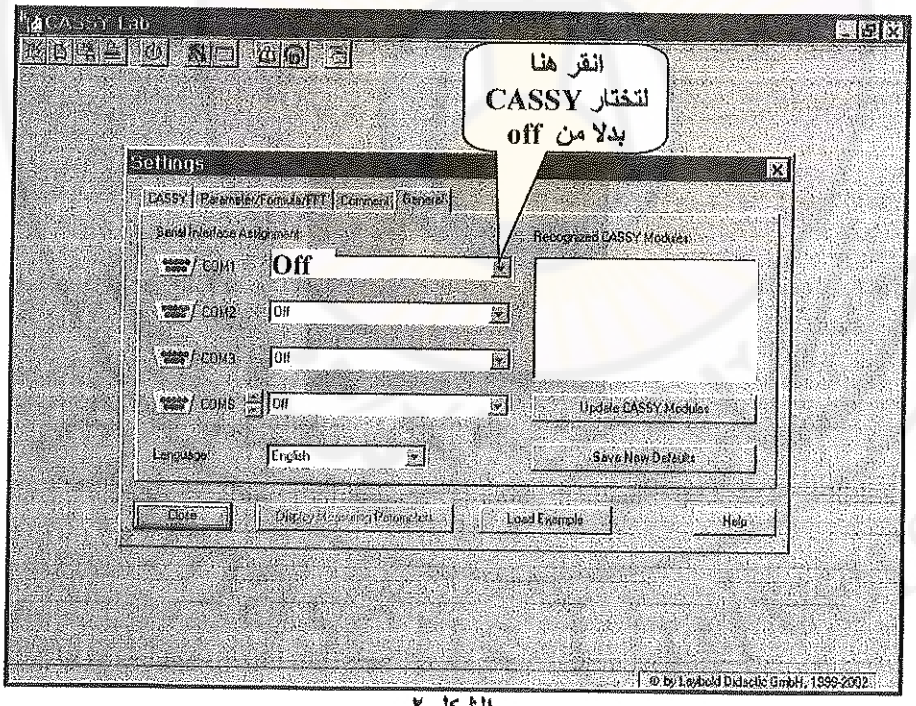
Cassy – Lab و انقر عليه لمرة واحدة؛ فتحصل على النافذتين الظاهرتين في الشكل ١ ب (النافذة الداخلية الصغيرة التي فيها صورة للوصلة البينية و الأخرى الكبيرة التي فيها شريط المهام و الأيقونات) أغلق النافذة الصغيرة لتحصل على نافذتين كما في الشكل ٢، عندها في النافذة الوسطى مقابل COM١ اضغط على السهم الموجه للأسفل، و اختر بدلاً من Off بـ CASSY كما في الشكل ٣ ليؤمن الاتصال مع أجهزة الاتصال؛ نتبع ،مثلاً، في تجربة جريان الهواء الأشكال ٤ و ٥ و ٦ و ٧ للحصول على نتائج القياس، و الرسم البياني لهذه النتائج. و قد تختلف الإجراءات في تجربة أخرى، لكن النوافذ تقودك عادة إلى ما تريده من التجربة.



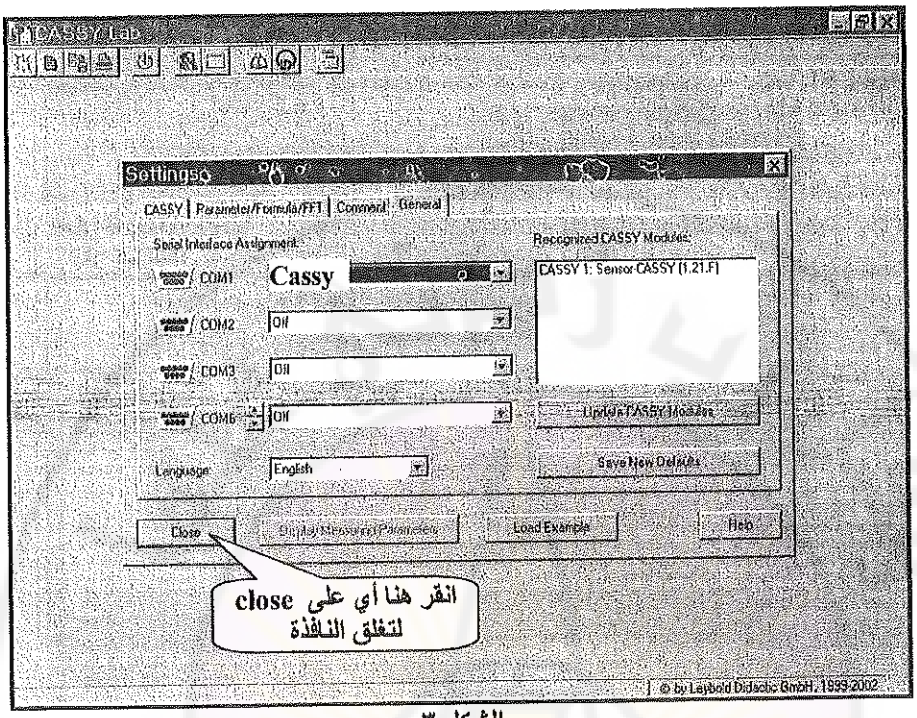
شكل ١ أ



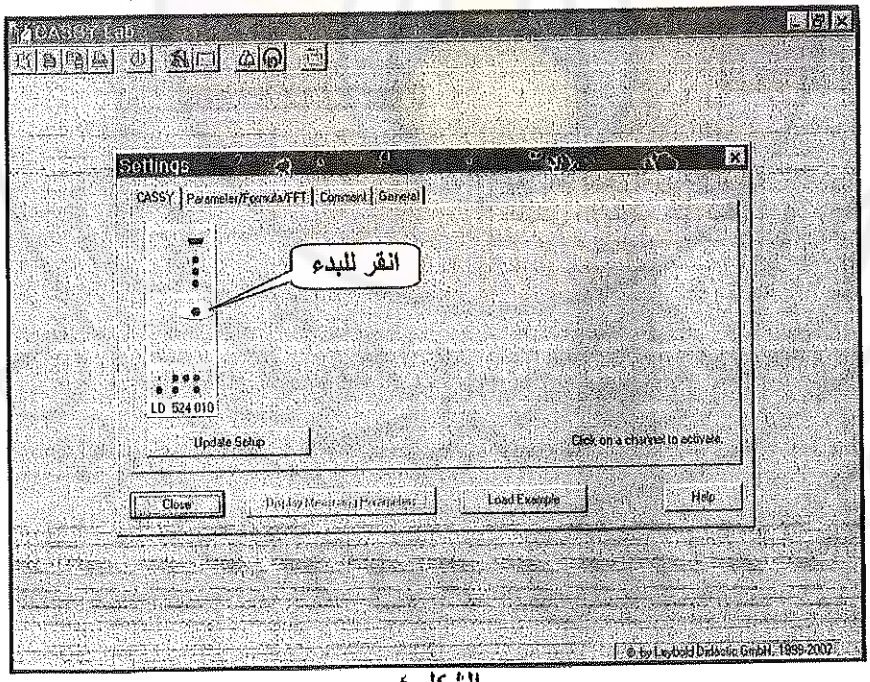
الشكل ١ ب



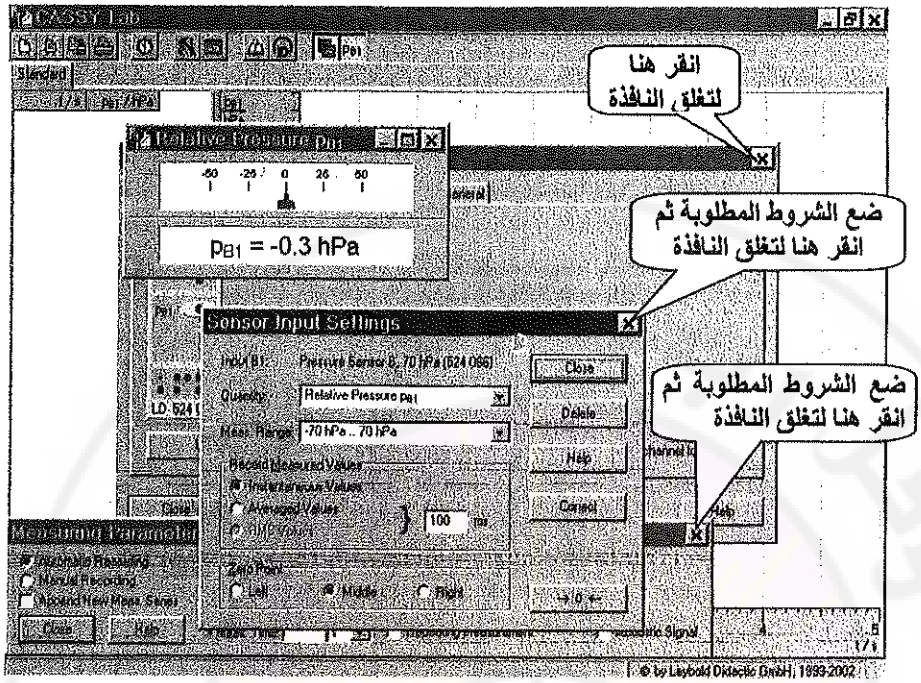
الشكل ٢



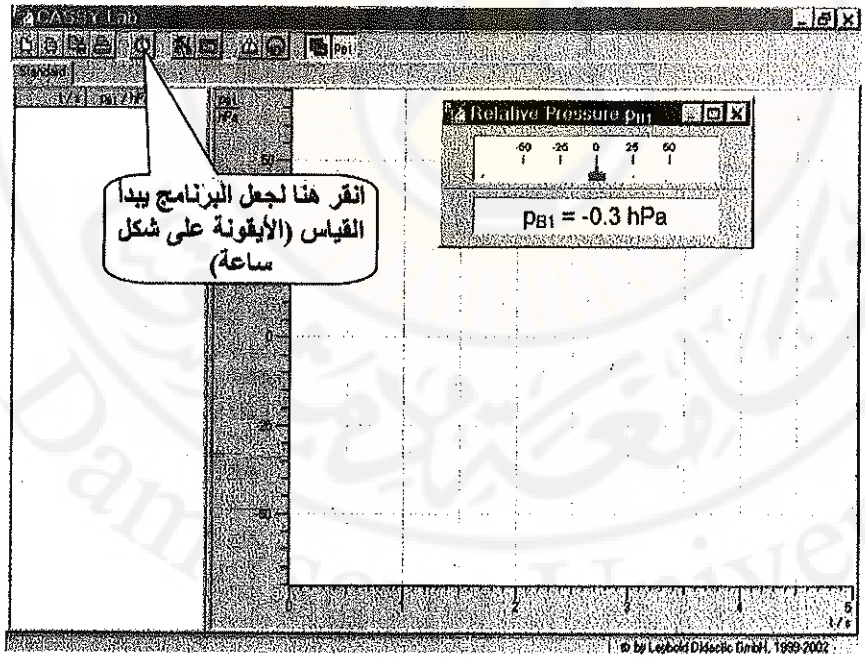
الشكل ٣



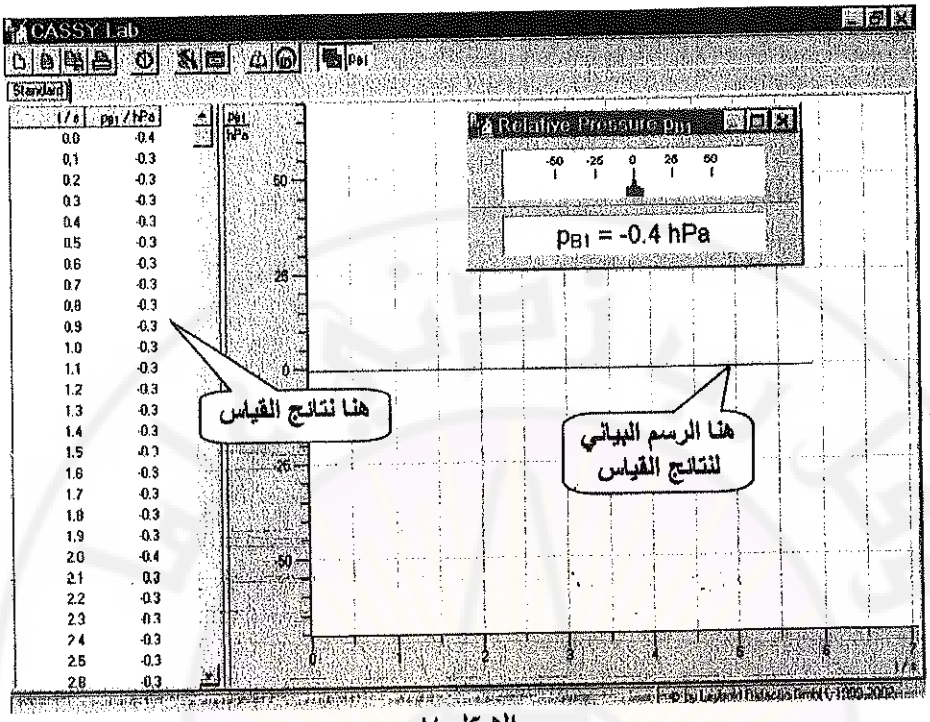
الشكل ٤



الشكل ٥



الشكل ٦


CASSY Lab
Standard
t / s
pB1 / hPa
0,0 -0,4
0,1 -0,3
0,2 -0,3
0,3 -0,3
0,4 -0,3
0,5 -0,3
0,6 -0,3
0,7 -0,3
0,8 -0,3
0,9 -0,3
1,0 -0,3
1,1 -0,3
1,2 -0,3
1,3 -0,3
1,4 -0,3
1,5 -0,3
1,6 -0,3
1,7 -0,3
1,8 -0,3
1,9 -0,3
2,0 -0,4
2,1 -0,3
2,2 -0,3
2,3 -0,3
2,4 -0,3
2,5 -0,3
2,6 -0,3
pB1 / hPa
Relative Pressure pB1
-50 -25 0 25 50
pB1 = -0.4 hPa
هنا نتائج القياس
هنا الرسم البياني لنتائج القياس
t / s

الشكل ٧

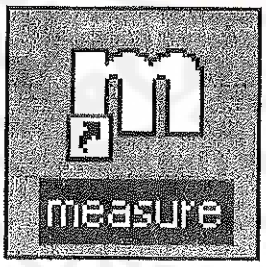
٣- كيفية تشغيل و استخدام برنامج Measure:

برنامج Measure هو برنامج جاهز مكتوب من قبل شركة PHYWE Systeme GMBH التي صنعت بعض تجهيزات تجارب أخرى. يحتوي هذا البرنامج أيضا على أوامر لمخاطبة الأجهزة الموصولة بالحاسب، و التي صنعتها الشركة، وقد لا يفيد لأجهزة أخرى، و كذلك يحتوي على أوامر لمعالجة النتائج التجريبية.

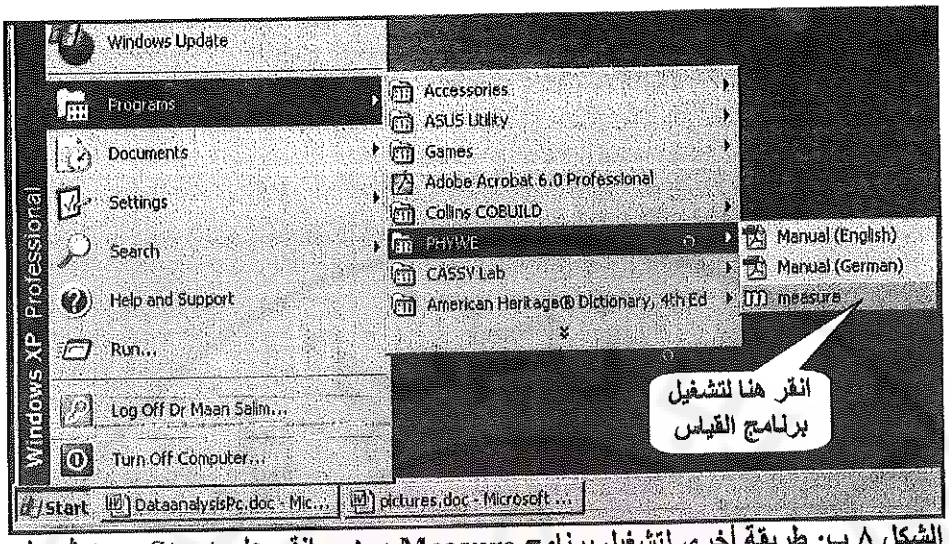
I- استخدام برنامج measure لمخاطبة الأجهزة: لاستخدام هذا البرنامج لإعطاء أوامر للأجهزة و أخذ منها نتائج القياس اتبع ما يلي:

خطوة أ:

لتشغيل برنامج القياس measure ابحث عن أيقونة البرنامج Measure (الشكل ٨ أ) التي تكون إما على سطح شاشة الحاسب لتـ ـ عليه مرتين متتاليتين أو انقر على "ابدأ" أو "Start" و من ثم انقر على البرامج و ابحث عن البرنامج Measure، و انقر عليه لمرة واحدة (الشكل -ب٨)؛ فتحصل على النافذة في الشكل ٩. و ذلك في تجربة الحركة المنتظمة على سبيل المثال:

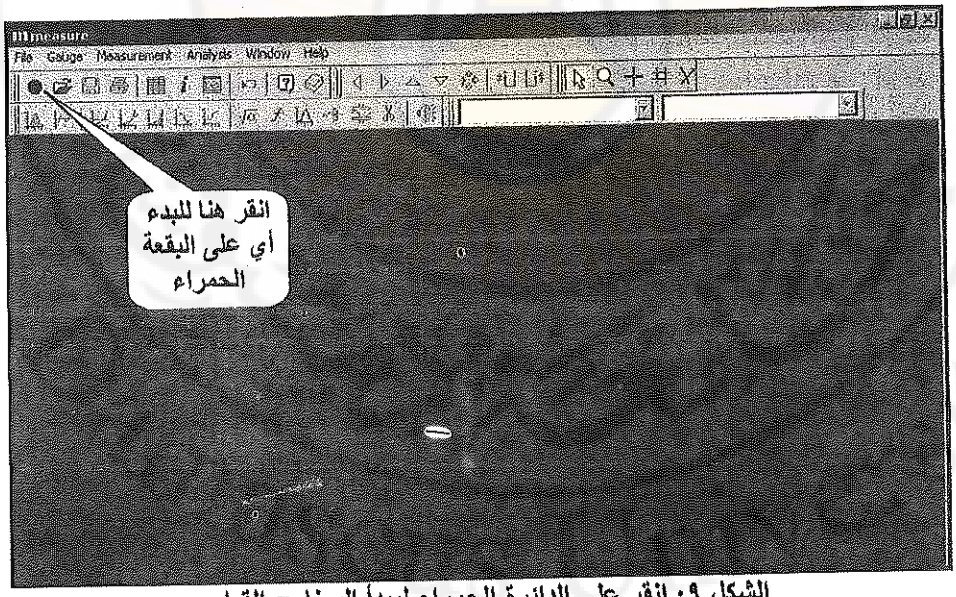


الشكل ٨ أ: هذه الأيقونة تكون متوضعة على سطح شاشة الحاسب انقر عليها مرتين متتاليتين لتشغيل برنامج Measure و بالتالي لتحصل على النافذة في الشكل ٩.



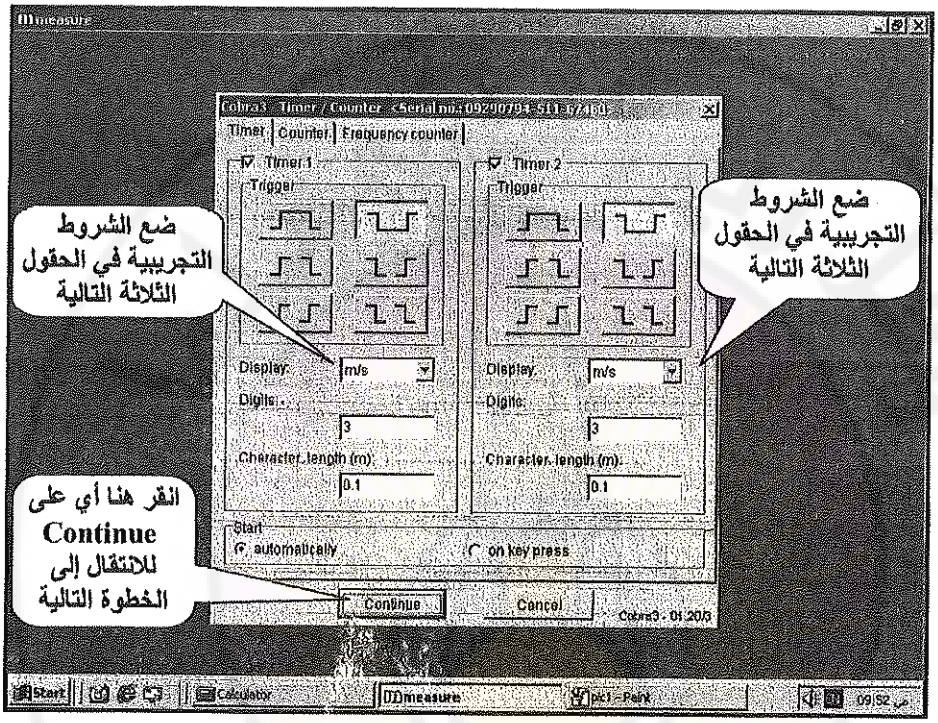
الشكل ٨ ب: طريقة أخرى لتشغيل برنامج Measure و هي: انقر على Start و من ثم على Programs و من ثم على PHYWE و أخيراً انقر على measure لتحصل على النافذة في الشكل ٩.

خطوة ب: كما هو مبين في الشكل ٩ اتبع التعليمات لتبدأ القياس لتحصل من بعده على الشكل ١٠.



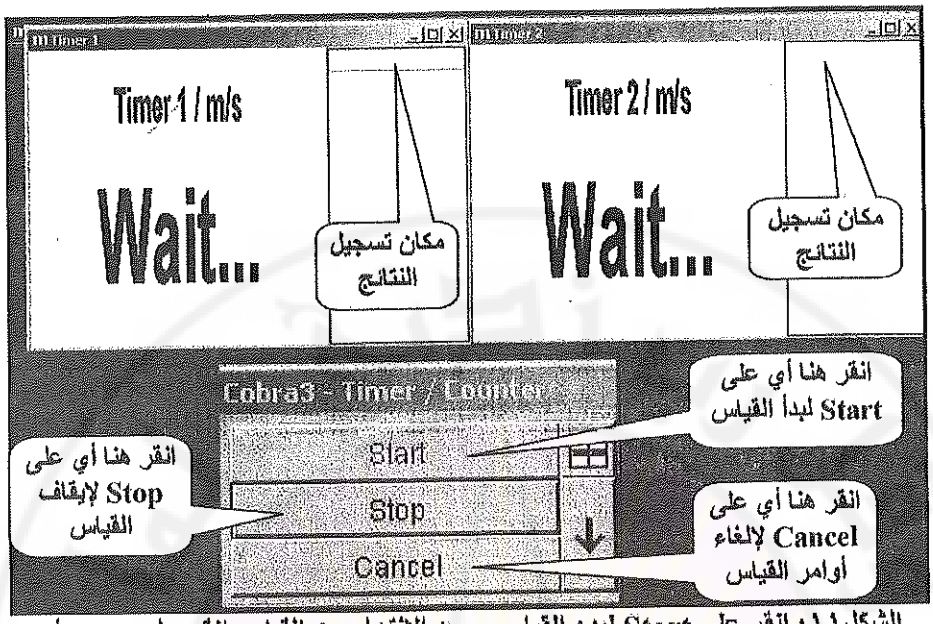
الشكل ٩: انقر على الدائرة الحمراء ليبدأ البرنامج القياس

خطوة ج: ضع الشروط التجريبية كما هو مشار إليه في الشكل ١٠ لتحصل من بعدها على الشكل ١١.

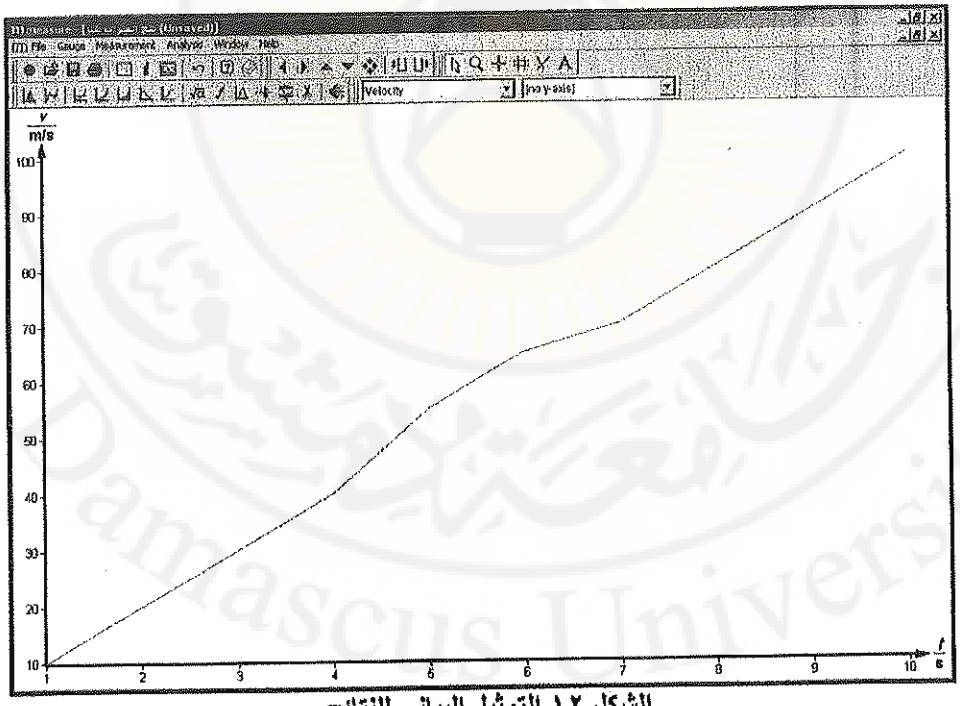


الشكل ١٠: يقصد هنا بالشروط التجريبية هي: (أ) المقصود بـ Display هو تحديد المقدار الفيزيائي المراد قياسه، و إظهاره على الشاشة فمثلاً: إذا أردنا قياس السرعة يجب اختيار m/s و إذا أردنا قياس الزمن يجب اختيار s و هكذا ... الخ. (ب) المقصود بـ Digits هو تحديد كم رقم بعد الفاصلة ترغب أن يسجل لك الحاسب نتائجك. (ج) المقصود بـ Character. Length (m) هي تحديد المسافة التي سيقطعها المتحرك. كما تلاحظ من الشكل يمكنك قياس مقدارين في الوقت نفسه؛ Timer ١ تشير الى اعدادات القياس للمقدار الأول و Timer ٢ تشير إلى إعدادات القياس للمقدار الثاني. أخيراً بالنقر على ايقونة Continue ننتقل إلى الخطوة التالية.

خطوة د: كما هو مبين في الشكل١١ انقر على Start لبدأ القياس و بعد الانتهاء من القياس انقر على Stop أو Cancel لتحصل على الشكل التالي (الشكل ١٢) الذي يمثل الرسم البياني للنتائج.

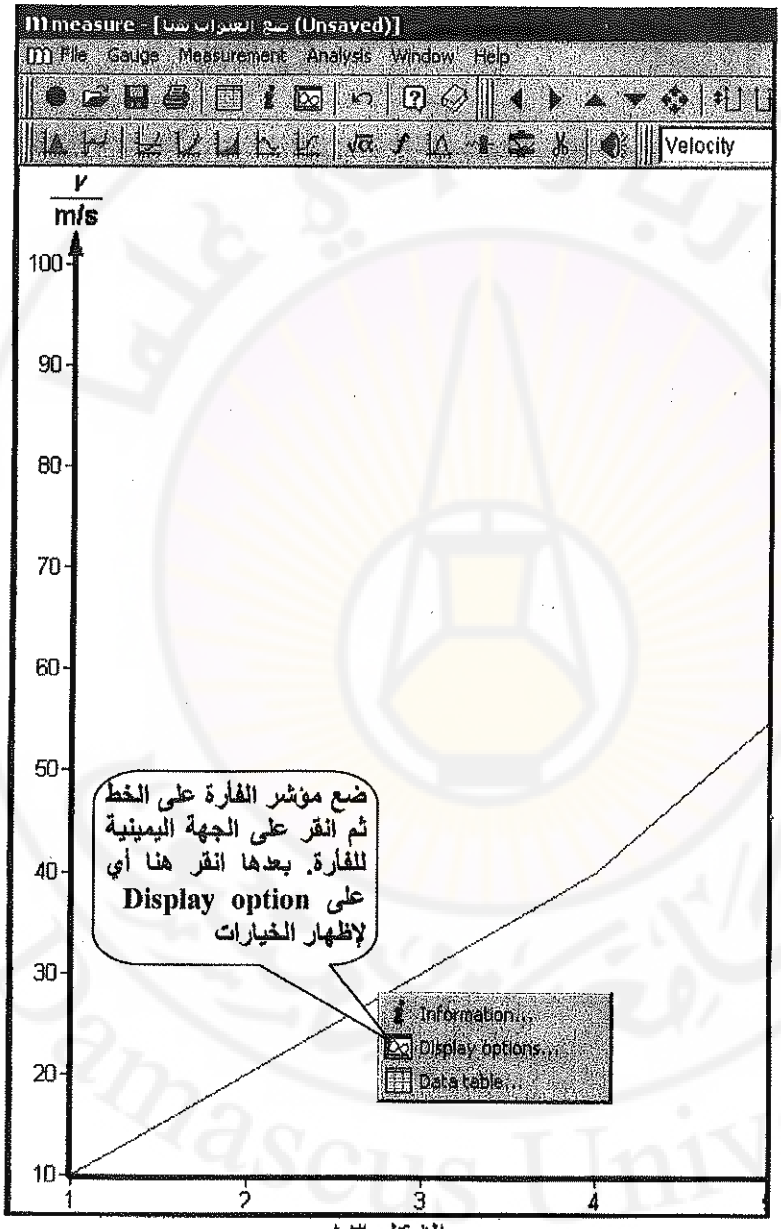


الشكل١١: انقر على Start لبدء القياس و بعد الانتهاء من القياس انقر على Stop أو Cancel لتحصل على الشكل التالي (الشكل ١٢) الذي يمثل الرسم البياني للنتائج

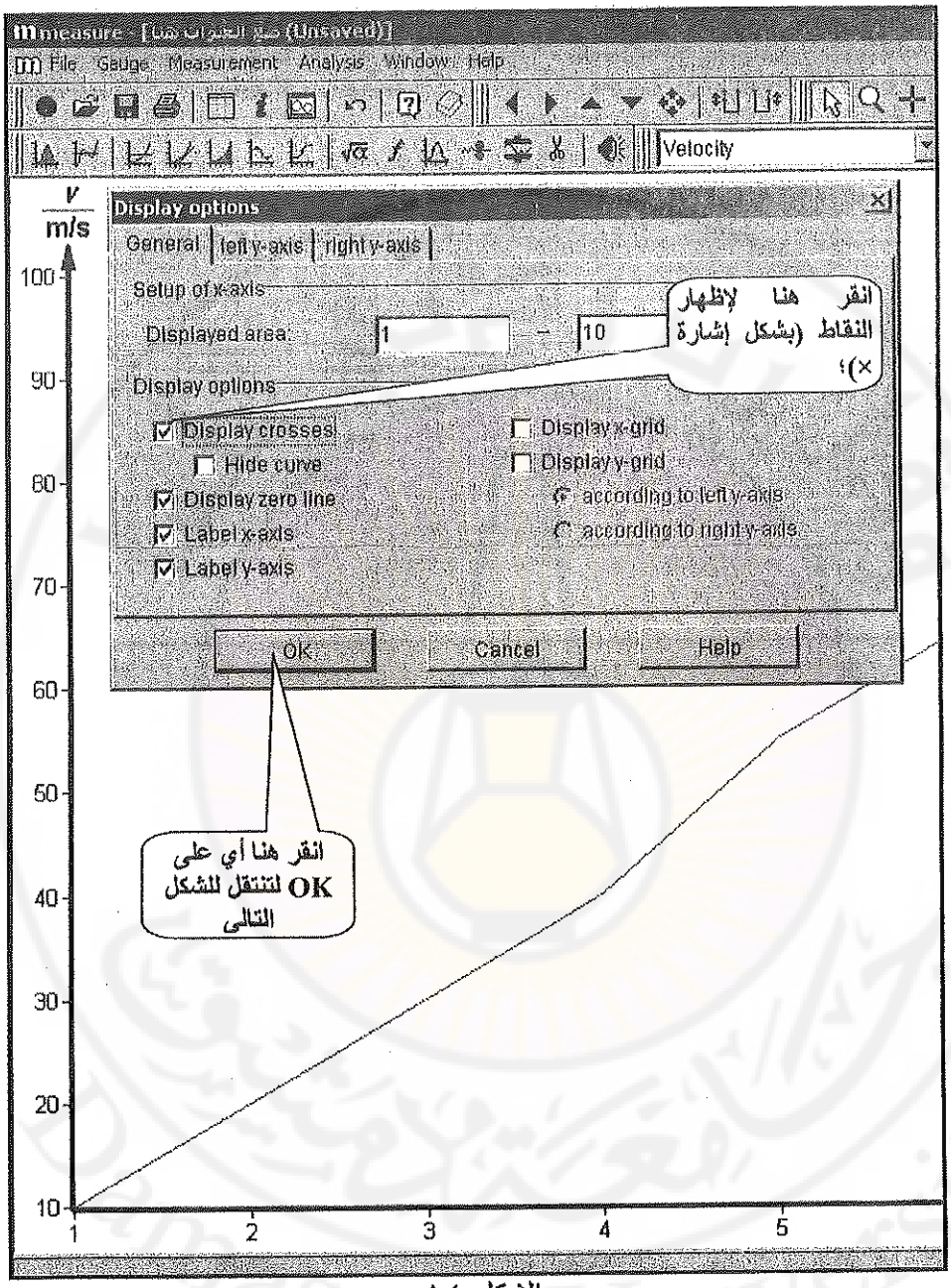


الشكل ١٢ التمثيل البياني للنتائج

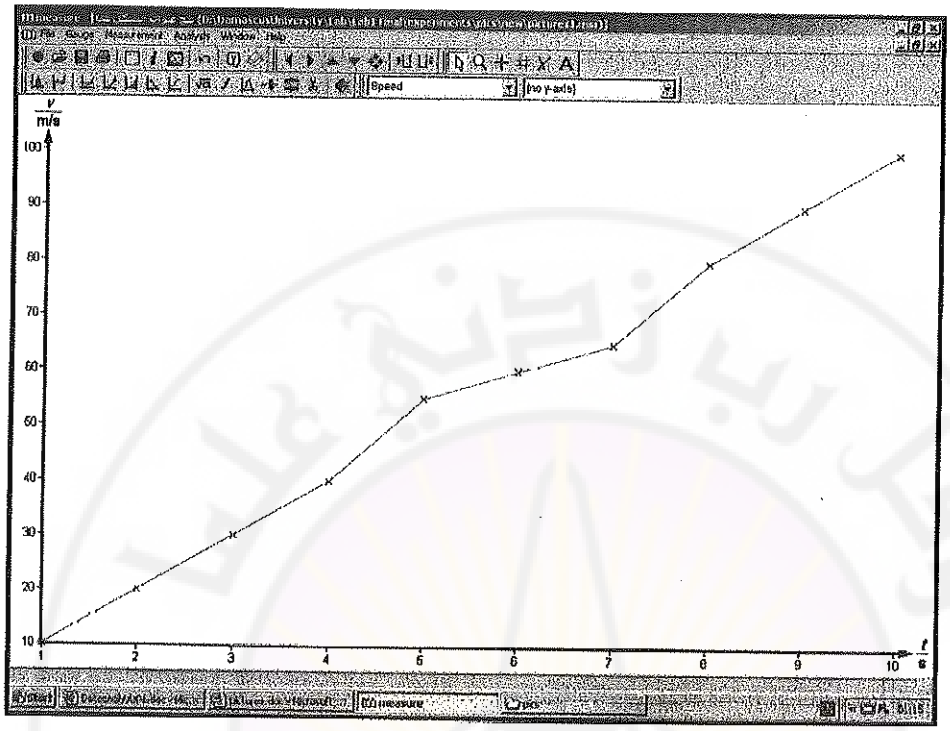
يمكنك إظهار الشكل ١٢ بشكل آخر بحيث تظهر عليه النقاط التجريبية بشكل واضح (بشكل إشارة ×)؛ لفعل ذلك اتبع التعليمات المبينة على الشكل ١٣ و الشكل ١٤ على التوالي لتحصل على الشكل ١٥.



الشكل ١٣

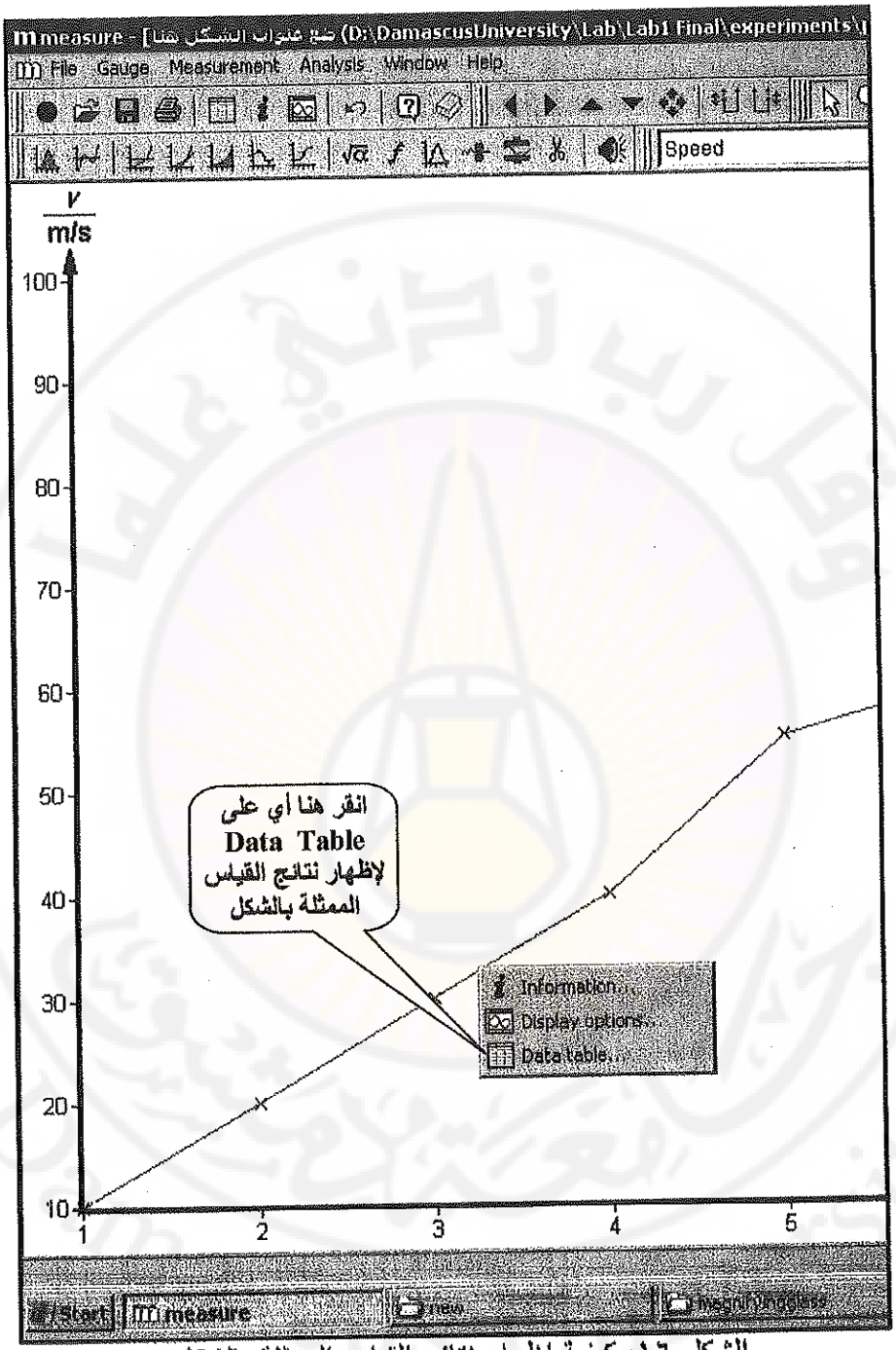

measure - [مخطط الخبرات هنا (Unsaved)]
File Gauge Measurement Analysis Window Help
Velocity
v
m/s
Display options
General
left y-axis
right y-axis
Setup of x-axis
Displayed area:
1
10
Display options
Display crosses
Hide curve
Display zero line
Label x-axis
Label y-axis
Display x-grid
Display y-grid
according to left y-axis
according to right y-axis
OK
Cancel
Help
انقر هنا لإظهار النقاط (بشكل إشارة ×)؛
انقر هنا أي على OK لتنتقل للشكل التالي
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
1
2
3
4
5

الشكل ١٤

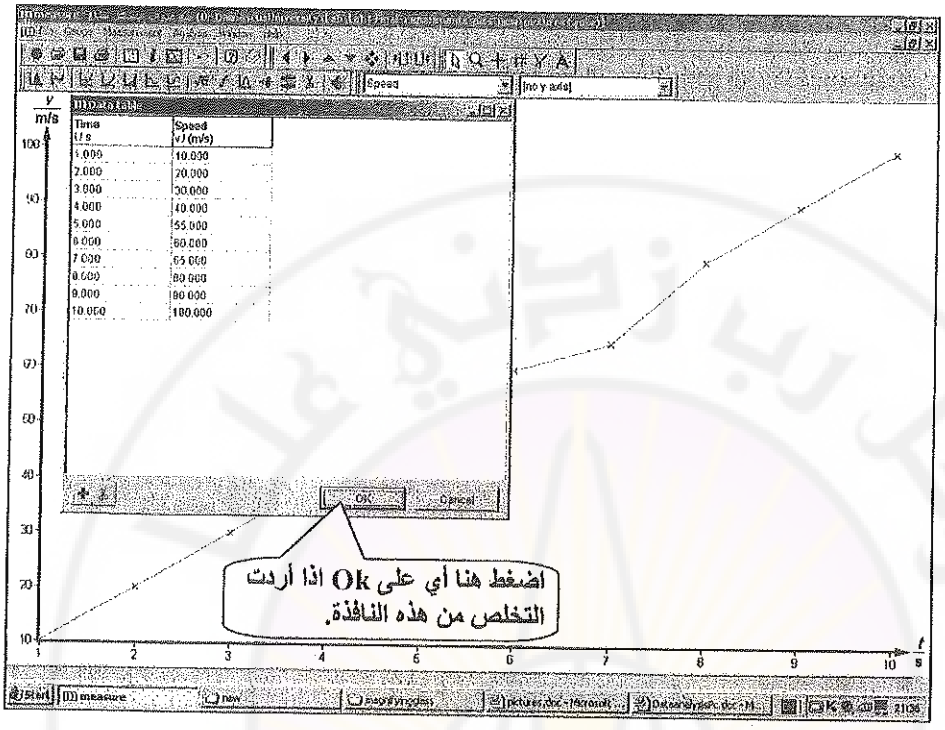


الشكل ١٥ التمثيل البياني للنتائج

خطوة هـ: إذا أردت أن تظهر القيم المقاسة و الممثلة بالشكل ١٥ بشكل جدول؛ ضع مؤشر الفأرة على الخط البياني، ثم اضغط على الجهة اليمنى للفأرة لتضغط من بعدها على الخيار الثالث (Data table) الشكل ١٦ لتصل من بعدها على الشكل ١٧.

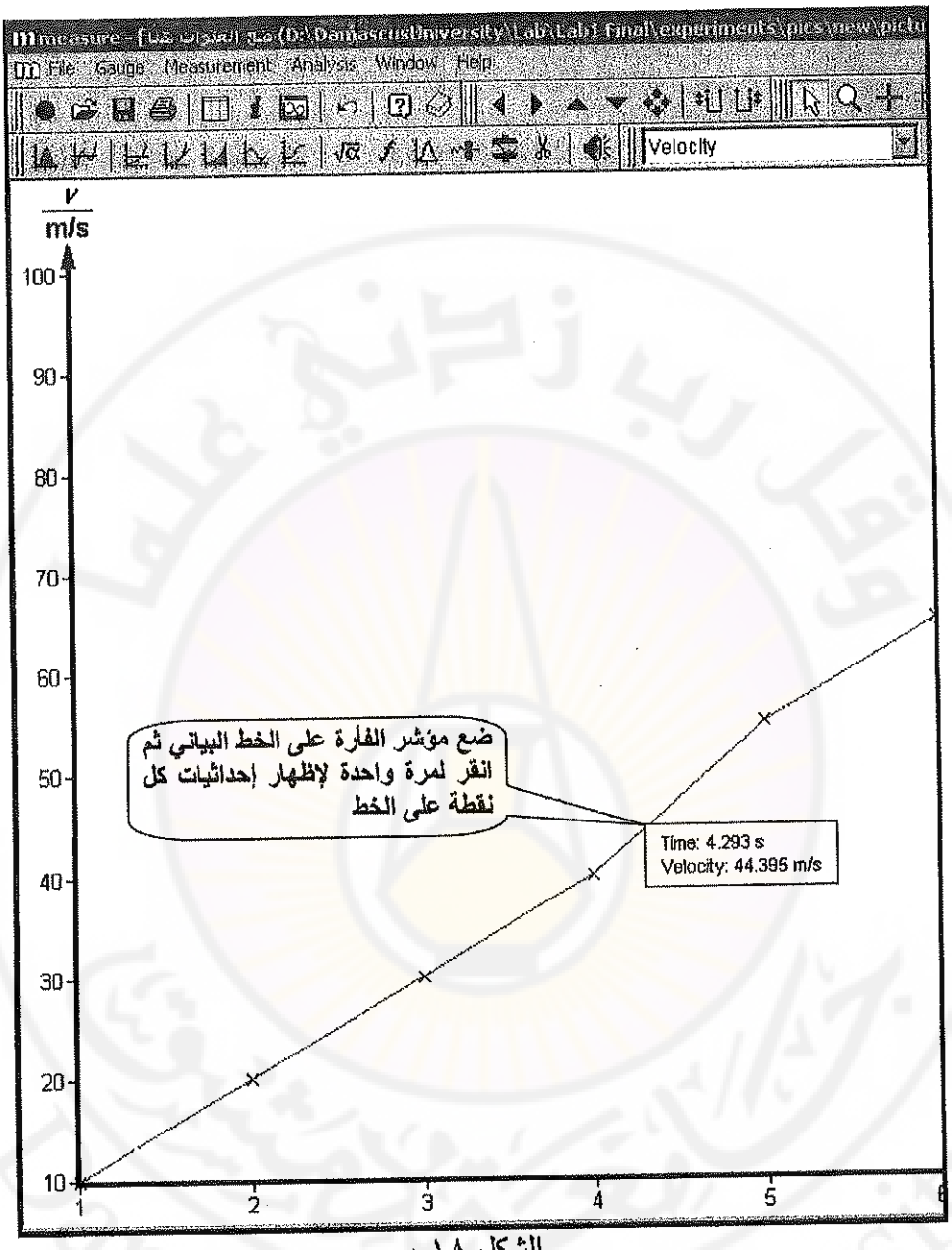


الشكل ١٦: كيفية إظهار نتائج القياس الممثلة بالشكل.



الشكل ١٧: إظهار نتائج القياس الممثلة بالشكل.

و لمعرفة إحداثيات كل نقطة على الخط البياني تحتاج فقط لوضع مؤشر الفأرة على الخط و تنقر عليه لمرة واحدة كما في الشكل ١٨. هذه الخطوة نستفيد منها في عمليتي الاستقراء الداخلي و الخارجي.


measure - [صف البيانات (D:\DamascusUniversity\Lab\Lab1 Final\experiments\pics\new\pic1
File Gauge Measurement Analysis Window Help
Velocity
v
m/s
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
1
2
3
4
5
ضع مؤشر الفأرة على الخط البياني ثم انقر لمرة واحدة لإظهار إحداثيات كل نقطة على الخط
Time: 4.293 s
Velocity: 44.395 m/s

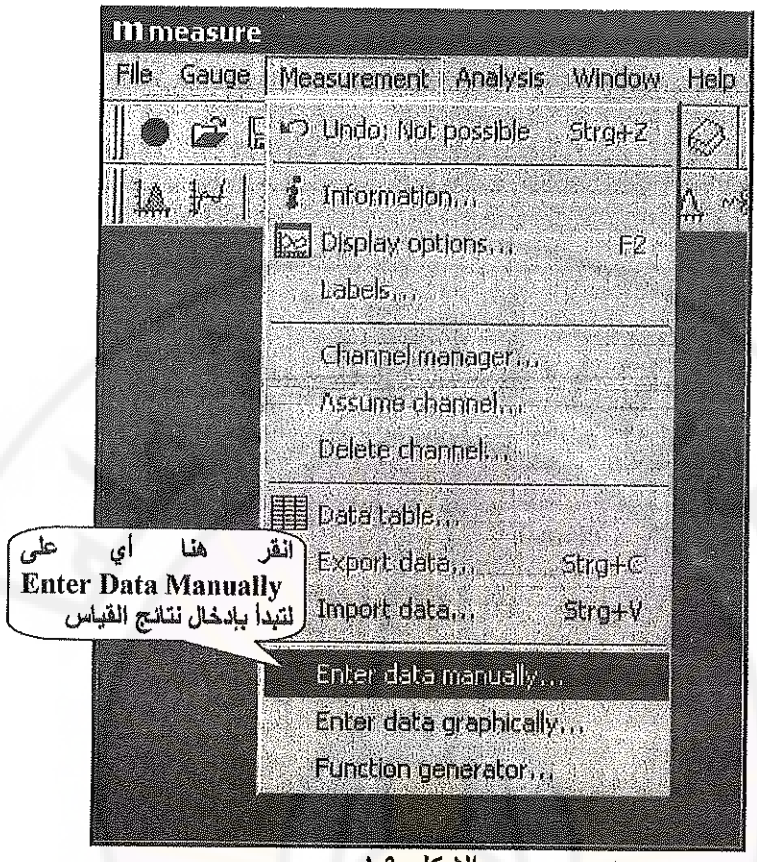
الشكل ١٨

استخدام برنامج measure لتحليل النتائج التجريبية:

مواءمة النتائج التجريبية: إن أهم فائدة للتمثيل البياني هو استخلاص بعض الثوابت الفيزيائية، و ذلك عن طريق حساب الميل الفيزيائي مثلاً كما قمتم في التجربة السابقة بفعله. هنا سوف نقوم في هذه التجربة باستخلاص بعض الثوابت الفيزيائية من الخط البياني باستخدام الحاسب، و ذلك بمواءمة النتائج التجريبية بعلاقة نظرية؛ حيث يقوم الحاسب برسم أفضل خط بياني يمر بمعظم النقاط التجريبية، و يعطينا من بعدها ثوابت هذه العلاقة. فمثلاً إذا كانت العلاقة النظرية من الشكل $y(x) = Ax + B$ فإنه بمواءمة هذه العلاقة مع النتائج التجريبية لقيم $y(x)$ و قيم x يعطينا قيم كل من A (الميل الفيزيائي) و B.

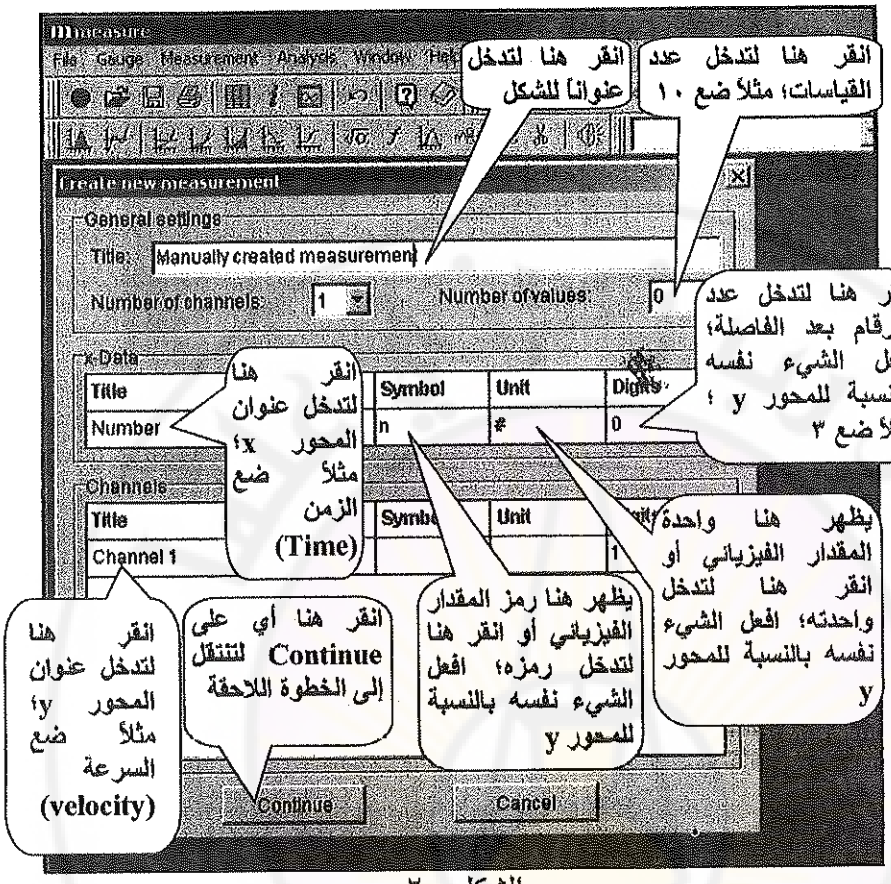
يمكن معالجة النتائج التي حصلنا عليها في (الشكل ١٢) تلقائياً من البرنامج بعد انتهاء القياس، أو يمكننا إدخال النتائج التي حصلنا عليها يدوياً، و من ثم رسمها بواسطة البرنامج و معالجتها. سنقوم في هذه الفقرة بشرح كيفية إدخال النتائج يدوياً و رسمها لنحصل على (الشكل ١٢) أو (الشكل ١٥ نفسه) و من ثم سوف نشرح كيفية مواءمة هذه النتائج باستخدام هذا البرنامج لاستخلاص بعض الثوابت الفيزيائية. لرسم النتائج و تحليلها، اتبع الخطوات التالية:

- خطوة ١: إدخال النتائج التجريبية: ابتداء من الشكل ١٩ انقر على Measurement و من ثم على Enter Data Manually كما هو موضح في الشكل ١٩.

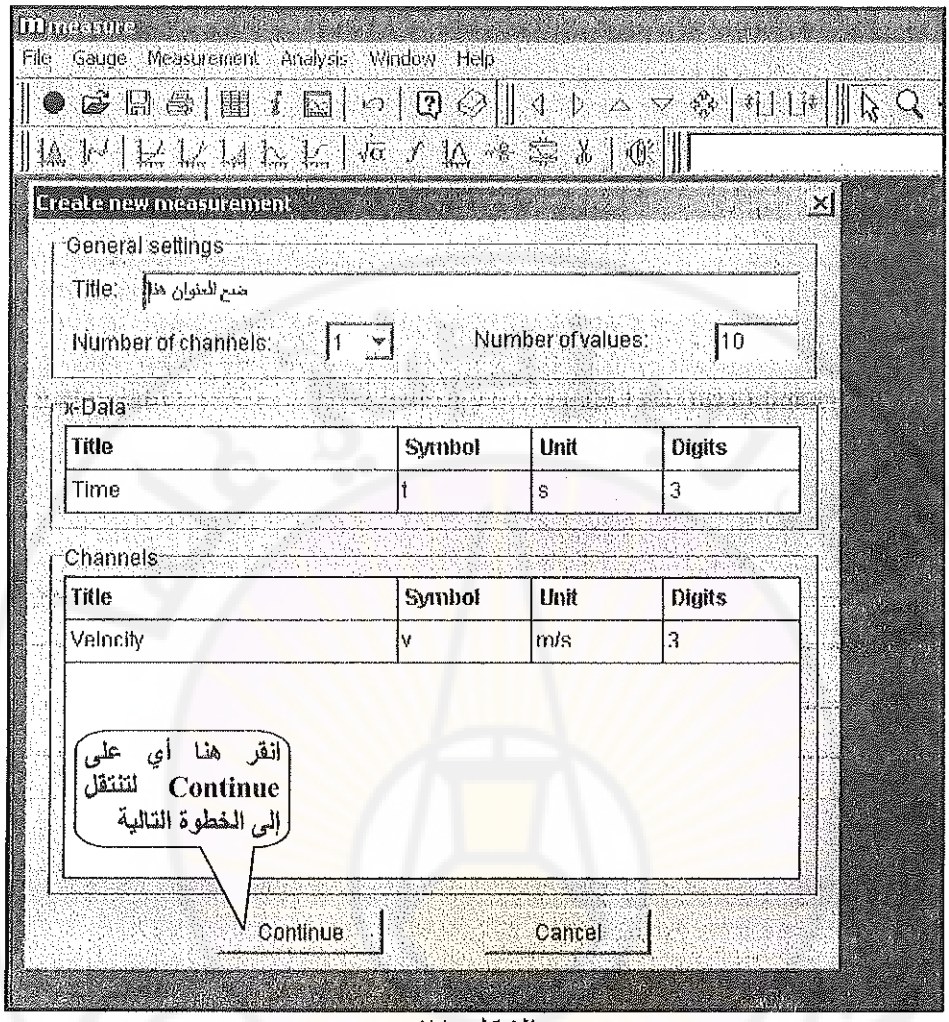


الشكل ١٩

- خطوة ٢: في هذه الخطوة يجب عليك تسمية المحاور مع وضع واحدة القياس، و عدد القياسات، و رمز المقدار الفيزيائي؛ اتبع التعليمات الموجودة على الشكل ٢٠؛ الشكل ٢١ يظهر شكل النافذة بعد إدخال هذه المعطيات لتنتقل من بعدها إلى الشكل ٢٢ في الخطوة التالية:

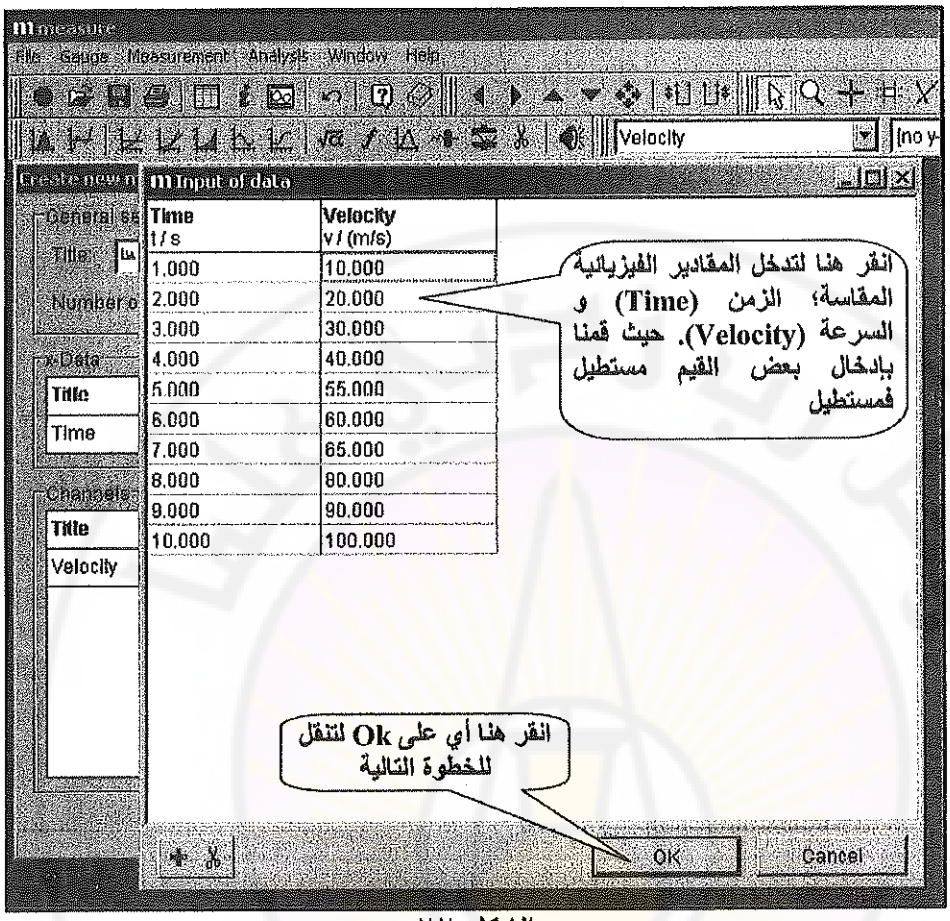

انقر هنا لتدخل عنواناً للشكل
انقر هنا لتدخل عدد القياسات؛ مثلاً ضع ١٠
انقر هنا لتدخل عدد الأرقام بعد الفاصلة؛ افعل الشيء نفسه بالنسبة للمحور y ؛ مثلاً ضع ٣
انقر هنا لتدخل عنوان المحور x؛ مثلاً ضع الزمن (Time)
يظهر هنا واحدة المقدار الفيزيائي أو انقر هنا لتدخل واحدته؛ افعل الشيء نفسه بالنسبة للمحور y
يظهر هنا رمز المقدار الفيزيائي أو انقر هنا لتدخل رمزه؛ افعل الشيء نفسه بالنسبة للمحور y
انقر هنا أي على Continue لتنتقل إلى الخطوة اللاحقة
انقر هنا لتدخل عنوان المحور y؛ مثلاً ضع السرعة (velocity)
Create new measurement
General settings
Title: Manually created measurement
Number of channels: 1
Number of values: 0
x-Data
Title
Number
Symbol
n
Unit
#
Digits
0
Channels
Title
Channel 1
Unit
1
Continue
Cancel

الشكل ٢٠



الشكل ٢١

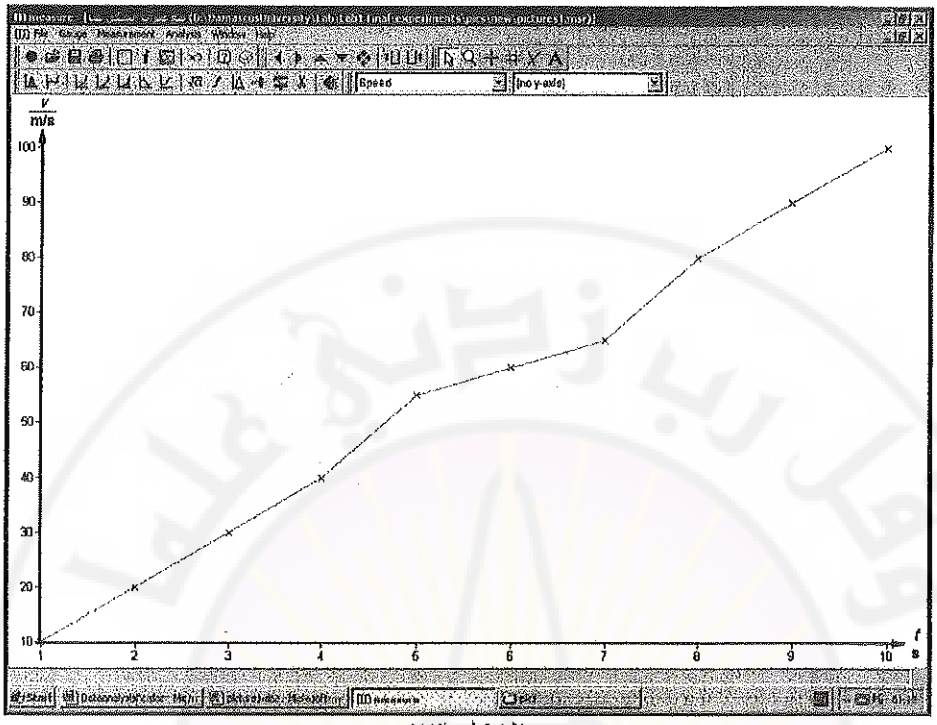
- خطوة ٣: في هذه الخطوة يظهر فيها نافذة جديدة تحتوي على جدول معنون بأسماء و رمز و واحدة المقادير الفيزيائية التي حددتها في الخطوة السابقة. في هذه الخطوة أدخل القيم المراد تمثيلها بيانياً؛ كمثال قمنا هنا بإدخال بعض القيم، كما هو مبين في الشكل ٢٢.



الشكل ٢٢

- خطوة ٤: في هذه الخطوة نحصل على الشكل ١٢ نفسه أو الشكل ١٥ التي رسمها البرنامج تلقائياً بعد انتهائه من أخذ نتائج القياس (انظر إلى الشكل ٢٣).

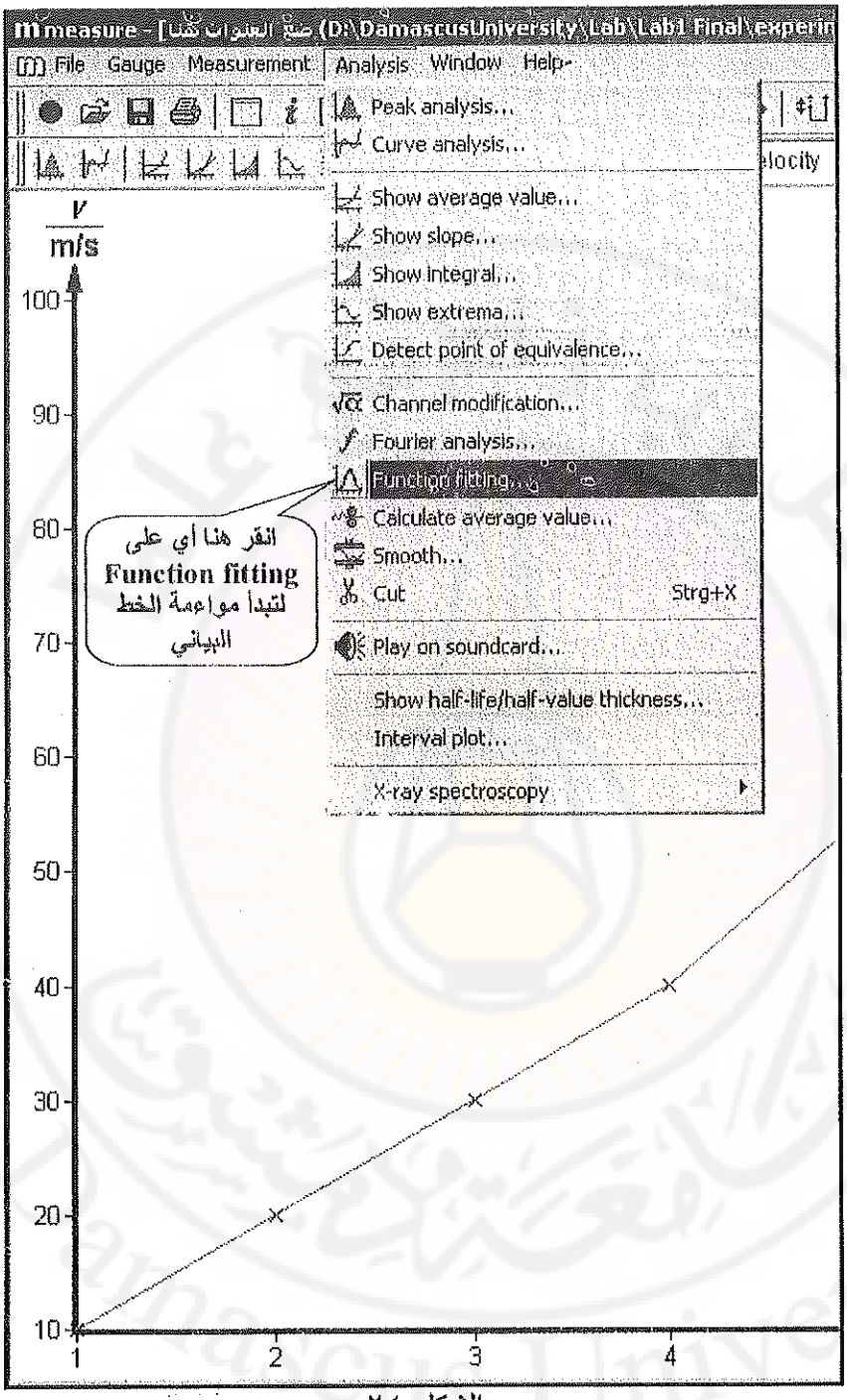
Damascus University



الشكل ٢٣

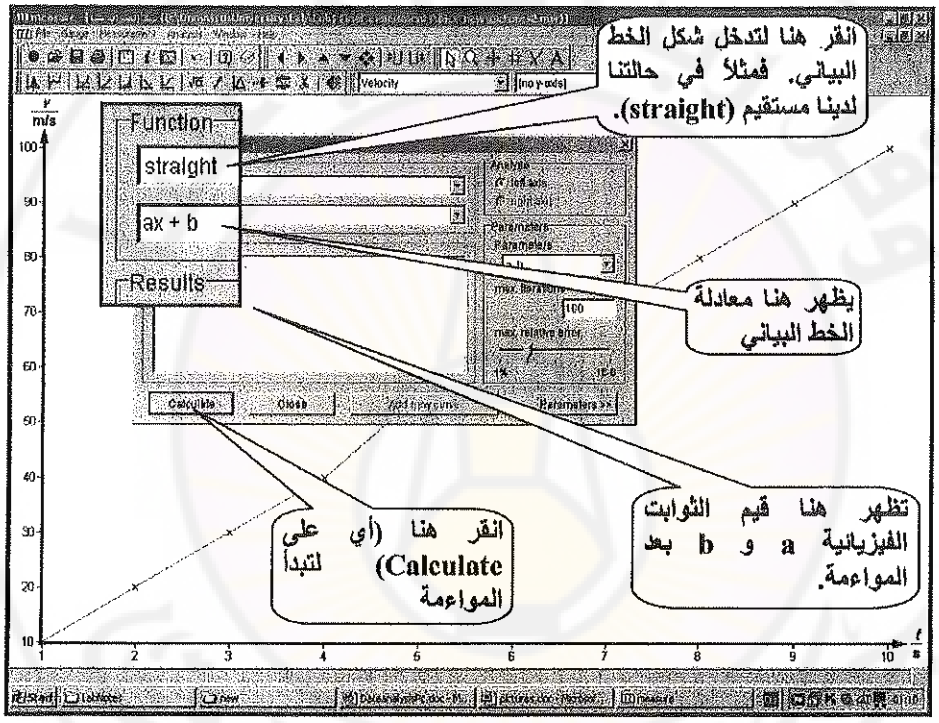
- خطوة ٥: الآن سوف نقوم بمواءمة هذا الخط البياني مع العلاقة النظرية $y(x) = ax + b$ حيث $y(x)$ تمثل السرعة و a تمثل التسارع و b تمثل السرعة الإبتدائية (معادلة الحركة من الشكل $v(t) = at + v_0$)؛ فبالتالي بعد المواءمة يعطينا الحاسب قيم كل من التسارع و السرعة الإبتدائية. فلمواءمة الخط البياني السابق اتبع التعليمات التالية:

I- اتبع التعليمات على الشكل ٢٤ لتحصل من بعدها على الشكل ٢٥.


measure - [صنع العلوم كتبا (D:\DamascusUniversity\Lab\Lab1 Final\experin
File Gauge Measurement Analysis Window Help
Peak analysis...
Curve analysis...
Show average value...
Show slope...
Show integral...
Show extrema...
Detect point of equivalence...
Channel modification...
Fourier analysis...
Function fitting...
Calculate average value...
Smooth...
Cut Strg+X
Play on soundcard...
Show half-life/half-value thickness...
Interval plot...
X-ray spectroscopy
v
m/s
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
1
2
3
4
انقر هنا أي على
Function fitting
لتبدأ مواءمة الخط
البياني

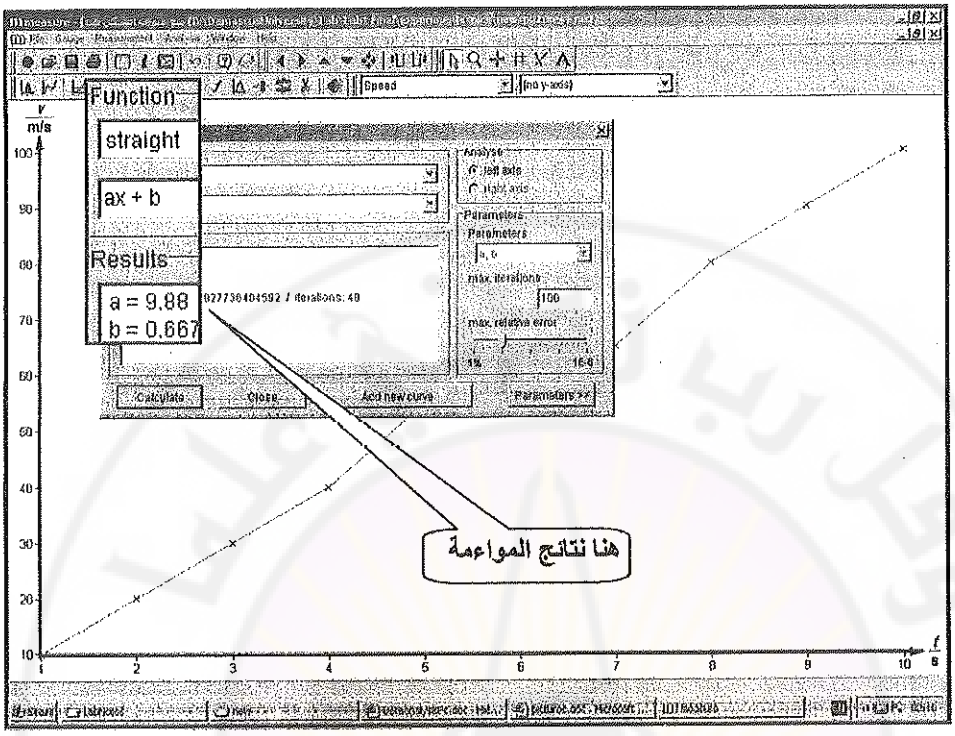
الشكل ٢٤

II- في هذه المرحلة يجب إدخال شكل الخط البياني الذي يناسب نتائجك. و من بعدها انقر على أيقونة (Calculate) لتبدأ عملية المواءمة؛ انظر إلى الشكل ٢٥.



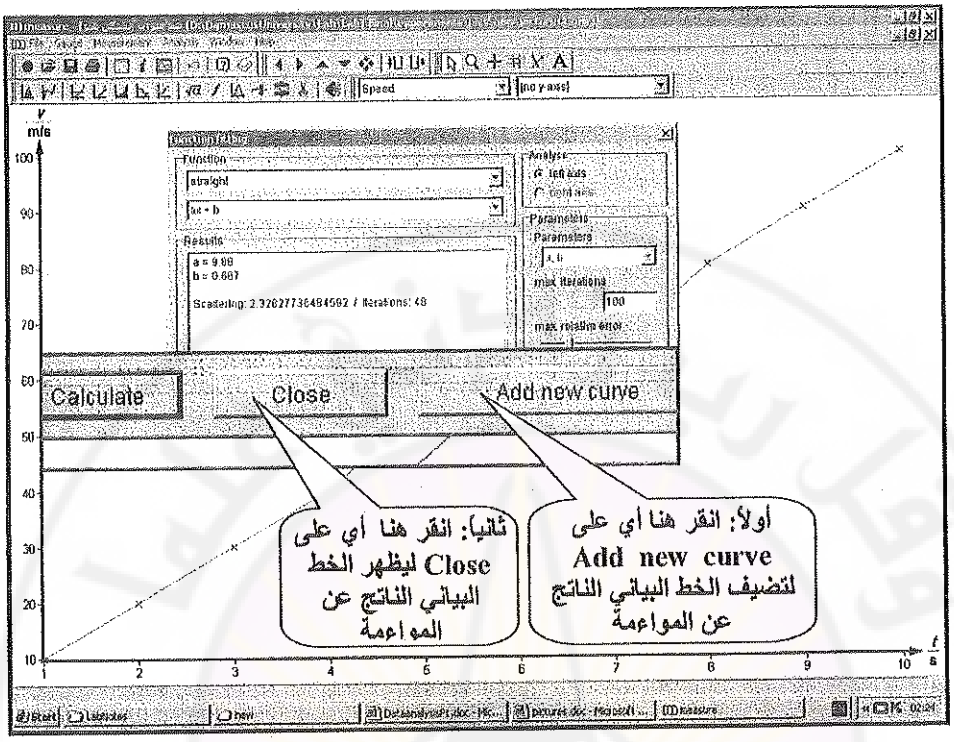
الشكل ٢٥

III- تظهر في هذه المرحلة نتائج المواءمة؛ قيم a و b (الشكل ٢٦).



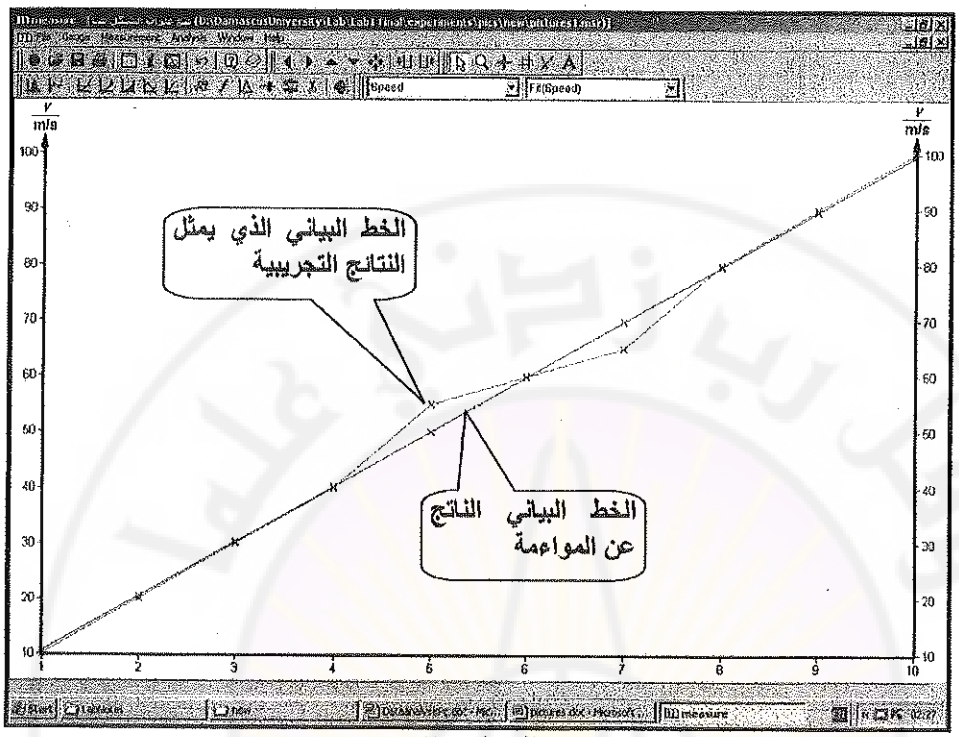
الشكل ٢٦

IV- لإظهار الخط البياني الموائم لنتائجنا؛ اتبع التعليمات على الشكل ٢٧.



الشكل ٢٧

٧- الشكل ٢٨ يظهر الخط البياني الناتج عن المواءمة و الخط البياني الأصلي الذي يمثل نتائجنا.



الشكل ٢٨

ملاحظة ٥: بالنسبة للبرامج المخصصة لمخاطبة أجهزة القياس يمكن أن تأتي جاهزة كبرنامج Cassy–lab أو برنامج Measure أو يمكن أن تكون بأسماء أخرى إذا تم شراء بعض الأجهزة من شركات أخرى.

٤ـ كيفية تشغيل و استخدام برنامج Origin:

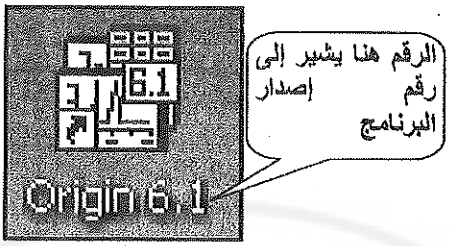
إن برنامج Origin يختلف عن البرنامجين اللذين قمنا بشرحهما مسبقاً في أنه برنامج متقدم جداً في تحليل النتائج التجريبية فقط، و لا يتخاطب مع الأجهزة.غير أنه يوجد برامج أخرى قد تقوم بالأمرين معاً و قد تكون بشكل أو بآخر أفضل من

هذا البرنامج؛ منها Matlab و Labview الخ. و قد تصدر في المستقبل إصدارات أخرى بأسماء مختلفة أكثر تطوراً. لقد اخترنا برنامج Origin لاعتقادنا بأنه سهل الاستخدام نسبياً مقارنة بالبرامج الأخرى، و كذلك لأنه برنامج فعال في تحليل النتائج التجريبية. نرغب بأن نذكر هنا بأنه لا يوجد برنامج مثالي عند التطبيق؛ فكل برنامج له عيوبه تظهر عندما تصبح خبيراً باستخدامه؛ حيث إن الشركة المصنعة لهذه البرامج تقوم باستمرار بتحديث هذه البرامج؛ لذلك ينصح دائما بأن تبحث عن آخر إصدار لهذه البرامج. كذلك لا أحد يستطيع القول إن هذا البرنامج أفضل من غيره الإ إذا كان خبيراً في استخدام كل منهم، و إن أفضلية البرنامج قد تكون نسبية؛ فلكل منهم له أماكن ضعف، وأماكن قوة.

سنقوم بشرح كيفية استخدام برنامج Origin في تحليل النتائج التجريبية. وسنختار شرح التعليمات السهلة فقط، نظراً لوجود بعض التعليمات المعقدة، و سيكون بمثابة مقدمة مفيدة جداً لك عند استخدامك لهذا البرنامج في المستقبل في مسائل أكثر صعوبة؛ حيث لن تجد صعوبة كبيرة في استخدامه في المستقبل؛ لأن المبدأ واحد، و لكن طريقة المعالجة مختلفة.

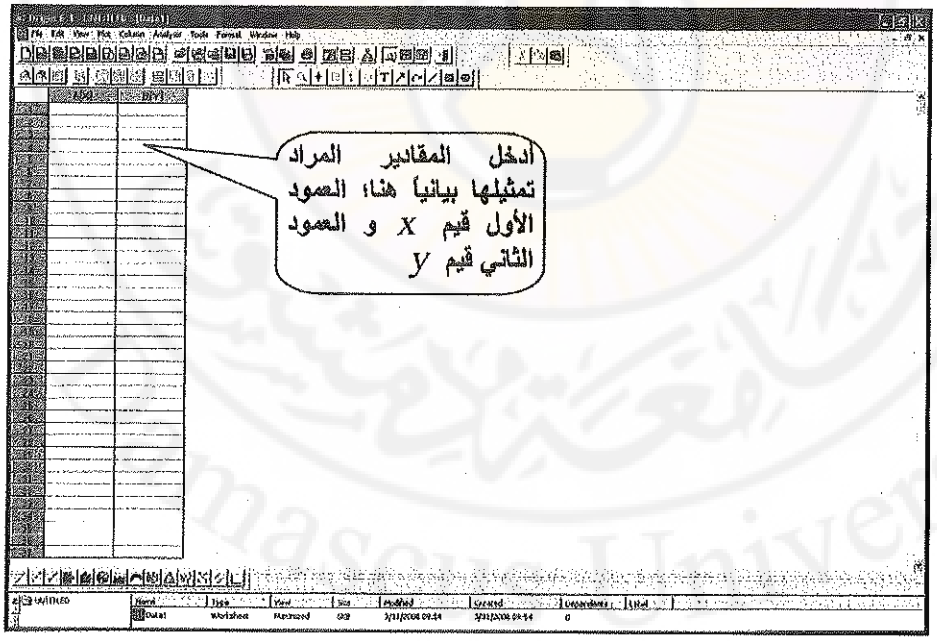
لا بد من تحميل هذا البرنامج؛ لذلك نبدأ عند استخدام هذا البرنامج بالخطوات التالية:

١- لفتح البرنامج ابحث عن أيقونته التي تكون إما على سطح الشاشة كما في الشكل ٢٩ لتنقر عليها مرتين متتاليتين، أو أن تبحث عنها بالنقر على Start أو ابدأ؛ ثم انقر على Programs أو البرامج، و من بعدها ابحث عن أيقونة Origin لتنقر عليها لمرة واحدة. عندها سوف تظهر لك النافذة في المرحلة التالية.



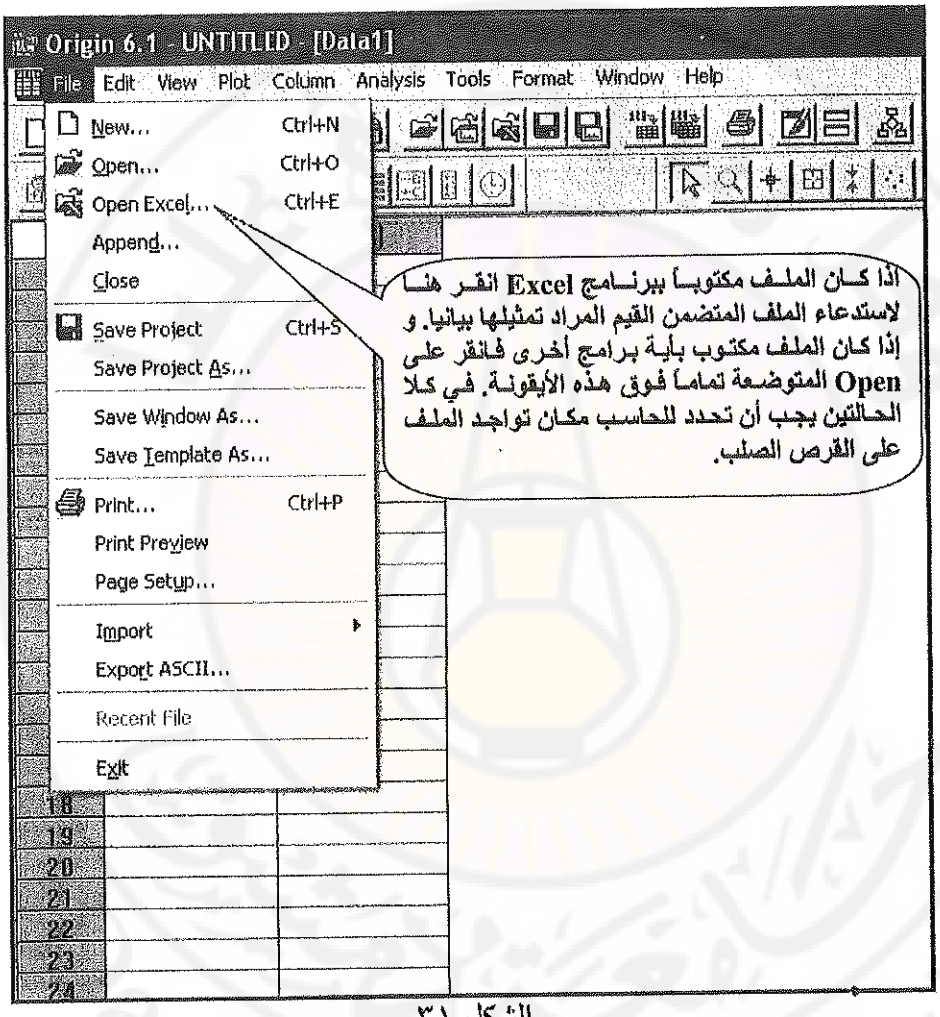
الشكل ٢٩

٢- في هذه المرحلة لديك خياران: الخيار الأول هو أن تدخل نتائجك يدوياً في الجدول؛ فعندها عليك فقط كتابة القيم في الجدول حيث إن العمود الأول: يمثل قيم x و العمود الثاني يمثل قيم y (انظر إلى الشكل ٣٠). أما الخيار الثاني: هو أن تكون نتائجك محفوظة في ملف بنوع Excel أو بأي نوع آخر؛ عندها تحتاج إلى فتح هذا الملف ليتوضع من بعدها في الجدول المذكور آنفاً (انظر أيضاً إلى الشكل ٣١). اتبع التعليمات الموجودة على الشكلين.



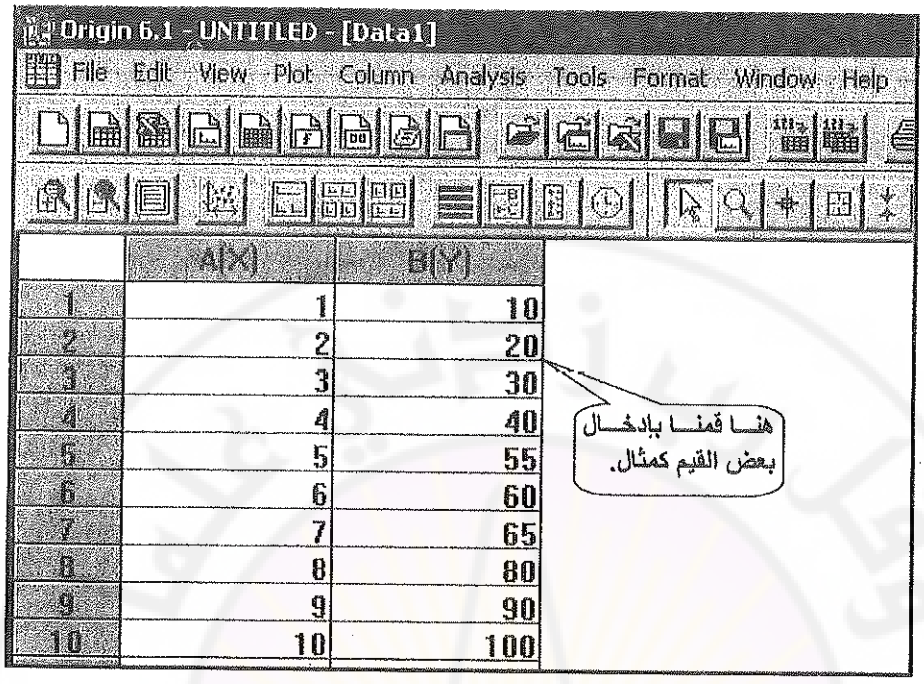
الشكل ٣٠

ملاحظة ٦: عندما تضع المؤشر على أيقونات شريط المهام أو شريط الأدوات سيظهر مدلول الأيقونة و وظيفتها باللغة الإنكليزية.



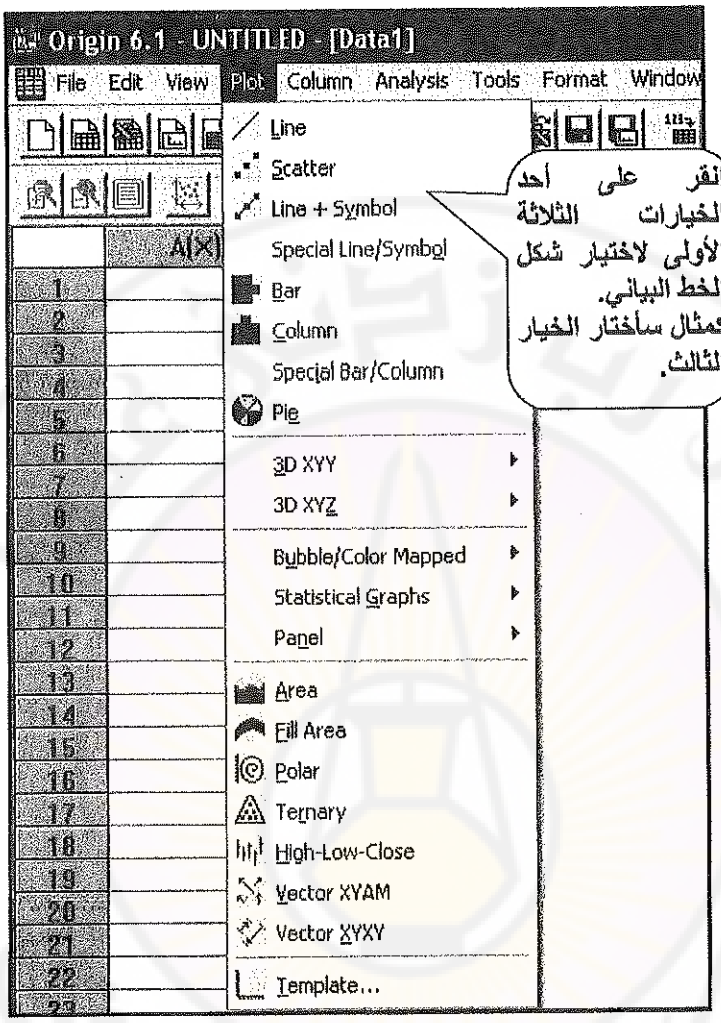
الشكل ٣١

٣- قمنا بإدخال بعض القيم كمثال (انظر إلى الشكل ٣٢).



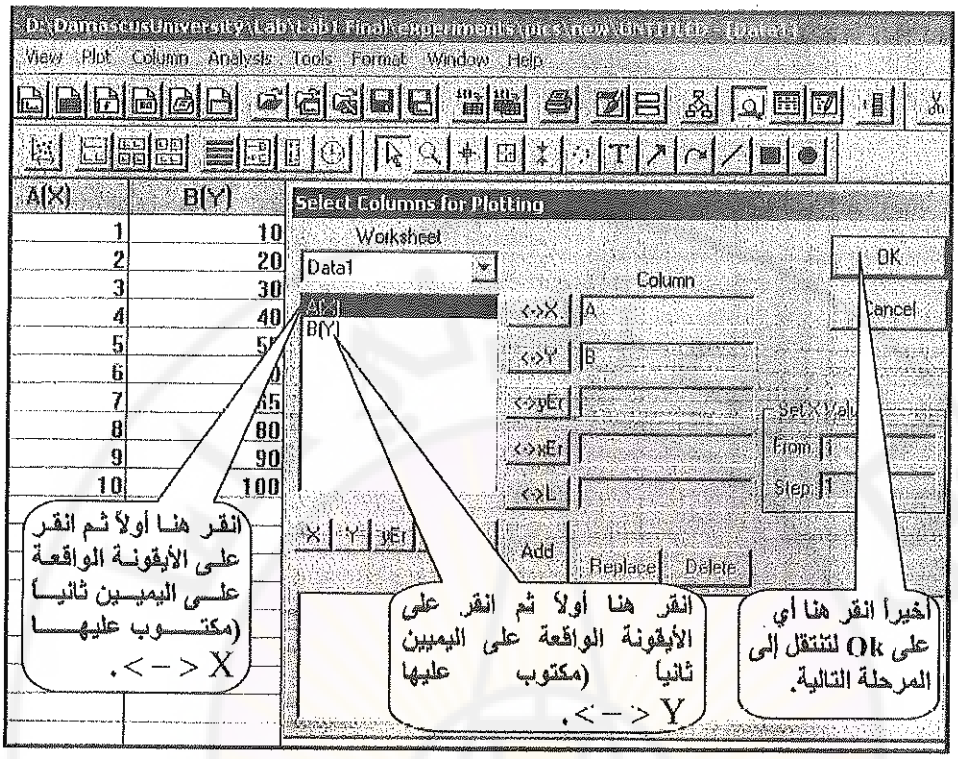
الشكل ٣٢

٤- في هذه المرحلة يجب علينا تحديد شكل الخط البياني؛ انظر الى الشكل ٣٣. مع ملاحظة أنه بإمكانك دائما تغيير شكل الخط حتى بعد رسمه.



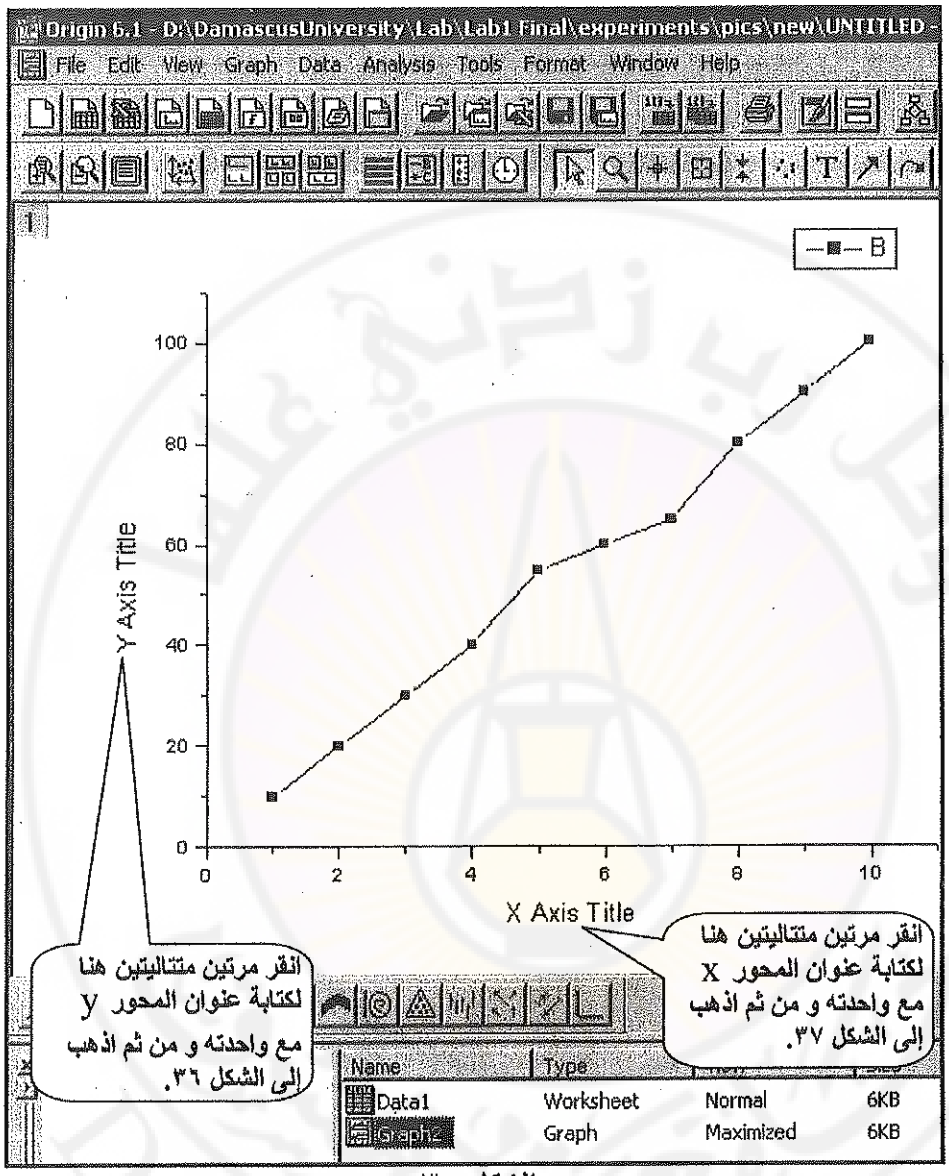
الشكل ٣٣

٥- في هذه الخطوة يجب تحديد المحاور x و y كما هو مبين في الشكل ٣٤.

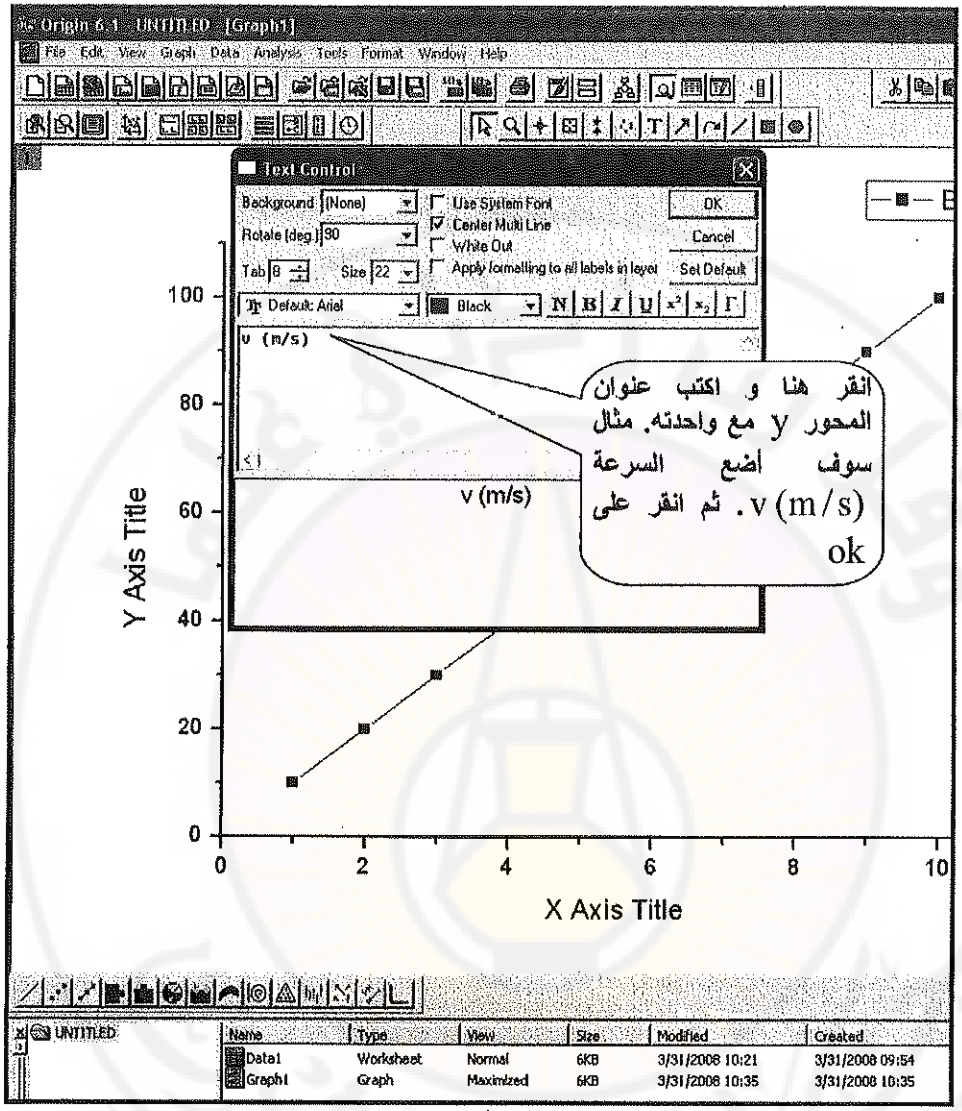


الشكل ٣٤

٦- يظهر الشكل ٣٥ و الشكل ٣٦ و الشكل ٣٧ كيفية وضع عنوان للخط البياني مع الواحدة على كل من المحورين.

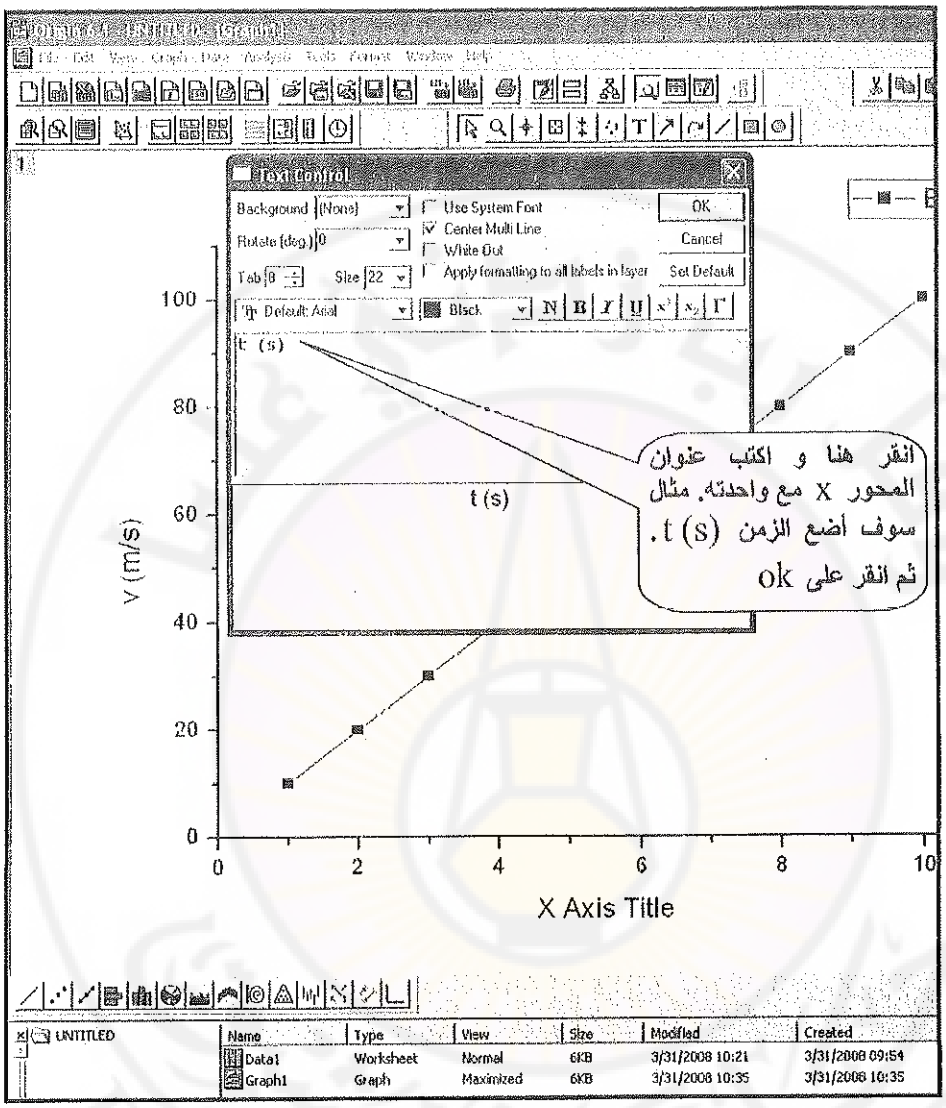

Origin 6.1 - D:\DamascusUniversity\Lab\Lab1 Final\experiments\pics\new\UNTITLED
File Edit View Graph Data Analysis Tools Format Window Help
B
100
80
60
40
20
0
Y Axis Title
0
2
4
6
8
10
X Axis Title
انقر مرتين متتاليتين هنا لكتابة عنوان المحور y مع واحدته و من ثم اذهب إلى الشكل ٣٦.
انقر مرتين متتاليتين هنا لكتابة عنوان المحور X مع واحدته و من ثم اذهب إلى الشكل ٣٧.
Name
Type
Data1
Worksheet
Normal
6KB
Graph1
Graph
Maximized
6KB

الشكل ٣٥



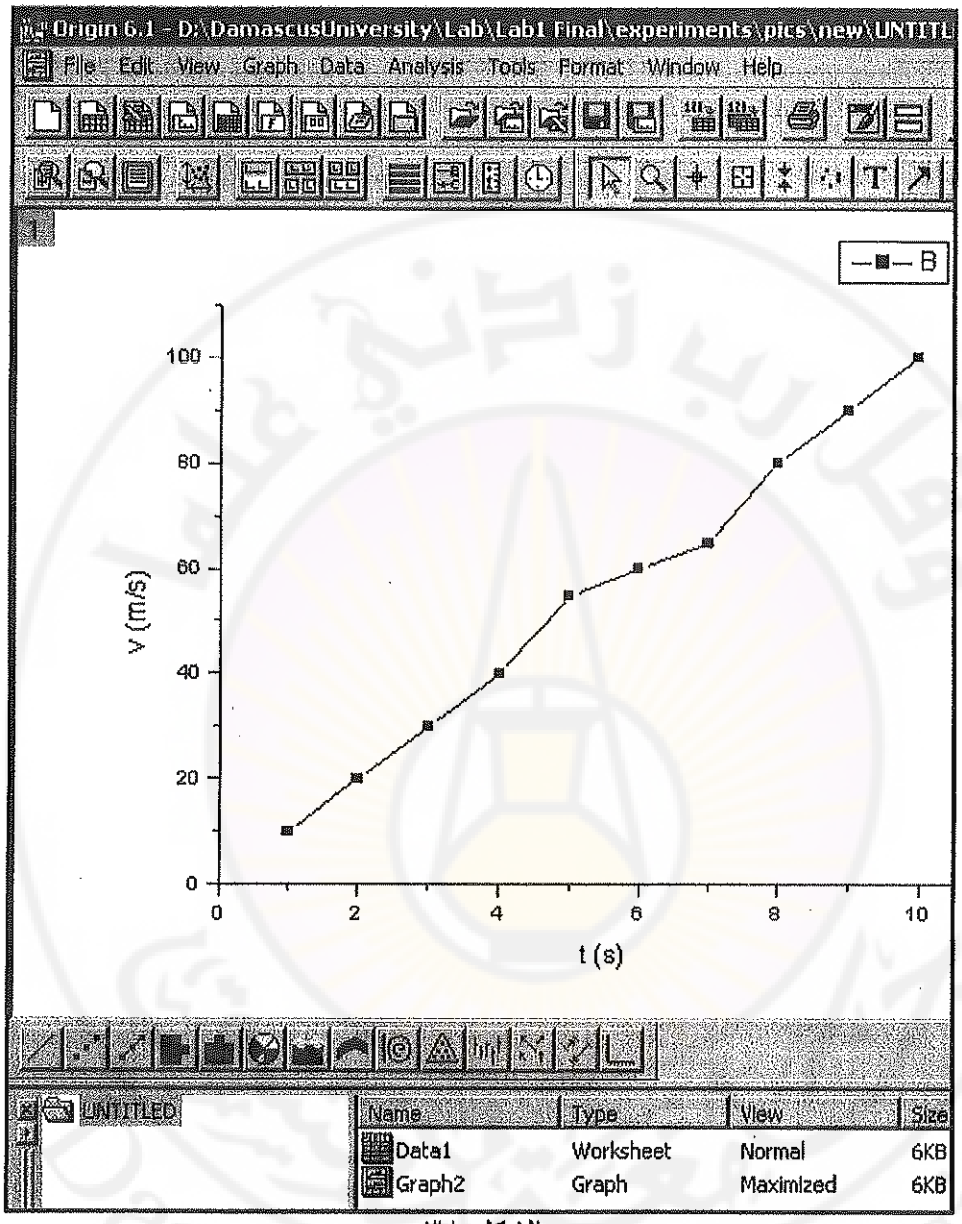
الشكل ٣٦

Damascus University



الشكل ٣٧

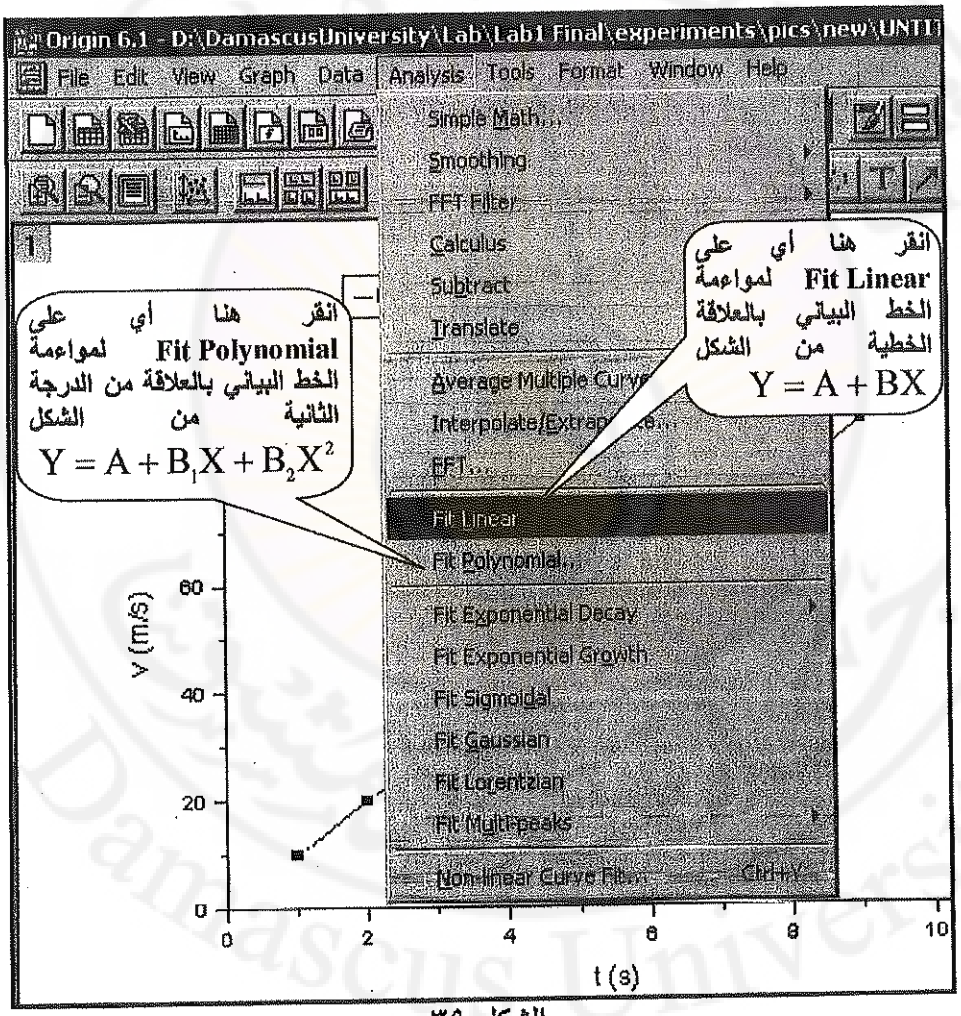
٧- الشكل ٣٨ يظهر الخط البياني بعد وضع عناوين المحاور عليه.



الشكل ٣٨

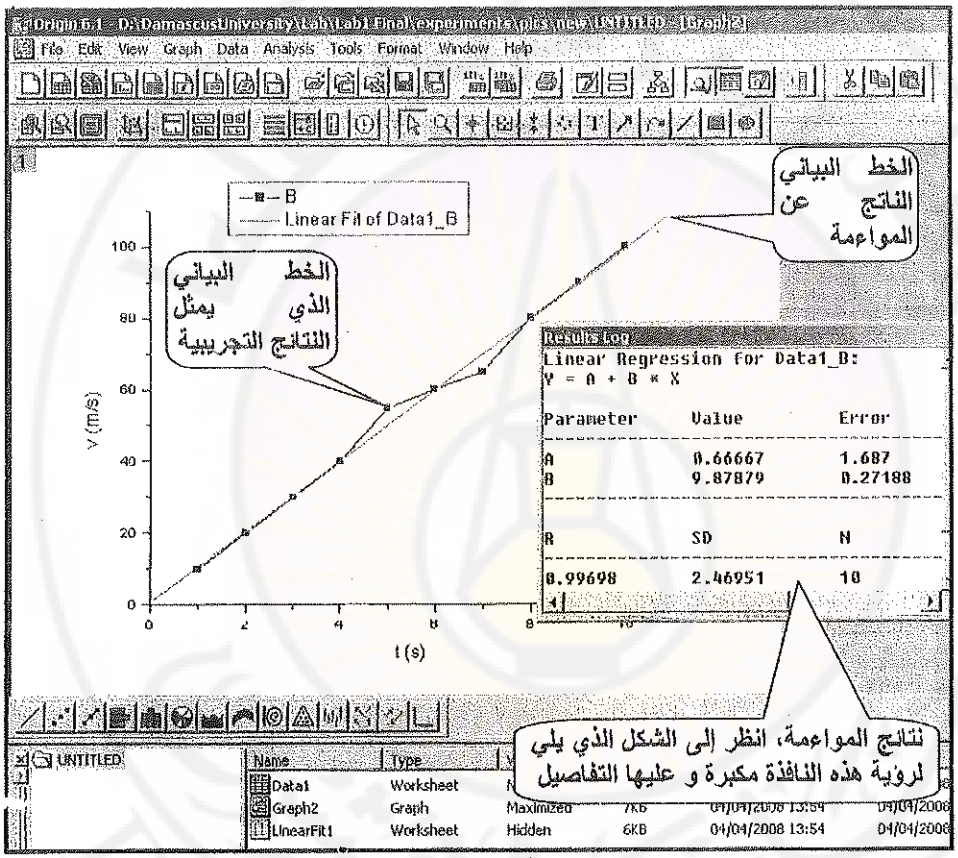
٨- في هذه المرحلة سنقوم بمواءمة النتائج التجريبية، فإذا كان الخط البياني مستقيماً يجب اختيار مواءمة خطية (Linear Fit) و اذا كان الخط البياني منحنياً يجب اختيار مواءمة متعددة الحدود (تابع من الدرجة الثانية)

(Fit Polynomial) و هناك خيارات متعددة أخرى للمواءمة لن نقوم الآن بذكرها، و سنكتفي بالمواءمة الخطية أو المواءمة متعددة الحدود. اتبع التعليمات الموضحة في الشكل ٣٩ لمواءمة المعطيات التجريبية التي قمنا بإدخالها و الممثلة بالشكل ٣٨ و التي كما هو واضح عبارة عن مستقيم مع بعض النقاط الشاذة؛ لذلك سوف نختار المواءمة الخطية (Fit Linear).



الشكل ٣٩

٩- بعد النقر على (Fit Linear) يظهر لدينا الشكل التالي (الشكل ٤٠)؛ و الذي يتضمن الخط البياني الذي يمثل المعطيات التجريبية و الخط البياني الناتج عن المواءمة؛ بالإضافة إلى ذلك تظهر نافذة صغيرة تتضمن قيم ثوابت المواءمة؛ انظر إلى الشكل ٤٠ و الشكل ٤١ لمزيد من التفاصيل.



الشكل ٤٠

إن المعادلة الخطية المستخدمة من قبل هذا البرنامج لمواءمة النتائج هي:

$$Y_i = A + BX_i$$

حيث أن المتحولات A و B قدرت بطريقة أصغر المربعات (least squares).

A هي نقطة التقاطع: $A = \bar{Y} - B\bar{X}$ ؛ و الميل B يعطى بالعلاقة:

$$B = \frac{\sum_{i}^{N}(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i}^{N}(X_i - \bar{X})^2}$$

بعد عملية المواءمة؛ ينشئ البرنامج جدولاً مخفيا يحتوي على قيم المواءمة، و يرسم هذه القيم بجانب المنحني البياني للنقاط التجريبية التي أدخلناها، و يعطينا قيماً للثوابت التالية ضمن نافذة صغيرة كما في الشكل ٤٠ و الشكل ٤١ و التي هي:

A نقطة التقاطع و مقدار الخطأ النظامي فيها (errors).

B الميل و مقدار الخطأ النظامي فيها (errors).

R معامل الترابط.

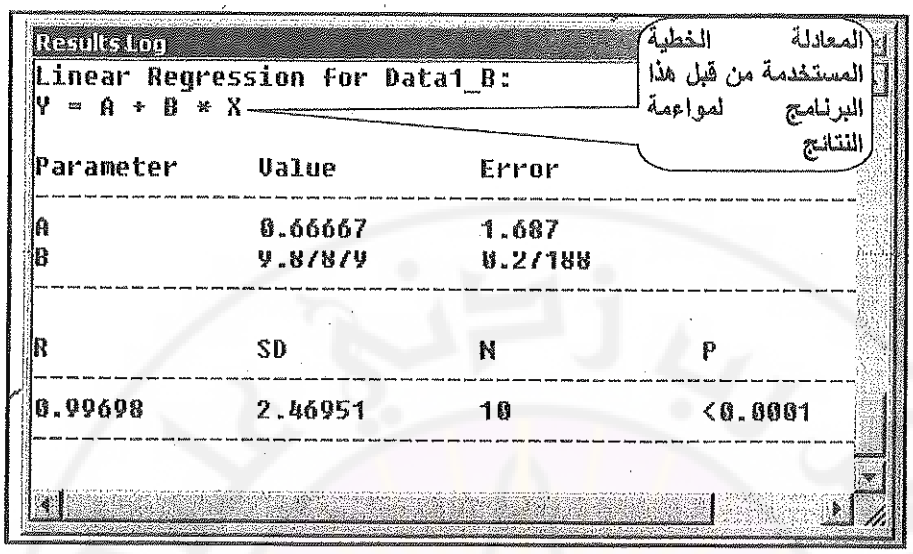
قيمة p: الاحتمالية (عندما $R = 0$) (ملاحظة: لإظهار هذه القيمة يجب عليك تكبير النافذة في الشكل ٤٠ قليلا)

N: عدد النقاط

SD: الانحراف النظامي للمواءمة؛ حيث يعطى هذا الانحراف بالعلاقة:

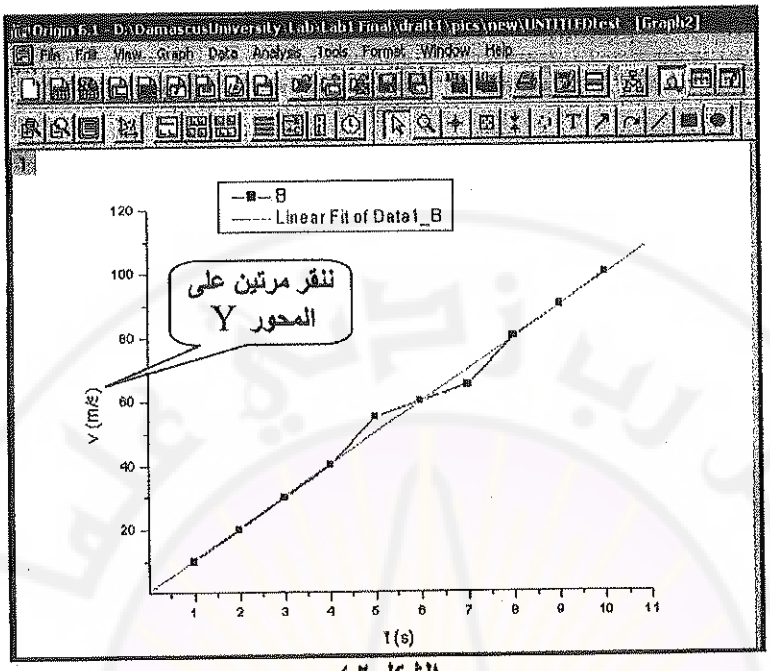
$$\sqrt{\frac{\sum_{i}^{N}(Y_i - (A + BX_i))^2}{N - 2}}$$

حيث أن Y_i و X_i القيم التجريبية.

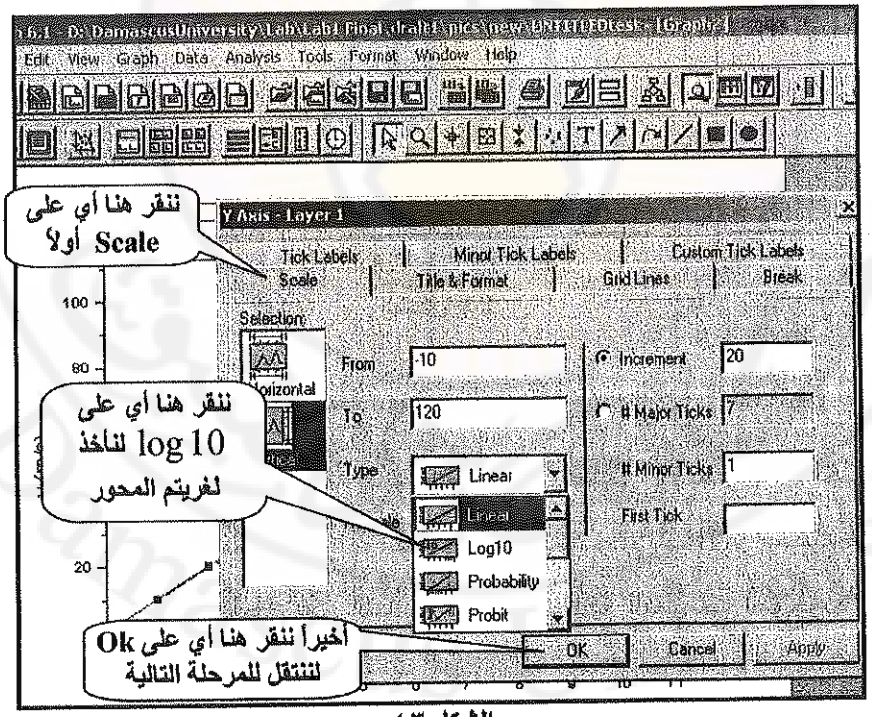


الشكل ٤١: يظهر قيم A و B و مقدار الخطأ (errors) فيهما؛ و قيم R و SD و N و P.

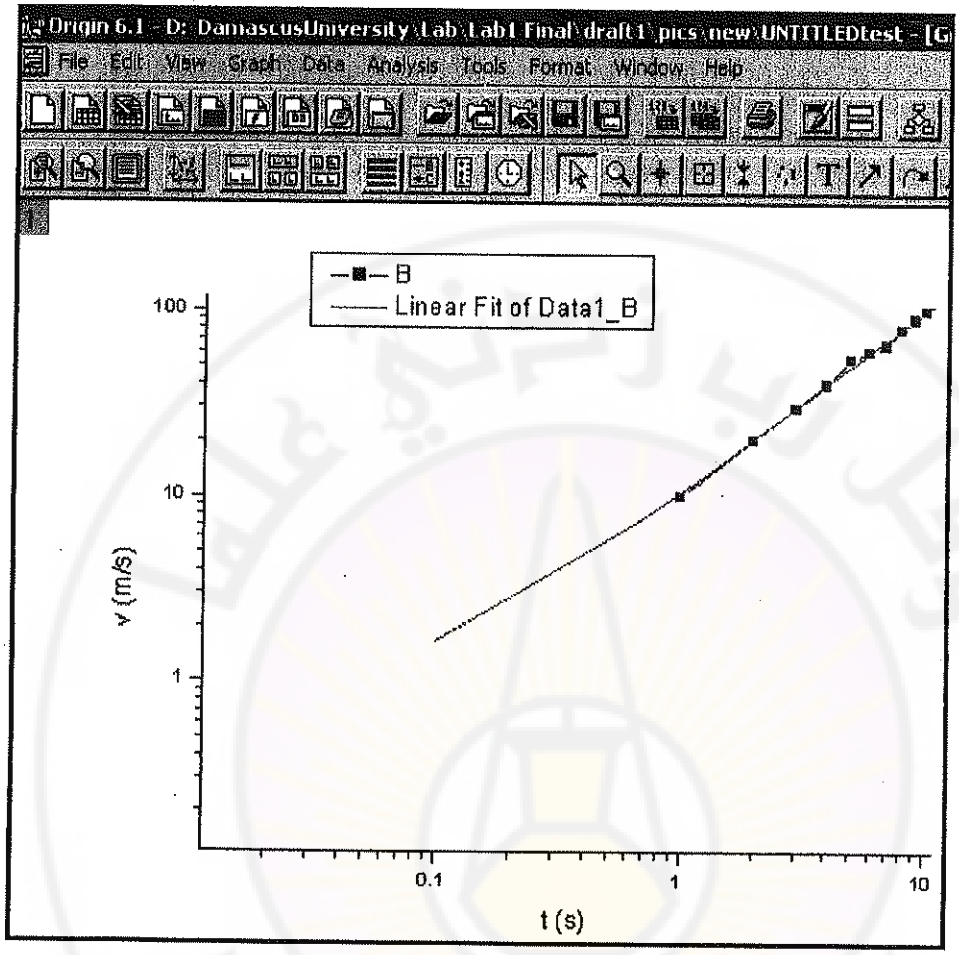
١٠- هناك فائدة أخرى للرسم باستخدام برنامج Origin إذ يمكننا من أخذ لغريتم كل من المحورين X و Y (أي كأننا نرسم على ورقة لغرتمية). للقيام بذلك نتبع ما يلي: لنفرض أنه لدينا الشكل ٤٠ نفسه. نتبع التعليمات الموجودة على الشكلين التاليين؛ الشكل ٤٢ و الشكل ٤٣ و نعيد العملية نفسها على المحور X لنحصل من بعدهما على الشكل ٤٤. يمكن حساب الميل الهندسي من الشكل ٤٤ مباشرة، و ذلك بمواءمة خطية للخط البياني التي شرحناها سابقاً.



الشكل ٤٢

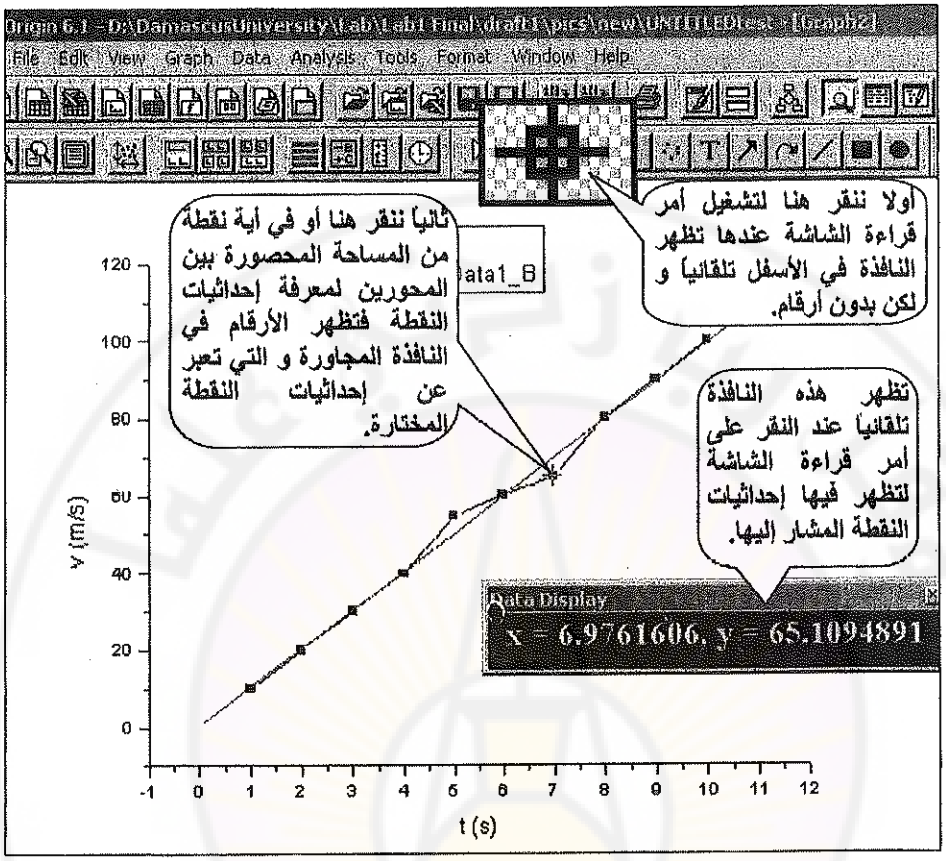


الشكل ٤٣



الشكل ٤٤

١١- هناك أمر هام يستفاد منه في عمليتي الاستقراء الداخلي و الخارجي، و هو أمر قراءة الشاشة. حيث باستخدام هذا الأمر يمكنك قراءة إحداثيات أية نقطة على الشاشة. لتنفيذ ذلك اتبع التعليمات الموجودة على الشكل ٤٥.



الشكل ٤٥

١٢- أخيراً نود أن نذكر هنا أنه يمكنك طباعة الخط البياني إذا كان الحاسب موصول إلى طابعة.

ملاحظة هامة جداً: لا تنسى حفظ عملك على القرص الصلب للحاسب بعد كل مرحلة تقوم بها و ذلك تفادياً من خسارته في حال القطاع التيار الكهربائي المفاجئ أو أي عطل طارئ في الحاسب، و كذلك لتعود إليه عندما تحتاجه في المستقبل. لحفظ المنحني البياني انقر على أيقونة File الموجودة في الزاوية اليسارية و اختر إحفظ بإسم (Save as)؛ تظهر عندها نافذة تسألك عن اسم الملف و أين تريد حفظه. فاكتب اسم الملف و اختر المجلد الذي تريد وضعه فيه.

الأجهزة و الأدوات المستخدمة:

١- حواسب و طابعات.

٢- برامج مثل Cassy – lab و Measure و Origin.

٣- حساس كاسي (Sensor-CASSY) و حساس (Cobra)

مراحل العمل و النتائج:

١- التدرب على استخدام برنامج Cassy lab. هذا البرنامج سوف تستفيد منه لاحقا في بعض التجارب؛ فمن خلال شرح كيفية استخدام هذا البرنامج في التمهيد النظري قم بالتدرب عملياً على تطبيق الخطوات المشروحة سلفاً على الحاسب.

٢- التدرب على استخدام برنامج Measure: في الحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام تعطى معادلات الحركة بالشكل: تعطى السرعة بالعلاقة: $v(t) = at + v_0$ و المسافة تعطى بالعلاقة: $x(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$؛ حيث a تسارع الحركة و t زمن الحركة و v السرعة الآنية و v_0 السرعة الابتدائية و x_0 المسافة الابتدائية. قمنا بقياس سرعة المتحرك بدلالة زمن الحركة، فحصلنا على النتائج في الجدول ١ و قمنا بقياس المسافة بدلالة الزمن، فحصلنا على النتائج في الجدول ٢ و المطلوب:

- باستخدام برنامج Measure ارسم الخط البياني لتحولات السرعة بدلالة الزمن الممثلة بالجدول ١. ثم استخلص قيم كل من التسارع و السرعة الابتدائية و ذلك بمواءمة هذا الخط البياني.

t (s)	v (m/s)
1	3
2	5
3	7
4	9
5	11
6	13
7	15
8	17
9	19
10	21
11	23
12	25
13	27
14	29
15	31
16	33
17	35
18	37

جدول ١

- باستخدام برنامج Measure ارسم الخط البياني لتحولات المسافة بدلالة الزمن الممثلة بالجدول ٢. ثم استخلص قيم كل من التسارع و السرعة الابتدائية و المسافة الابتدائية.

t (s)	x (m/s)
1	6
2	21
3	46
4	81
5	126
6	181
7	246
8	321
9	406
10	501
11	606
12	721
13	846
14	981
15	1126
16	1281

جدول ٢

٣- التدرب على استخدام برنامج Origin: سوف نعيد نفس مراحل العمل في التجربة السابقة (تحليل النتائج التجريبية) و لكن سوف نستخدم برنامج Origin لرسم الخطوط البيانية بدلاً من رسمها على ورق مليمتري أو لغرتمي. اتبع الخطوات المذكورة أنفاً في هذه التجربة حول استخدام برنامج Origin للقيام بتحليل نتائج التجربة السابقة (تحليل النتائج التجريبية) خطوة خطوة، و قارن نتائجك مع النتائج التي حصلت عليها في التجربة السابقة، ماذا تستنتج؟

تمارين إضافية تتعلق بالتدرب على استخدام برنامج Origin:

لنفرض أنه لدينا متحرك آخر يتحرك بحركة مستقيمة متغيرة بانتظام؛ حيث قمنا بقياس كل من السرعة و المسافة بدلالة الزمن فحصلنا على النتائج المبينة في الجدول ٣ و الجدول ٤ على التوالي.

- باستخدام برنامج Origin ارسم الخط البياني لتحولات السرعة بدلالة الزمن الممثلة بالجدول ٣ ثم استخلص قيم كل من التسارع و السرعة الابتدائية و ذلك بمواءمة هذا الخط البياني.

t (s)	v (m/s)
1	6
2	10
3	14
4	18
5	22
6	26
7	30
8	34
9	38
10	42
11	46
12	50
13	54
14	58
15	62
16	66
17	70

جدول ٣

- باستخدام برنامج Origin ارسم الخط البياني لتحولات المسافة بدلالة الزمن الممثلة بالجدول ٤ ثم استخلص قيم كل من التسارع و السرعة الابتدائية و المسافة الابتدائية.

t (s)	x (m/s)
1	11
2	32
3	65
4	110
5	167
6	236
7	317
8	410
9	515
10	632
11	761
12	902
13	1055
14	1220
15	1397

جدول ٤

أخيراً نود الإشارة إلى أن ما ذكر سابقاً ليس كل العمليات الممكن القيام بها باستخدام الحاسب؛ بل إن هناك عمليات كثيرة يمكن القيام بها أيضاً. فمثلاً يمكن تطبيق بعض الحسابات البسيطة و المعقدة على النتائج التجريبية (جمع – طرح – ضرب – قسمة....الخ)، و يمكن رسم أية معادلة رياضية، و مقارنة النتائج،

بالإضافة إلى ذلك يمكن استخدام الحاسب في مراحل متقدمة في البحث العلمي فيما يسمى بالنمذجة و المحاكاة.....و الخ.

خلاصة:

اكتب مقالة من بضعة أسطر تقوّم فيها النتائج التي حصلت عليها و إذا ما تحقق الهدف أو الأهداف المرجوّة؟ هل لديك اقتراحات عملية للتحسين ؟

****

انتهت التجربة

II- تجارب في الضوء الهندسي

١ـ قوانين العدسات

٢ـ قانون المرآة المقعرة

٣ـ المطياف ذو الموشور

٤ـ دراسة وظائف بعض العناصر البصرية

٥ـ سرعة الضوء و التعرف إلى راسم الاهتزاز

٦ـ الزيوغ في العدسات

٧ـ المجهر

٨ـ قوانين الموشور

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

II- التجربة (١): قوانين العدسات

- الغاية من التجربة.
- التمهيد النظري.

١.حساب البعد المحرقي للعدسة باستخدام طريقة بيسيل.

٢. قانون التكبير الخطي.

٣. جمع العدسات الرقيقة

- الأجهزة و الأدوات.
- مراحل العمل و النتائج.
- خلاصة.

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

II- التجربة (١): قوانين العدسات
(Lens Laws)

الغاية من التجربة:

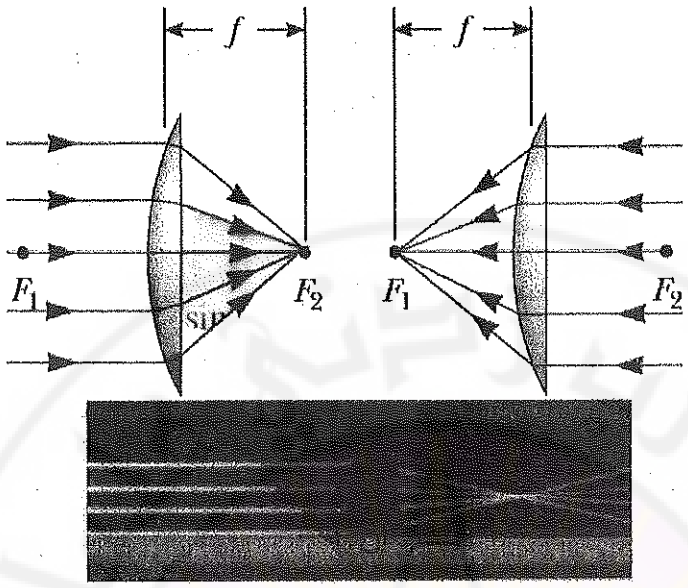
١- قياس البعد المحرقي لعدد من العدسات المقربة بطريقة ديكارت، و باستخدام طريقة بيسل.

٢- التحقق من صحة قانون التكبير الخطي العرضاني.

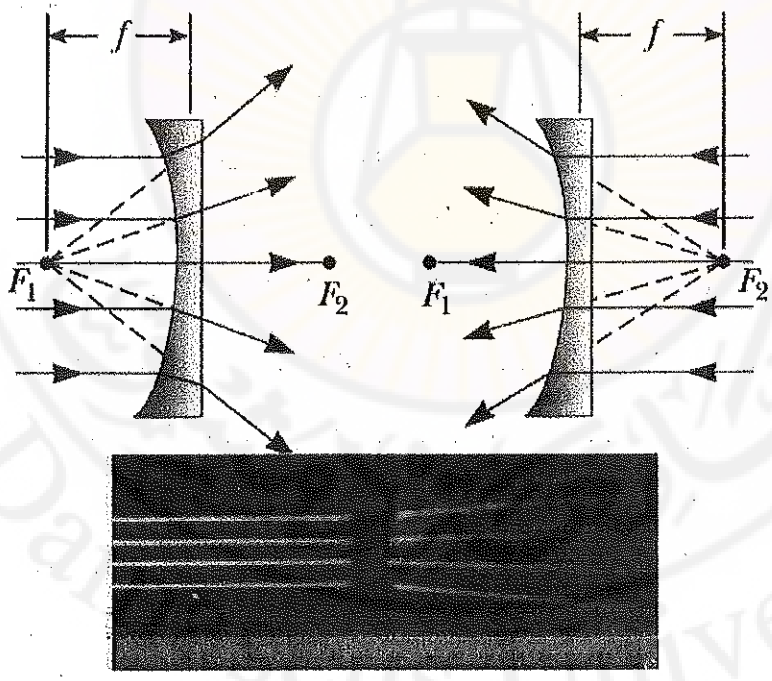
٣- التحقق من قانون جمع العدسات، و استخدامه لقياس البعد المحرقي لعدسة مبعدة.

التمهيد النظري:

تعريف العدسة الرقيقة: هي وسط شفاف محصور بين سطحين كرويين البعد بين ذروتيهما مهمل بحيث يمكن أن يعدا منطبقين عند المركز الهندسي (البصري) للعدسة. هناك نوعان من العدسات الرقيقة؛ عدسات مقربة أو الموجبة و الأخرى مبعدة أو السالبة. يظهر الشكل (١ أ) و الشكل (١ ب) مواضع النقاط المحرقية F_1 و F_2 و البعد المحرقي f لكلا النوعين من العدسات على التوالي. من الشكل نلاحظ أن الأشعة الموازية للمحور الأصلي للعدسة تتلاقى (أو تتلاقى ممداتها في حالة العدسة المبعدة) بعد اختراقها للعدسة في نقطة تدعى بالنقطة المحرقية، و أن الأشعة الصادرة من (أو كأنها قادمة باتجاه في حالة العدسة المبعدة) النقطة المحرقية تبرز متوازية فيما بينها.



شكل (١ - أ): موضع النقطة المحرقية للعدسة المقربة، حيث F_1 و F_2 النقاط المحرقية

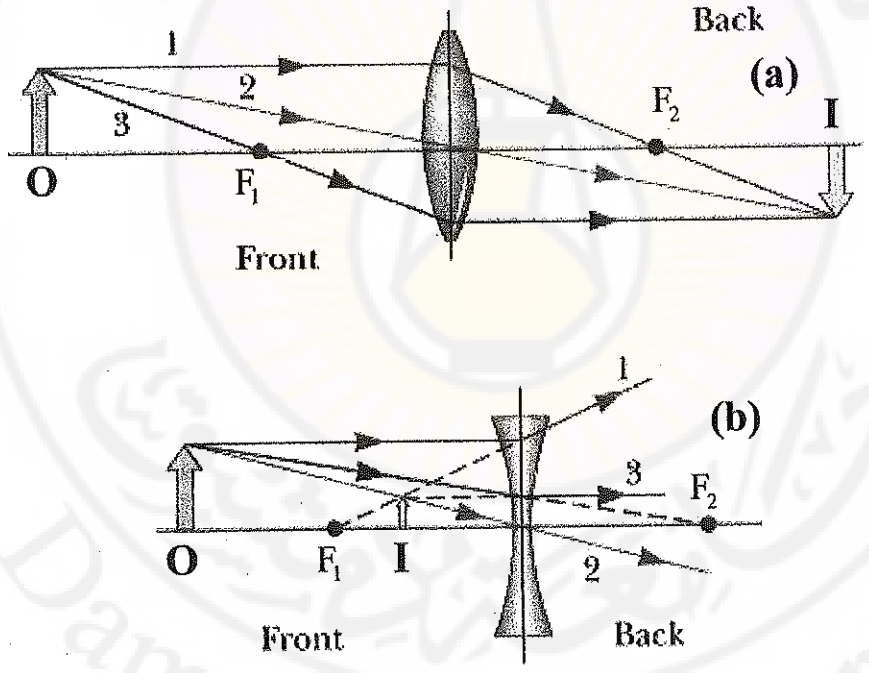


شكل (١ - ب): موضع النقطة المحرقية للعدسة المبعدة، حيث F_1 و F_2 النقاط المحرقية.

الشكل ٢ يظهر تشكل الخيال لجسم بواسطة العدسة المقربة (a) و العدسة المبعدة (b)؛ حيث تم استخدام ثلاث أشعة أولها يمر من المحرق و ثانيها يمر من مركز العدسة و الثالث يوازي المحور الأصلي للعدسة. إن العلاقة بين البعد المحرقي للعدسة و بعد الجسم و الخيال عن العدسة يعطى **بقانون ديكارت** التالي:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{S}+\frac{1}{S'} \qquad (1)$$

حيث f البعد المحرقي للعدسة؛ S بعد الجسم عن مركز العدسة و S' بعد الخيال عن مركز العدسة.



شكل ـ ٢: تشكل الأخيلة بواسطة العدسة المقربة (a) و بواسطة العدسة المبعدة (b). حيث O الجسم و I الخيال، F_1 و F_2 النقاط المحرقية

حساب البعد المحرقي للعدسة باستخدام طريقة بيسيل:

إن العلاقة الثانية التي ستستخدم لحساب البعد المحرقي للعدسة المقربة تعتمد على البحث عن وضعين للعدسة بين الجسم و الحاجز (الذي يتشكل الخيال عنده) يكون عندهما الخيال المتشكل في الوضع الأول L_1 خيالاً مصغراً و الخيال المتشكل في الوضع الثاني L_2 خيالاً مكبراً. بفرض أن المسافة بين الحاجز و الجسم d ؛ و المسافة بين وضعي العدسة L_1 و L_2 هي b ؛ و بفرض S_1 و S_1' بعد كل من الجسم و الخيال عن العدسة في الوضع الأول و S_2 و S_2' بعد كل من الجسم و الخيال عن العدسة في الوضع الثاني.انظر إلى **الشكل ٣** لمزيد من التفاصيل.

حسب مبدأ رجوع الضوء يمكن كتابة ما يلي: $S_1 = S_2'$ و $S_2 = S_1'$ و من الشكل ٣ يمكن كتابة:

$$S_1 + S_1' = S_2 + S_2' = d \qquad (2)$$

و إن

$$S_1 - S_1' = S_2' - S_2 = b \qquad (3)$$

و بجمع العلاقتين (2) و (3) ينتج:

$$S_1 = \frac{d+b}{2} \qquad (4)$$

و بطرح العلاقتين (2) و (3) ينتج:

$$S_1' = \frac{d-b}{2} \qquad (5)$$

و بإعادة كتابة العلاقة (1) من أجل العدسة في الوضعية الأولى يكون لدينا:

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{S_1}+\frac{1}{S_1'}$$

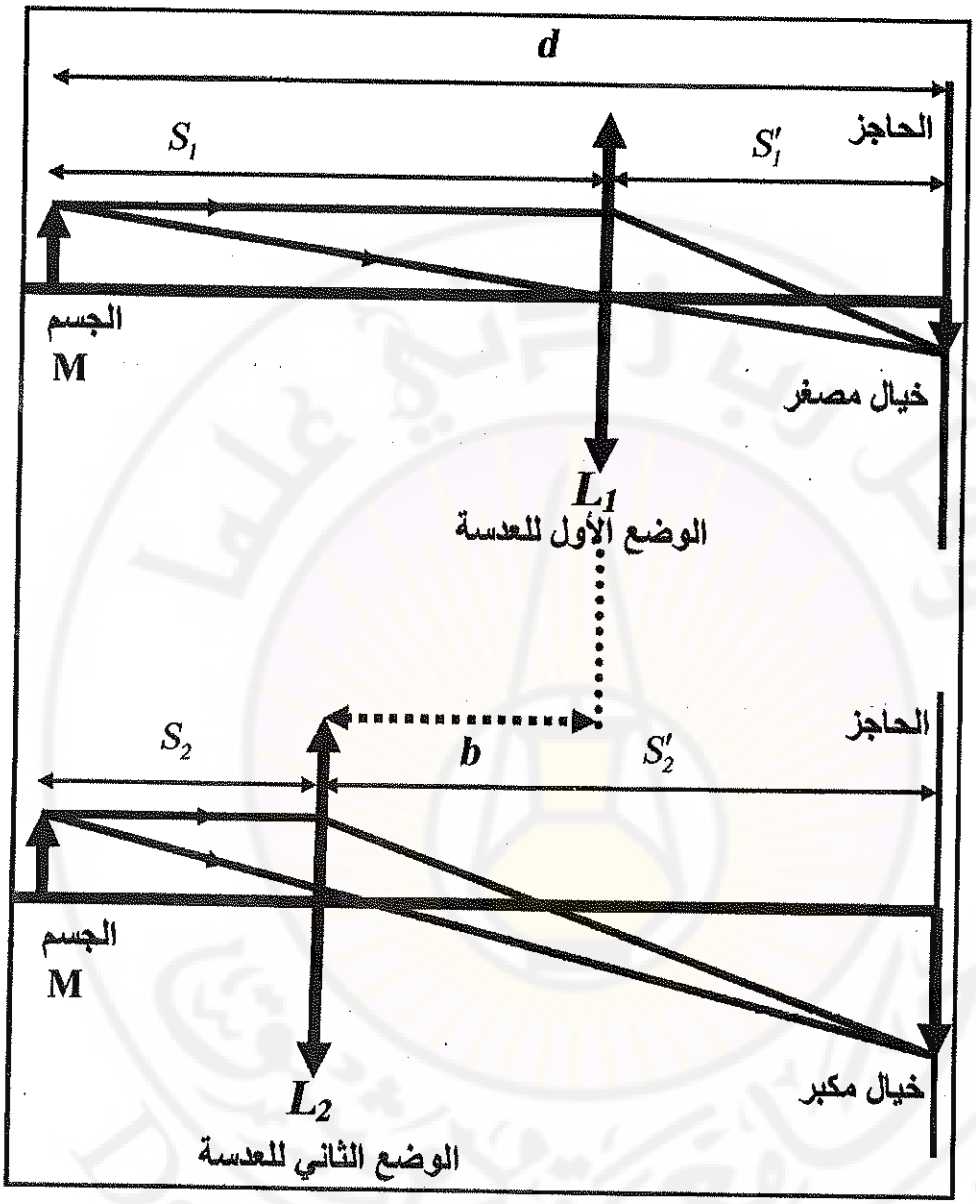
أو

$$f=\frac{S_1\times S_1'}{S_1+S_1'} \qquad (6)$$

بتعويض كل من العلاقتين (4) و (5) في العلاقة (6) و باعتبار أن كلا من S_1 و S_1' موجبا (الخيال و الجسم حقيقيا) يمكننا كتابة العلاقة (6) بالشكل:

$$f=\frac{d^2-b^2}{4d} \qquad (7)$$

أي نستطيع تحديد البعد المحرقي للعدسة المقربة مباشرة بقياس كل من d و b. و لهذه الطريقة محاسن و مساوئ مقارنة بطريقة قانون ديكارت، يطلب استخلاصها.



شكل - ٣: الوضع الأول (تشكل خيال مصغر) و الثاني (تشكل خيالاً مكبراً) للعدسة.

قانون التكبير الخطي:

يعرف التكبير الخطي العرضاني لعدسة بإنه نسبة طول الخيال على طول الجسم، هذه العلاقة تدعى بقانون التكبير الخطي العرضاني التي تكتب بالشكل:

$$m_t = \frac{h'}{h} = -\frac{S'}{S} \qquad (8)$$

حيث m_t التكبير الخطي العرضاني للعدسة؛ h طول الجسم؛ h' طول الخيال؛ S بعد الجسم عن مركز العدسة؛ و S' بعد الخيال عن مركز العدسة.

جمع العدسات الرقيقة:

١- عدستان مقربتان:

لنفرض أنه لدينا عدستان مقربتان متلاصقتان ذوا أبعاد محرقية f_1 و f_2 على التوالي، و أن بعد الجسم عن جملة العدستين $S_1 = S$ عندئذ بتطبيق قانون العدسات للعدسة الأولى يعطينا:

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S_1'} \qquad (9)$$

حيث S_1' بعد الخيال عن العدسة الأولى. باعتبار أن خيال العدسة الأولى هو جسم بالنسبة للعدسة الثانية؛ بالتالي يكون بعد الجسم عن العدسة الثانية $S_2 = -S_1'$ (الإشارة السالبة بسبب أن الجسم وهمي بالنسبة للعدسة الثانية). بالنتيجة يمكن كتابة من أجل العدسة الثانية:

$$\frac{1}{f_2}=\frac{1}{S_2'}-\frac{1}{S_1'} \qquad (10)$$

حيث إن $S'=S_2'$ هو بعد الخيال من العدسة الثانية و الذي هو بالنتيجة بعد الخيال لجملة العدستين. بجمع المعادلتين (9) و (10) ينتج:

$$\frac{1}{S}+\frac{1}{S'}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2} \qquad (11)$$

و منه باستبدال جملة العدستين بعدسة واحدة التي تشكل خيالا بنفس المكان عندها تصبح العلاقة (11):

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2} \qquad (12)$$

حيث إن f البعد المحرقي لجملة العدستين. من العلاقة نلاحظ أنه بمعرفة البعد المحرقي لجملة العدستين و البعد المحرقي لإحدى العدستين يمكننا حساب البعد المحرقي للعدسة الثانية.

٢- جمع عدسة مقربة مع عدسة مبعدة:

إذا كان لدينا عدسة مبعدة يمكننا حساب بعدها المحرقي f_x بوضعها متلاصقة مع عدسة مقربة معروف بعدها المحرقي f_1 (حيث لا يمكن قياس البعد المحرقي للعدسة المبعدة لوحدها لإنه وهمي). عندئذ نقوم بقياس البعد المحرقي لجملة العدستين f ثم نطبق العلاقة (12) لحساب البعد المحرقي للعدسة المبعدة f_x :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_x} \qquad (13)$$

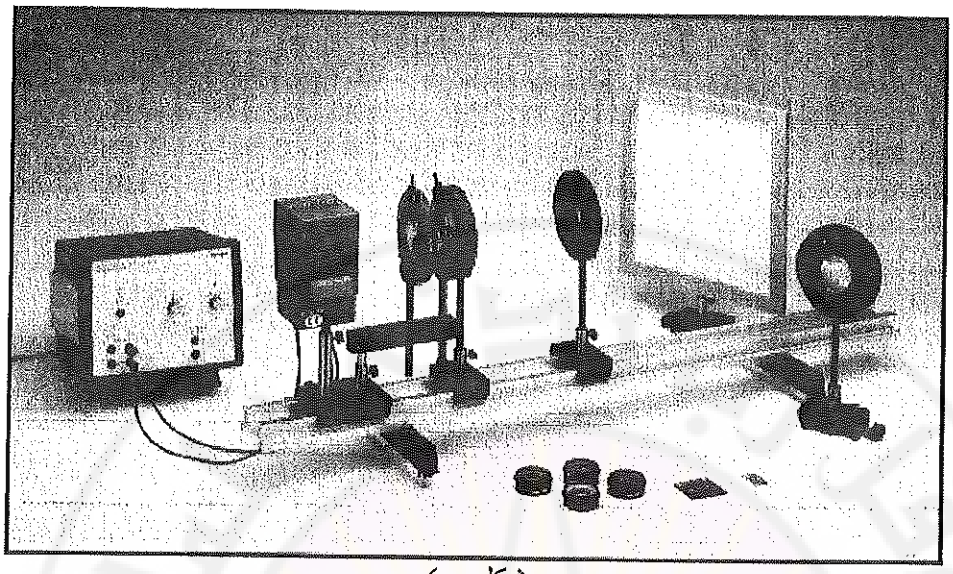
و منه

$$f_x = \frac{f_1 \times f}{f_1 - f} \qquad (14)$$

الأجهزة و الأدوات:

كما في الشكل -٤؛ الأجهزة و الأدوات المستخدمة كالتالي:

- عدسة مع حامل بعدها المحرقي +20 mm
- عدسة مع حامل بعدها المحرقي +50 mm
- عدسة مع حامل بعدها المحرقي +100 mm
- عدسة مع حامل بعدها المحرقي +300 mm
- عدسة مع حامل بعدها المحرقي –50 mm
- عدسة مع حامل بعدها المحرقي –200 mm
- شاشة مع شق على شكل سهم
- مكثف مضاعف
- مسطرة ميكروميترية
- عينة بيولوجية
- جسر ضوئي
- حوامل منزلقة
- حوامل عدسات
- مصباح
- مغذٍ
- أسلاك
- شاشة شافة
- شاشة ذات زجاج محجر



شكل - ٤

مراحل العمل و النتائج:

ملاحظة ١: يجب أن تعاد التجربة على الأقل مرتين لتأخذ وسطي القياسين.

١ - حساب البعد المحرقي للعدسة باستخدام علاقة ديكارت:

حرك العدسة بين الحاجز و الجسم حتى تحصل على أوضح خيال. بعدها أوجد بعد الجسم و بعد الخيال و من ثم احسب البعد المحرقي لكل عدسة باستخدام العلاقة (1). نظم جدولاً بنتائجك كالتالي: (علماً بإن ΔS الخطأ المطلق في S و $\Delta S'$ الخطأ المطلق في S')

	بعد الجسم $S\ (cm)$	ΔS	بعد الخيال $S'\ (cm)$	$\Delta S'$	البعد المحرقي f المحسوب بالعلاقة (1)
العدسة الأولى					
العدسة الثانية					
العدسة الثالثة					
العدسة الرابعة					

احسب الخطأ المطلق Δf في f ؛ حيث يمكن ايجاد الخطأ في بعد الخيال أو بعد الجسم بتحديد مجال حركة العدسة الذي لا يتأثر عندها وضوح الخيال فيكون الخطأ فيهما هو نصف المجال، و اكتب النتيجة بالشكل: $f = (\overline{f} \pm \Delta f)\ \ cm$.

هل قانون التكبير الخطي العرضاني المعطى بالمعادلة (8) محقق في هذه العدسات؟ لبيان ذلك قم بقياس كل من طول الجسم، و طول الخيال، و احسب النسبة h'/h و قارنها بالنسبة S'/S، نظم نتائجك بجدول مناسب.

٢ - حساب البعد المحرقي للعدسة باستخدام طريقة بيسيل:

حرك العدسة بين الحاجز و الجسم حتى تحصل على خيال مكبر، و على خيال مصغّر، و من ثم احسب البعد المحرقي لكل عدسة باستخدام العلاقة (7). لفهم هذه الطريقة راجع الشكل ٤ و التمهيد النظري. نظم جدولاً بنتائجك كالتالي:

	d (cm)	Δd (cm)	b (cm)	Δb (cm)	$f=\frac{d^2-b^2}{4d}$ (cm)
العدسة الأولى					
العدسة الثانية					
العدسة الثالثة					
العدسة الرابعة					

احسب الخطأ المطلق Δf في f ؛ حيث يمكن إيجاد الخطأ في بعد الخيال أو بعد الجسم بالطريقة نفسها التي اتبعناها في الفقرة السابقة؛ و اكتب النتيجة بالشكل:

$$f=(\bar{f}\pm\Delta f)\ \ cm\ .$$

هل قانون التكبير الخطي العرضاني المعطى بالمعادلة (8) محقق في هذه العدسات؟ لبيان ذلك قم بقياس كل من طول الجسم، و طول الخيال، و احسب النسبة h'/h و قارنها بالنسبة S'/S، نظم نتائجك بجدول مناسب.

٣- جمع العدسات:

١- أوجد البعد المحرقي لعدستين مقربتين متلاصقتين تجريبياً باستخدام قانون ديكارت، و من ثم احسب البعد المحرقي لجملة العدستين باستخدام العلاقة (12) ثم قارن النتيجتين.

٢- أوجد البعد المحرقي لعدسة مبعدة، و ذلك بوضعها ملاصقة لعدسة مقربة معروف بعدها المحرقي. راجع التمهيد النظري لمعرفة كيفية حسابه.

احسب الخطأ المطلق Δf في f ؛ حيث يمكن ايجاد الخطأ في بعد الخيال أو بعد الجسم بالطريقة نفسها التي اتبعناها في الفقرات السابقة. و اكتب النتيجة بالشكل:

$$f = (\bar{f} \pm \Delta f) \quad cm \quad .$$

خلاصة:

اكتب مقالة من بضعة أسطر تقوّم فيها النتائج التي حصلت عليها، و إذا ما تحقق الهدف أو الأهداف المرجوّة؟ هل لديك اقتراحات عملية للتحسين ؟

****

انتهت التجربة

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

II- التجربة (٢): قانون المرآة المقعرة

- الغاية من التجربة.
- التمهيد النظري.

قوانين المرآة المقعرة.

- الأجهزة و الأدوات.
- مراحل العمل و النتائج.
- خلاصة.

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

II- التجربة (٢): قانون المرآة المقعرة
(Law of Concave Mirror)

الغاية من التجربة:

١- قياس البعد المحرقي للمرآة بطريقة ديكارت (قانون الترافق).
٢- دراسة تشكل الأخيلة في المرآة المقعرة، و ذلك من أجل مواضع مختلفة للجسم.
٣- التحقق من صحة قانون التكبير الخطي العرضاني.

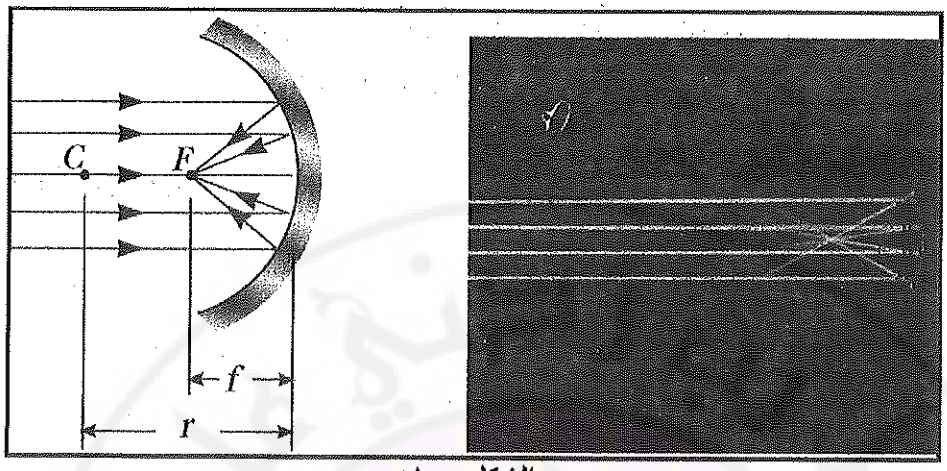
التمهيد النظري:

تعريف المرآة المقعرة: هي عبارة عن سطح كروي مقعر عاكس للضوء؛ هذا السطح هو جزء من كرة، بالتالي نصف قطر انحناء المرآة r هو نصف قطر الكرة المقتطعة منها، و مركز المرآة C هو مركز هذه الكرة انظر الشكل ١. يعرف المحور الأصلي للمرآة أنه المستقيم الذي يمر من مركز المرآة، و يقطع سطح المرآة عند الذروة c كما يبين الشكل ١.

تشبه المرآة المقعرة العدسة من حيث إنها تجمع الحزمة الضوئية الموازية لمحورها بعد انعكاسها في نقطة تدعى بالمحرق F حيث تدعى المسافة Fc بالبعد المحرقي، و يرمز له بـ f . إن العلاقة بين f و r تعطى بالمعادلة:

$$r = 2f \qquad (1)$$

و إن كل شعاع ضوئي يرد المرآة ماراً بمحرقها الأصلي ينعكس موازياً لمحورها الأصلي.



الشكل – ١

قوانين المرآة المقعرة:

يظهر **الشكل ٢** تشكل الخيال لجسم في الموضع O الذي يقع خارج مركز المرآة، و إن طول هذا الجسم h. نلاحظ من هذا الشكل أنه يتكون لهذا الجسم خيال في الموضع I و أن هذا الخيال مقلوب و أصغر من الجسم حيث إن طوله h'. كما نلاحظ أنه تم استخدام شعاعين لتحديد موقع الخيال؛ الشعاع الأول يمر من مركز المرآة، فينعكس على نفسه، و الشعاع الثاني يرد المرآة في نقطة الذروة، فينعكس بزاوية انعكاس مساوية لزاوية الورود. بالنيجة تقاطع الأشعة المنعكسة يحدد موضع الخيال.

إن العلاقة بين البعد المحرقي للمرآة و بعد الجسم و الخيال عن المرآة يعطى **بقانون ديكارت التالي:**

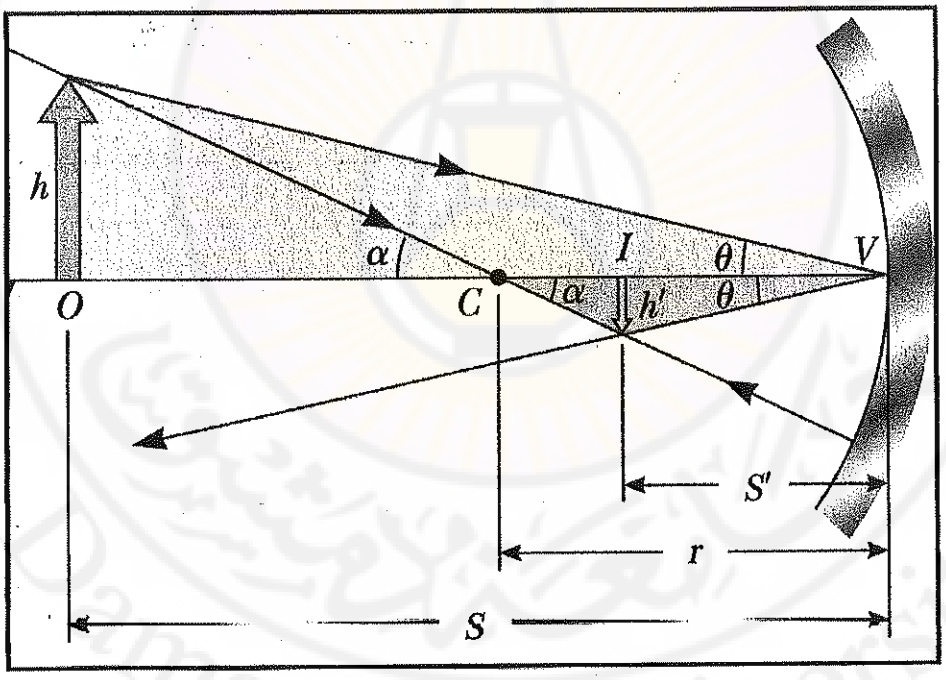
$$\frac{1}{f}=\frac{1}{S}+\frac{1}{S'} \qquad (2)$$

حيث f البعد المحرقي للمرآة؛ S بعد الجسم عن ذروة المرآة و S' بعد الخيال عن ذروة المرآة.

و إن العلاقة بين طول الخيال و طول الجسم تعطى بعلاقة تدعى بقانون التكبير الخطي العرضاني:

$$m_t = \frac{h'}{h} = -\frac{S'}{S} \qquad (3)$$

حيث m_t التكبير الخطي العرضاني للمرآة؛ h طول الجسم؛ h' طول الخيال؛ S بعد الجسم عن ذروة المرآة؛ و S' بعد الخيال عن ذروة المرآة.



شكل - ٢

الأجهزة و الأدوات:

الأجهزة و الأدوات المستخدمة كالتالي:

- مرآة مقعرة.
- مصباح.
- جسر ضوئي.
- مغذٍ.
- شاشة شافة
- أسلاك.
- شاشة مع شق على شكل سهم.
- حوامل.

مراحل العمل و النتائج:

١- حساب البعد المحرقي للمرآة باستخدام علاقة ديكارت و التحقق من صحة قانون التكبير الخطي العرضاني:

ضع الجسم على بعد ما S تختاره عن ذروة المرآة ليتشكل له أوضح خيال على الحاجز؛ عندها قم بقياس بعد الخيال عن ذروة المرآة S' و طول الخيال h' و طول الجسم h. يجب أن تكون الأشعة محورية (أي قريبة من المحور ما أمكن) لأن قانون ديكارت المستعمل استنتج ضمن هذا التقريب،لذلك اجعل الخيال أقرب ما يكون إلى المحور (الزاوية θ في الشكل -٢ أصغر ما يمكن و ذلك بتبعيد الجسم عن المرآة). المطلوب:

أولا: احسب البعد المحرقي للمرآة باستخدام علاقة ديكارت.

ثانيا: احسب النسبة $k_1 = \frac{h'}{h}$ و النسبة $k_2 = \frac{S'}{S}$.

ثالثا: أوجد الخطأ المطلق في قياس كل من S و S' و f و h' و h. حيث يتم تعيين الارتياب في S' و S تجريبياً بتحديد مجال حركة المرآة الذي لا يتأثر

عندها وضوح الخيال، فيكون الخطأ فيهما هو نصف المجال. أخيرا يجب أن يكتب الارتياب في f بالشكل $f = (\bar{f} \pm \Delta f)\ \ cm$.

أعد التجربة من أجل قيم متزايدة لـ S على ألا تقل عن ست قيم أخرى، و نظم نتائجك بجدول كالتالي:

$h =$						(cm)		
رقم التجربة	S (cm)	S' (cm)	f (cm)	$E_f = \lvert\bar{f} - f\rvert$	h' (cm)	$k_1 = \frac{h'}{h}$	$k_2 = \frac{S'}{S}$	$E = \lvert k_1 - k_2\rvert$
١								
٢								
٣								
٤								
٥								
٦								
٧								
			$\bar{f} =$	$\bar{E}_f =$		$\bar{k}_1 =$	$\bar{k}_2 =$	$\bar{E} =$

ناقش النتائج التي حصلت عليها من الجدول. مشيرا إلى:

١- التجارب المقبولة و التجارب المرفوضة.

٢- ناقش فيما إذا كان قانون التكبير الخطي العرضاني محققا أم لا.

٣- احسب نصف قطر انحناء المرآة r.

رابعا: ارسم على ورقة مليمترية الخط البياني لتحولات S' بدلالة S و ارسم على ورقة مليمترية أخرى الخط البياني لتحولات $\frac{1}{S'}$ بدلالة $\frac{1}{S}$. ماذا تستنتج من هذين الخطين؟

٢- دراسة وصفية لتشكل الأخيلة في المرآة المقعرة:

أ- ضع الجسم أبعد من مركز المرآة؛ أين يتشكل الخيال؟

ب-ضع الجسم في مركز المرآة؛ أين يتشكل الخيال؟

ت-ضع الجسم في محرق المرآة؛ أين يتشكل الخيال؟

ث-ضع الجسم بين مركز المرآة و المحرق؛ أين يتشكل الخيال؟

ج- ضع الجسم بين المحرق و ذروة المرآة؛ أين يتشكل الخيال؟

ح- ضع الجسم في اللانهاية؛ أين يتشكل الخيال؟

خلاصة:

اكتب مقالة من بضعة أسطر تقوّم فيها النتائج التي حصلت عليها و تبين فيما إذا تحقق الهدف أو الأهداف المرجوّة؟ هل لديك اقتراحات عملية للتحسين ؟

****

انتهت التجربة

II- التجربة (٣): المطياف ذو الموشور

- الغاية من التجربة.
- التمهيد النظري.
- الأجهزة و الأدوات.

وصف مقياس الطيف ((السبكترومتر))

- مراحل العمل و النتائج.
- خلاصة.

Damascus University


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

II- التجربة (٣): المطياف ذو الموشور

(Prism Spectrometer)

الغاية من التجربة:

دراسة مقياس الطيف واستخدامه لتعيين زاوية رأس الموشور وزاوية الانحراف الأصغري لألوان ضوء الزئبق، ومن ثم حساب قرينة انكسار الموشور لكل لون.

التمهيد النظري:

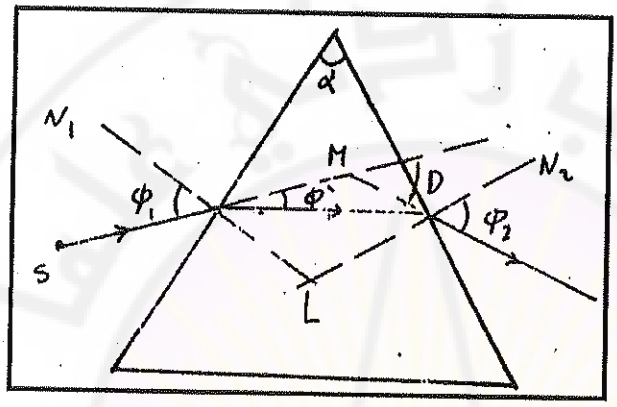
عندما يجتاز ضوء مركب موشوراً ما فإنه يتبدد إلى ألوان الطيف التي يتألف منها، ويبرز من الوجه الثاني للموشور، ولا يكون موازيا لمنحاه الأصلي، بل يصنع معه زاوية تدعى (زاوية الانحراف) Deviation angle وبحيث يقترب الشعاع البارز من قاعدة الموشور شكل (١). تختلف زاوية الانحراف هذه باختلاف زاوية ورود الأشعة، ولكن من أجل زاوية ورود معينة تكون زاوية الانحراف أصغر ما يمكن تسمى عندئذ (زاوية الانحراف الأصغري) Minimum-deviation ويرمز لها بـ D_m، راجع تجربة الموشور من أجل تفصيلات إضافية. ترتبط هذه الزاوية مع زاوية رأس الموشور α وقرينة انكساره n بالعلاقة التالية :

$$n = \frac{\sin\left(\frac{\alpha + D_m}{2}\right)}{\sin(\alpha / 2)} \qquad (1)$$

غير أن قرينة الانكسار هذه تختلف باختلاف الطول الموجي للضوء الساقط، لذلك يحدث تبدد للضوء المركب عندما يجتاز الموشور. ترتبط قرينة الانكسار مع الطول الموجي للضوء بالعلاقة:

$$n_\lambda = A + \frac{B}{\lambda^2} \qquad (2)$$

تعرف هذه العلاقة بعلاقة «كوشي». حيث إن B ثابت كوشي الأول و أن A ثابت كوشي الثاني.



الشكل (١)

الأجهزة و الأدوات:

- مقياس الطيف Spectrometer.
- موشور.
- منبع لضوء الزئبق.

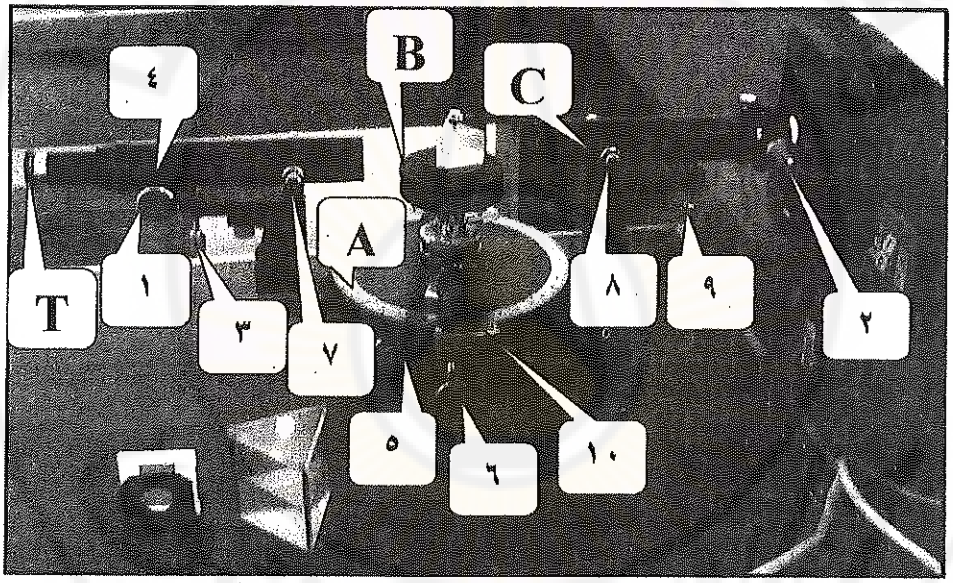
وصف مقياس الطيف ((السبكترومتر)):

يتألف مقياس الطيف شكل (٢) من الأجزاء التالية:

- **القرص المدرج (A):** وهو عبارة عن قرص دائري مدرج بين $(0-360°)$ ،ومجهز بفرنية (١٠) مدرجة بين $(0-30)$ دقيقة أي

نصف درجة. يمكن لهذا القرص الدوران حول محور شاقولي. يحمل هذا القرص القاعدة B التي نضع عليها الموشور.

- **المجمع (C):** وهو أنبوب ينتهي أحد طرفيه بشق ضيق (S) يمكن تغيير عرضه بواسطة اللولب (٢)، أما الطرف الثاني القريب من القرص المدرج فينتهي بعدسة مجمعة.
- **النظارة (T):** تتألف من عدسة جسمية وعدسة مجهزة بمحكم ذي خطين متعامدين. تتحرك النظارة حول المحور الشاقولي نفسه الذي يتحرك حوله القرص المدرج.



الشكل (٢)

مراحل العمل و النتائج:

أ- ضبط مقياس الطيف:

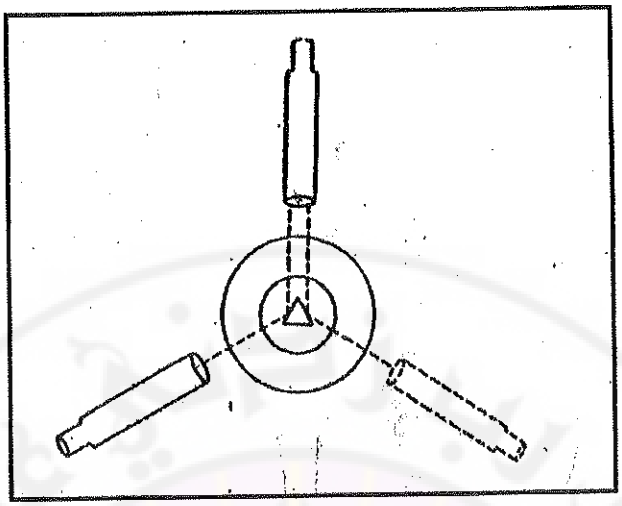
قبل أخذ أية قراءة صحيحة، يجب فهم الوسيلة المستخدمة بشكل كامل وجيد، ومعرفة وظيفة وعمل كل جزء من أجزائها. إن المطياف مضبوط مسبقاً بحيث

ترى الشق المضيء شاقولياً وموازياً للخط الشاقولي الظاهر من خلال العينية، إذا لم يكن ذلك محققاً، فنتبع ما يلي:

نضبط المنظار على هدف بعيد بوساطة اللولب (٤).(يمكن أن يختلف الضبط من شخص إلى آخر؛ لذلك تستعمل حرية حركة العينية بوساطة اللولب (١) للتغلب على هذا الاختلاف الذي لايكون كبيراً في العادة) بحيث نرى الخطين المتعامدين بوضوح. نجعل النظارة والمجمع على خط أفقي واحد بوساطة اللولب (٣ و ٩)، وننظر إلى الشق من خلال عدسة العينية، ونجعل الشق منطبقاً على الخط الشاقولي للعينية قدر الإمكان بواسطة اللولبين (٧ و ٨). يمكن التحكم بعرض الخيال بواسطة لولب الشق (٢). يجب أن يكون الخط الأفقي للنظارة، والمجمع عمودياً على محور المقياس. وكذلك يجب جعل قاعدة الموشور على ارتفاع مناسب بالنسبة للمجمع، والنظارة دون المساس باستوائيتها. ندير قاعدة الفرنية بحيث ينطبق صفرها – قدر الإمكان – على صفر القرص المدرج ثم نثبت الفرنية بواسطة اللولب (٦). يجب أن نحافظ على هذه الوضعية طول فترة التجربة، ثم نحول هذا التطابق بين صفر الفرنية وصفر القرص إلى تطابق تام بواسطة اللولب (٥).

ب- تعيين زاوية رأس الموشور:

نضع الموشور على قاعدة المطياف بحيث تقابل رؤوس قاعدته التي يستند عليها النقاط الثلاث الموضحة على قاعدة المطياف شكل (٣). ننير شق المجمع بضوء الزئبق (أو أي منبع آخر للضوء على ألا يكون متوهجاً).



الشكل (٣)

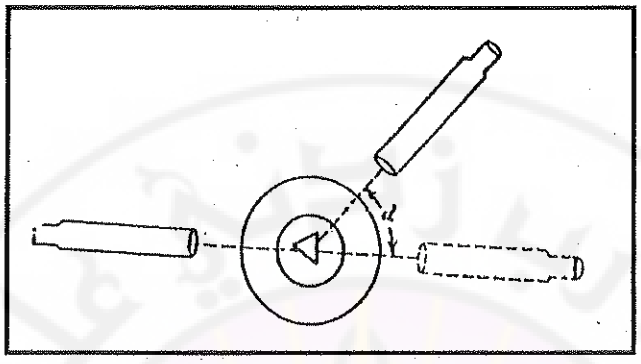
- نحرك المنظار باتجاه اليمين حتى نرى خيال الشق المنعكس على الوجه الأول للموشور، نضبط الخط الشاقولي داخل النظارة على منتصف الخيال، ونعين قيمة الزاوية α_1 التي تمثل زاوية دوران النظارة.
- ندير النظارة باتجاه اليسار حتى نرى خيال الشق المنعكس على الوجه الثاني للموشور؛ ثم نكرر ما قمنا به في البند السابق عند تعيين α_1 و لتكن α'. التي تمثل القراءة المباشرة على الفرنية، ومنها نحسب $\alpha_2 = 360 - \alpha'$ (تكون بعض أقراص المقاييس مدرّجة في نصفين كل منهما ١٨٠ درجة فيجب الانتباه والقيام بالقراءة الصحيحة):

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$$

ت- تعيين زاوية الانحراف الأصغري:

- نضع الموشور على قاعدته كما في الفقرة السابقة ولكن بحيث يسقط الضوء على أحد وجهيه. بينما يكون الوجه الثاني عمودياً على خط النظر

كما في الشكل (٤). يخترق الضوء الوجه الأول ويبرز من الوجه الثاني مبدداً إلى ألوان الطيف.



الشكل (٤)

- نبحث عن خطوط الطيف بتحريك المنظار باتجاه قاعدة الموشور .إن ظهور خطوط الطيف في ساحة الرؤية للنظارة لا يعني أن زاوية الانحراف هي زاوية الانحراف الأصغري.
- ندير القرص الذي يحمل قاعدة الموشور بحيث تقترب قاعدة الموشور باتجاه المجمع . نلاحظ أن خطوط الطيف تتحرك بالاتجاه المعاكس . للحصول على زاوية الانحراف الأصغري ندير القرص حتى تقف خطوط الطيف عن التقدم ثم لا تعود بالاتجاه المعاكس.
- نبدأ بتعيين زاوية الانحراف الأصغري للخط الأصفر. وذلك بضبط نقطة تقاطع الخطين المتعامدين على منتصف الخط الطيفي هذا ونسجل قراءة الزاوية θ_1 ، الجزء الصحيح مع قراءة الفرنية كما في حالة قراءة القدم القنوية في التجربة الأولى، واستناداً إلى المبدأ نفسه (أجزاء الدرجة). نكرر العمل من أجل خطوط الطيف الأخرى (الأخضر - والأخضر

المزرق - والأزرق - والبنفسجي)، كرر العمل السابق من أجل الوضع المقابل لحساب θ_2 ؛ ونسجل النتائج في جدول كالتالي:

خط الطيف	أصفر	أخضر	أزرق مخضر	أزرق	بنفسجي
θ_1^o					
θ_2^o					
D_λ					
n_λ					

الجدول ١

- احسب زاوية الانحراف الأصغري لكل خط من خطوط الطيف من العلاقة: $D_\lambda = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2}$.
- احسب قرينة انكسار الموشور لكل خط من خطوط الطيف من العلاقة (١).
- ارسم تغييرات n_λ بدلالة $1/\lambda^2$. فنحصل على مستقيم ميله يساوي B ثابت كوشي الأول، ويقطع محور التراتيب في نقطة ترتيبها يساوي A ثابت كوشي الثاني. (الجدول ٢ يعرض أطوال أمواج خطوط الطيف لبعض العناصر مقدرة بالأنغستروم).
- نحسب الأخطاء في كل من زاوية الانحراف الأصغري D_λ و قرينة الانكسار n_λ من أجل أحد القياسات.

أنبوب بخار الزئبق	
اللون	الطول الموجي بالأنغستروم
أحمر	٦٩٠٨
أحمر برتقالي	٦٢٥٤
أصفر ١ ش	٥٧٩٠
أصفر ٢ ش	٥٧٦٩
أخضر مصفر ش	٥٤٦١
أزرق أخضر ١	٤٩٦٠
أزرق أخضر ٢	٤٩١٦
أزرق ١ م	٤٣٥٨
أزرق ٢ م	٤٣٤٧
أزرق ٣ م	٤٣٣٩
بنفسجي ١	٤٠٧٨
بنفسجي ٢	٤٠٤٧
حيث م: ترمز إلى الألوان المتراصة و ش: ترمزو إلى الإضاءة الشديدة	

الجدول ٢: جدول بأطوال أمواج خطوط الطيف المرئية لبخار الزئبق مقدرة بالأنغستروم (A°)

خلاصة:

اكتب مقالة من بضعة أسطر تقوّم فيها النتائج التي حصلت عليها و إذا ما تحقق الهدف أو الأهداف المرجوّة؟ هل لديك اقتراحات عملية للتحسين؟

****

انتهت التجربة

II- التجربة (٤): دراسة وظائف بعض العناصر البصرية

- الغاية من التجربة.
- التمهيد النظري.

١- ظاهرة الانعكاس و الانكسار.

٢- ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي.

- الأجهزة و الأدوات.
- مراحل العمل و النتائج.
- خلاصة.

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

II- التجربة (٤): دراسة وظائف بعض العناصر البصرية

(Optical element functions)

الغاية من التجربة:

١- التعرف على بعض العناصر الضوئية؛ وظيفتها و مميزاتها؛ التحقق من قانوني الانعكاس و الانكسار؛ و دراسة سير الأشعة الضوئية فيها.

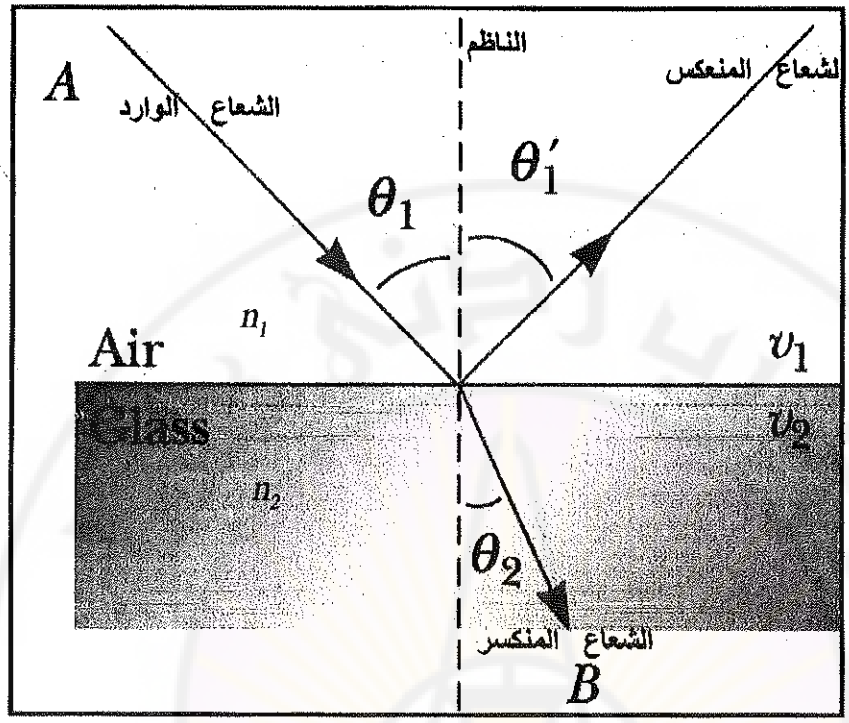
٢- دراسة ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي في بعض هذه الأدوات.

٣- قياس البعد المحرقي لمجموعة من الأدوات الضوئية بالطريقة المباشرة.

التمهيد النظري:

١- ظاهرة الانعكاس و الانكسار:

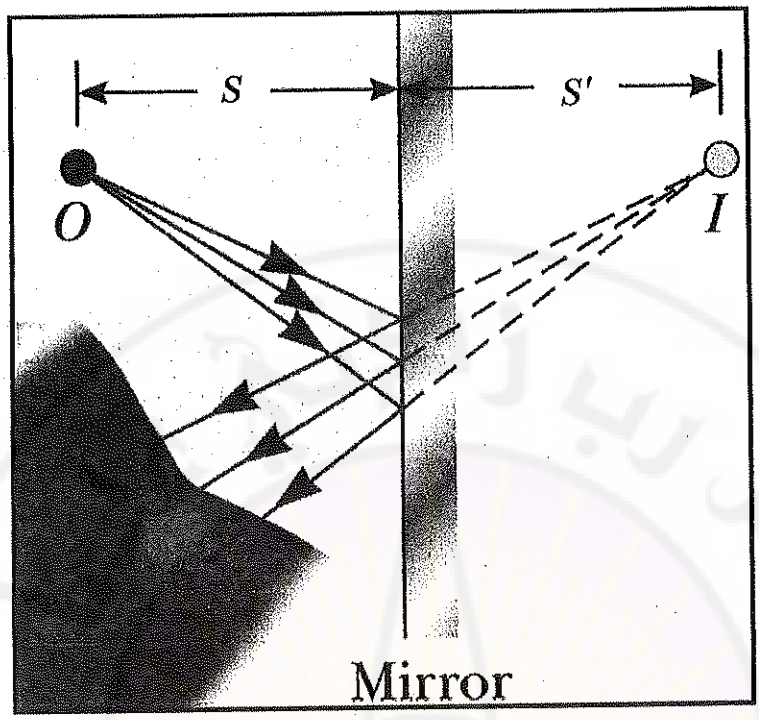
حين يسقط الضوء على سطح يفصل بين وسطين شفافين مختلفين في قرينة الانكسار؛ ينعكس قسم منه انعكاساً مرآتياً في اتجاه معين، و ينفذ القسم الآخر إلى الوسط الثاني كما في الشكل ١. يظهر الشكل ١ الشعاع الوارد؛ الناظم على السطح؛ الشعاع المنعكس؛ الشعاع المنكسر؛ θ_1 زاوية الورود؛ θ_1' زاوية الانعكاس؛ θ_2 زاوية الانكسار؛ الوسطين الشفافين في هذه الحالة هما الهواء و الزجاج.



الشكل - ١

لا نتحدث عادة في الضوء الهندسي عن شدات الأشعة المنعكسة أو المنكسرة مع أهميتها. على سبيل المثال ،لا تتجاوز الشدة المنعكسة عن الزجاج عادة ١٠% (تختلف باختلاف زاوية الورود)، لكنه عند استعمال مرآة نفترض انعكاساً بالشدة الواردة نفسها تقريباً.

يظهر الشكل -٢ الانعكاس على مرآة مستوية؛ حيث ينعكس الضوء الصادر من الجسم O كلياً ليتشكل له خيال وهمي (خلف المرآة) في النقطة I.

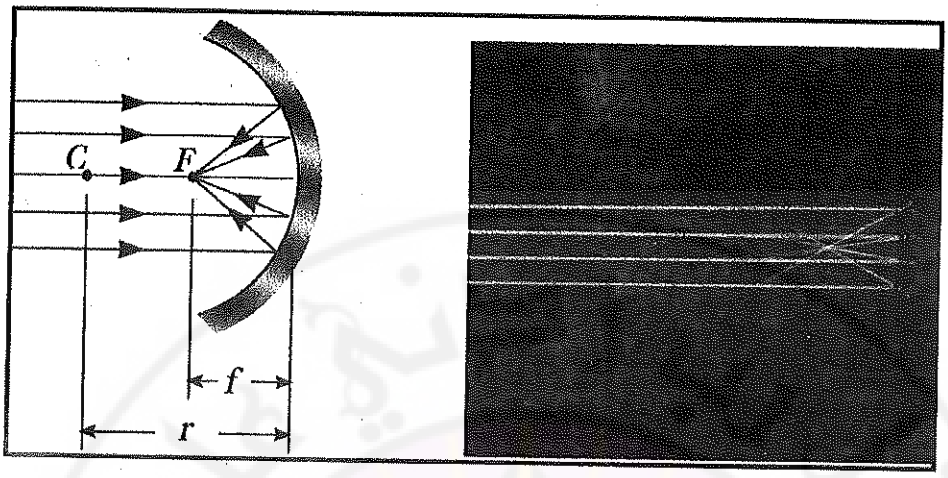


الشكل – ٢: حيث O الجسم و I الخيال.

يظهر الشكل – ٣ الانعكاس على مرآة مقعرة؛ نلاحظ أن الأشعة الواردة موازية لمحورها الأصلي تنعكس مارة بنقطة المحرق F. تدعى المسافة Fc بالبعد المحرقي f كما أن البعد Cc هو نصف قطر انحناء المرآة r. ان f و r ترتبط بالعلاقة التالية:

$$r = 2f \qquad (1)$$

أما بالنسبة للعلاقة بين زاوية الورود و زاوية الانعكاس فهما متساويتان، لكنه يجب الانتباه إلى الناظم عند نقطة ورود الشعاع على المرآة.



الشكل – ٣

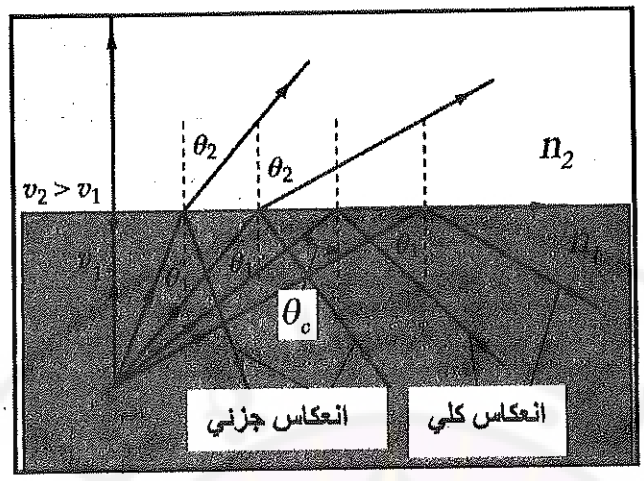
لنعد إلى الشكل – ١ و لننظر إلى حالة انكسار الشعاع الوارد؛ لنفرض أن قرينة انكسار الوسط الأول (الهواء) n_1 و قرينة انكسار الوسط الثاني (الزجاج) n_2؛ فإن العلاقة بين زاويتي الورود و الانكسار تعطى **بقانون سنل** التالي:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 \qquad (2)$$

٢ـ ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي:

يظهر الشكل – ٤ حالة الانعكاس الكلي الداخلي؛ في هذه الحالة الشعاع الضوئي لا يبرز للوسط الثاني و إنما ينعكس كلياً في وسط ورود الأشعة الضوئية. يحدث الانعكاس الكلي الداخلي عندما ينتقل الضوء من وسط ذي قرينة إنكسار n_1 الى وسط قرينة انكساره n_2 حيث $n_1 > n_2$ و عندما تكون زاوية الورود θ_1 أكبر أو تساوي زاوية حرجة θ_c، $\theta_1 \geq \theta_c$ تعطى قيمتها بالعلاقة:

$$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1} \qquad (3)$$



شكل - ٤

الأجهزة و الأدوات:

الأجهزة و الأدوات المستخدمة:

- منبع ضوئي مع رقاقات توضع أمامه لاختيار شق أو شقين أو أكثر
- موشور
- صفيحة متوازية الوجهين منتهية بموشور
- عدسة مستوية مقعرة
- عدسة مستوية محدبة
- مرآة مستوية
- مرآة مقعرة
- عدسة مستوية محدبة يمكن وضع فيها أي سائل متلاصقة مع عدسة محدبة مستوية كذلك يمكن وضع فيها أي سائل.
- دائرة مدرجة توضع فوق غطاء صندوق المجموعة.

Damascus University

مراحل العمل و النتائج:

١- **تعرّف إلى العناصرالضوئية جميعها التي في الصندوق، و اكتب اسمها.**
ضع غطاء الصندوق بصورة مقلوبة، ،و ضع الدائرة المدرجة في الوسط، ثم ضع العنصر الضوئي المراد دراسة خواصه عند مركز الدائرة، و وجه الشعاع الضوئي نحو هذا المركز بحيث تستطيع قراءة زاوية الورود بعد تحديد الناظم على السطح المدروس مستفيداً من الخطوط المرسومة من المركز.

٢- **الانعكاس:**

أ- مرآة مستوية :ضع المرآة المستوية عند مركز الدائرة المدرجة، ثم ضع الرقاقة التي تحتوي شقاً واحداً أمام مصباح الإضاءة وشغله. ارسم سير الأشعة الضوئية الواردة، و المنعكسة للمرآة المستوية، و قس على الشكل زاوية الورود، و زاوية الانعكاس. و نظم جدولاً كالتالي:

زاوية الورود	زاوية الانعكاس
٧٥	
٦٠	
٥٠	
٤٥	
٣٥	
٢٠	
١٠	
٠	

ما هو الخطأ المطلق في قياس زاوية الانعكاس.

ب- مرآة مقعرة :ضع المرآة المقعرة مماسة عند مركزالدائرة المدرجة، ثم اجعل الأشعة ترد بزوايا مختلفة، واكتب نتائجك في جدول كالجدول السابق. هل يتحقق قانون الانعكاس في هذه الحالة ضمن حدود الأخطاء التجريبية (بعد تحديد الأخطاء طبعاً منتبها للناظم في كل مرة).

٣- **الانكسار:**

أ- ضع الصفيحة متوازية الوجهين في المنتصف بحيث يكون جزء الموشور بعيداً عن المركز، فيكون لديك سطح كاسر هو السطح الفاصل بين الهواء و الزجاج. ارسم سير الأشعة الضوئية، و بين على الشكل زاوية الورود، و زاوية الانكسار التي ترى ضمن الزجاج. بعد القيام بتمديد سير الشعاع المنكسر ، قس زاوية الانكسار بدلالة زاوية الورود؛ نظم جدولاً كالتالي:

زاوية الورود	زاوية الانكسار
٧٥	
٦٠	
٥٠	
٤٥	
٣٥	
٢٠	
١٠	
٠	

اختر من الجدول ثلاث قيم لزاويا الورود (٧٥ و ٤٥ و ٢٠) مع زوايا انكسارها المقابلة و تحقق من قانون سنل علماً أن قرينة انكسار الزجاج ١,٥ و قرينة انكسار الهواء ١ بعد أن تقدّر الأخطاء في قياس زوايا الورود، وزوايا الانكسار.

ب- سيعاني الشعاع المنكسر على السطح الأول انكساراً ثانياً عند وروده على السطح الثاني الذي يفصل الآن بين الزجاج و الهواء، قس زاوية بروزه مع الانتباه إلى تعريفي زاويتي الورود و الانكسار مع الناظم. ما علاقة اتجاه الشعاع الوارد الأصلي بالشعاع البارز، قس المسافة بين ممدّد الأول، والبارز ثم اقسمها على سمك الصفيحة، لتجد علاقتها بزاوية الورود.

ت- **باستخدام جزء الموشور من هذه الأداة حدد ما يلي:**

- ارسم سير الأشعة في الموشور من أجل زاوية ورود ما و أوجد زاوية بروز الشعاع الضوئي.
- أظهر ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي في الموشور. و أوجد حسابياً و تجريبياً زاوية الورود التي تحدث عندها (الزاوية الحرجة).

٤- **العدسات: تعرّف إلى أنواع العدسات المختلفة:** (عدسة مستوية محدبة) – (عدسة مستوية مقعرة) – (عدسة مستوية محدبة ملاصقة لعدسة مستوية محدبة، أي تصبح عدسة محدبة الوجهين) – (عدسة مستوية محدبة ملاصقة لعدسة مستوية مقعرة). سنتعرف في هذه الفقرة إلى وظيفة كل نوع بصورة تخطيطية كيفية إلى حدّ ما، إذ ستكون هناك تجربة أخرى تعنى بالدراسات الدقيقة الكمية.

أ- ضع العدسة المستوية المحدبة ومستويها على الخط الوسط عند مركز الدائرة المدرجة، ثم أبدل الرقاقة التي تحوي شقاً بأخرى تحوي ثلاثة شقوق، وابحث عن نقطة تلاقي هذه الأشعة، ستكون هذه النقطة قريبة من محرق العدسة إذا كانت الأشعة الثلاثة متوازية، و توازي الناظم

على السطح المستوي من العدسة. ارسم سير جميع هذه الأشعة على ورقة ملمترية بأبعادها الحقيقية، من أجل حالتين مختلفتين لميل الأشعة الواردة. ارفع الرقاقة بالكامل و حدد نقطة تجمع جميع الأشعة، ثم وازن موضعها مع موضع النقط السابقة.

ب- ضع العدسة المستوية المقعرة مكان العدسة السابقة وقم بالمراحل كلها، ثم وازن بين وظيفتي العدستين، من حيث موقع محرق كل منهما و عمله.

ت- ضع العدستين اللتين كل منهما مستوية - محدبة بحيث يتقابل المستويان منهما عند الخط منتصف الدائرة المدرجة، ثم أعد الخطوات السابقة جميعها ، ما ذا تستخلص؟

ث- ضع العدسة المستوية المقعرة مع العدسة المستوية المحدبة، كما في الفقرة السابقة، و أعد الخطوات السابقة جميعها.

خلاصة:

اكتب مقالة من بضعة أسطر تقوّم فيها النتائج التي حصلت عليها و إذا ما تحقق الهدف أو الأهداف المرجوّة؟ هل لديك اقتراحات عملية للتحسين ؟

****

انتهت التجربة

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

II- التجربة (٥): سرعة الضوء و التعرف إلى راسم الأهتزاز

- الغاية من التجربة.
- التمهيد النظري.

وصف راسم الأهتزاز.

وصف مولد و مستقبل الإشارة.

- الأجهزة و الأدوات.
- مراحل العمل و النتائج.
- خلاصة.

Damascus University


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

II- التجربة (٥): سرعة الضوء و التعرف إلى راسم الأهتزاز
(Speed of light using oscilloscope)

الغاية من التجربة:

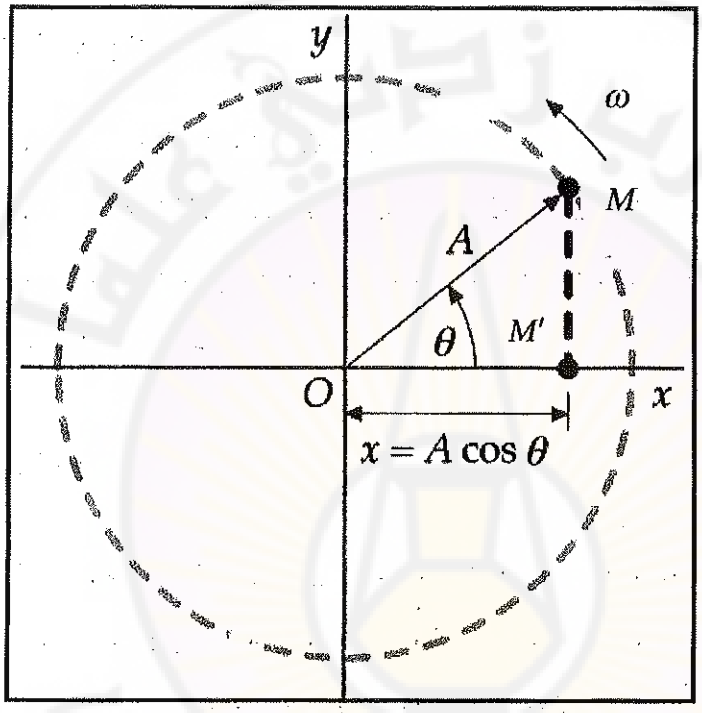
١- التعرّف إلى راسم الاهتزاز المستعمل.
٢- حساب سرعة انتشار الضوء في الهواء باستخدام تغيير فرق الطور.
٣- حساب سرعة انتشار الضوء في وسط شفاف باستخدام تغيير فرق الطور.
٤- حساب قرائن الانكسار لمواد مختلفة.

التمهيد النظري:

يستعمل راسم الاهتزاز لإظهار تغير الحركات الاهتزازية السريعة مع الزمن، وذلك على شاشة فسفورية باستخدام منبع ألكترونات ومجموعتين من الصفائح: الأولى لحرف حزمة الألكترونات نحو الأعلى أو الأسفل، والثانية لحرفها نحو اليمين أو اليسار. كما يطبّق فرق جهد لتسريع الألكترونات حتى تصطدم بالشاشة. توجد ألكترونيات مناسبة للتحكم بزمن البدء وإطلاق الحزمة. تختلف رواسم الاهتزاز فيما بينها كثيراً من حيث تعدد الوظائف، و المجالات والقنوات، لذلك نصف فيما بعد الراسم المستعمل.

لننظر في نقطة M تتحرك على دائرة نصف قطرها A بسرعة زاوية ω كما هو مبين في الشكل (١). فإذا كانت النقطة في اللحظة $t=0$ تقع عند M_0 بحيث

إن $M_0OX = \phi$، فإن موضع M على الدائرة يتحدد في كل لحظة t بالزاوية θ التي يصنعها OM مع OX. واضح أن: $\theta(t) = \omega t + \phi$.



الشكل (١)

ليكن مسقط M على المحور OX هو M' الذي يتحدد بالفاصلة x، بالعلاقة:

$$x(t) = A\cos\theta = A\cos(\omega t + \phi) \qquad (1)$$

تمثل المعادلة (1) حركة اهتزازية توافقية بسيطة تساوي سعتها A. وتحتاج M كي تتم اهتزازة كاملة إلى زمن T يدعى دور الحركة وهو الزمن الذي تستغرقه M لتقوم بدورة كاملة على المسار الدائري، وهو يعطى بدلالة التواتر f والنبض ω بالعلاقة:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} \qquad (2)$$

ويعطى مسقط M على محور التراتيب Oy، وليكن M'' ، بالعلاقة التالية:

$$y = A\sin\theta = A\sin(\omega t + \phi) \qquad (3)$$

وهي أيضاً حركة اهتزازية توافقية بسيطة تتم على محور التراتيب بالدور T ذاته وتساوي سعتها A .

لتكن لدينا الحركتان الاهتزازيتان التوافقيتان المتعامدتان:

$$x = a\cos(\omega t + \phi) \qquad (4)$$

$$y = b\sin\omega t \qquad (5)$$

إن حذف t بين المعادلتين (4) و (5) يعطي المعادلة الديكارتية للمنحني الناتج من تركيب الحركتين الاهتزازيتين التوافقيتين المتعامدتين. ولهذه الغاية تكتب العلاقة (5) على الشكل التالي:

$$\sin\omega t = \frac{y}{b} \qquad (6)$$

وهي تعطي:

$$\cos\omega t = \sqrt{1 - \frac{y^2}{b^2}} \qquad (6')$$

ومن العلاقة (4) نكتب:

$$\frac{x}{a} = \cos\omega t\cos\phi - \sin\omega t\sin\phi$$

بتعويض كل من المعادلتين (6) و (6′) تكتب هذه العلاقة بالشكل:

$$\frac{x}{a}=\sqrt{1-\frac{y^2}{b^2}}\cos\phi-\frac{y}{b}\sin\phi$$

أو:

$$\frac{x}{a}+\frac{y}{b}\sin\phi=\sqrt{1-\frac{y^2}{b^2}}\cos\phi$$

بالتربيع والإصلاح نجد:

$$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}+\frac{2xy}{ab}\sin\phi=\cos^2\phi \qquad (7)$$

وهي تمثل معادلة قطع ناقص مائل في الحالة العامة، وتؤول إلى أشكال مألوفة من أجل قيم محددة لـ ϕ.

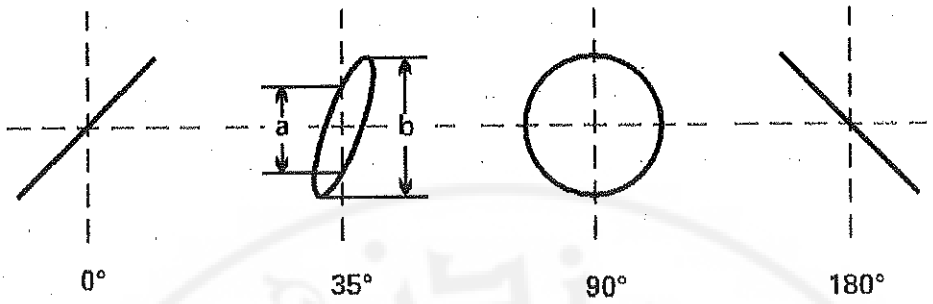
فمن أجل $\phi=0$ تؤول المعادلة (7) إلى:

$$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1 \qquad (7)$$

وهي معادلة قطع ناقص ينطبق محوراه على محوري الإحداثيات. ويساوي نصف قطر محوره على Ox المقدار a، وعلى Oy المقدار b.

ومن أجل $\phi=\frac{\pi}{2}$، تؤول المعادلة (٧) إلى: $(\frac{x}{a}+\frac{y}{b})^2=0$ وهي معادلة مستقيم ميله $-\frac{b}{a}$. ومن أجل $\phi=\frac{3\pi}{2}$، تؤول المعادلة (7) إلى:

$(\frac{x}{a}-\frac{y}{b})^2=0$ وهي معادلة مستقيم ميله $+\frac{b}{a}$. ويلخص الشكل (٢) هذه النتائج.

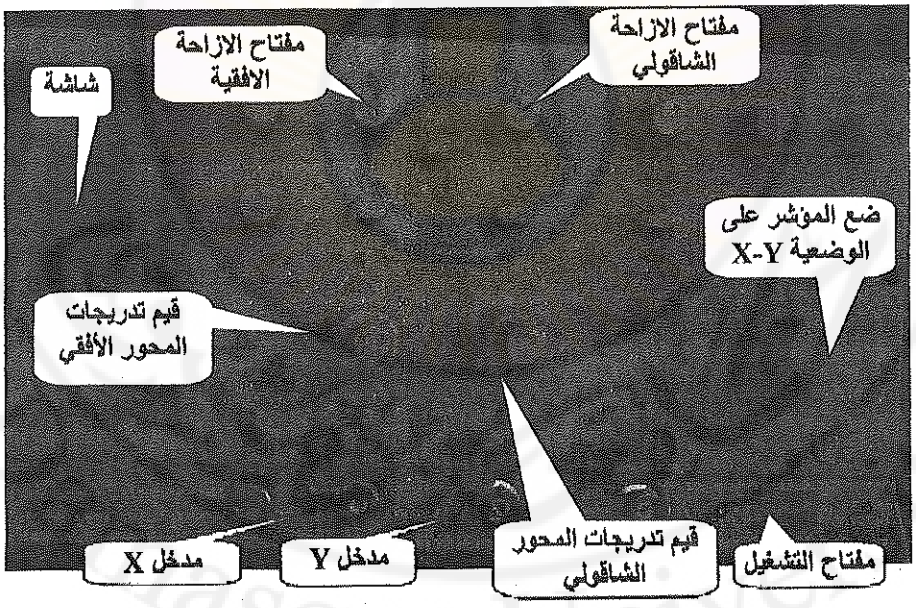


الشكل(٢)

ومن أجل قيمة أخرى لـ ϕ، يأخذ القطع شكل قطع مائل على المحورين. تدعى هذه المنحنيات بمنحنيات ليساجو.

وصف راسم الأهتزاز:

يظهر الشكل (٣) الواجهة الأمامية للراسم والمفاتيح التي سنصف فيما بعد:



شكل ٣

يؤخذ الجهد المطبق على الديود الذي يهتز بتواتر 50 MHz ويطبق على مجموعة الصفائح الأفقية، أما الإشارة الناتجة عن المستقبل، بعد أن يكون الضوء قد سار من المستقبل عبر الهواء أو المادة ثم انعكس و عاد محدثاً فرقاً في المسير و بالتالي فرقاً في الطور، فتطبق على مجموعة الصفائح الشاقولية. وستظهر على الشاشة أشكال مختلفة باختلاف هذا الطور.

وصف مولد و مستقبل الإشارة:

يتم تغيير شدة الضوء، ومقارنة الطور بين المرسل والمستقبل ثم حساب سرعة الضوء من العلاقة بين الطور والمسار الضوئي. ونشير هنا لتوضيح مقارنة الطور إلى أنه عندما يمر الضوء في الهواء أو في أوساط مادية شفافة ومختلفة؛ تقوم هذه الأوساط بتغيير سرعة انتشار الموجة الضوئية، وبالتالي تغيير طورها.

الأجهزة و الأدوات:

- جهاز قياس سرعة الضوء المكون من صندوق يحتوي مرسلاً ضوئياً ومستقبلاً مع عدسات مجمعة ،بالإضافة إلى جسر ينزلق عليه حامل مع مرآتين يمكن التحكم بزاوية ميل كل منهما لتسديد الشعاع المرسل عائداً إلى المرسل.
- سلك توصيل معزول طوله ١,٥ متر عدد ٢.
- راسم اهتزاز 20 MHz، بمدخلين.
- كتلة مستطيلة شفافة مصنعة من مواد تركيبية. نستخدم هنا مادة تركيبية شفافة. تعطى سرعة الضوء في الخلاء بالعلاقة:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \qquad (8)$$

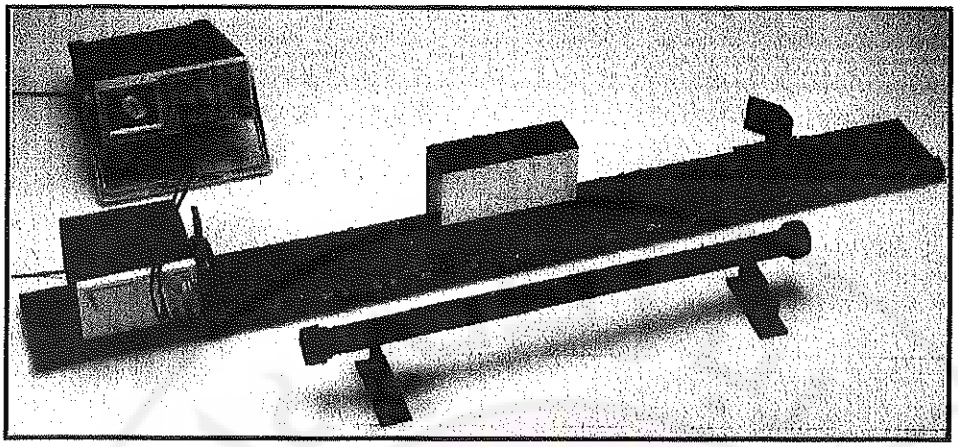
حيث $\varepsilon_0 = 8.854.10^{-12} F/m$ سماحية الخلاء و $\mu_0 = 1.257.10^{-6} H/m$ نفوذية الخلاء. حيث تعطى قرينة الانكسار لوسط ما بالعلاقة:

$$n = \sqrt{\varepsilon_r \cdot \mu_r} \qquad (9)$$

حيث ε_r السماحية النسبية للوسط و μ_r النفوذية. وأن السماحية النسبية $\mu = 1$ من أجل معظم الأوساط الشفافة. إن السماحية النسبية وقرينة الانكسار هما مقداران يتعلقان بالتردد (علاقة التشتت) وذلك بسبب الاهتزازات الطبيعية في الذرات والجزيئات. يستخدم في هذه التجربة ضوء أحمر يولده (LED) وتمثل علاقة الطور بين المستقبل والمرسل بأشكال ليساجو التي نشاهدها على شاشة راسم الاهتزاز .

خطوات العمل و النتائج:

توضع المرآة والعدسات بحيث يكون كل من حزمة الضوء الصادر، والضوء الوارد موازية للقاعدة (انظر الشكل- ٤) وبحيث تصل إشارة أعظمية إلى الديود المستقبل. إن تردد تغير الشدة مقداره $50.1\ MHz$ تقريباً، ننقص هذا التردد تدريجياً حتى نصل إلى $50\ MHz$ وبحيث يمكن رؤية إشارة المرسل والمستقبل على شاشة راسم الاهتزاز.



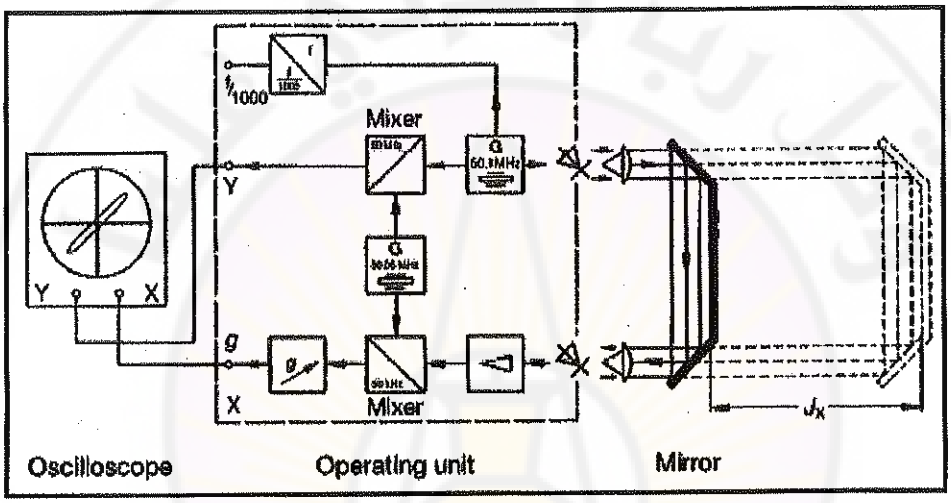
الشكل ـ٤ جهاز قياس سرعة الضوء

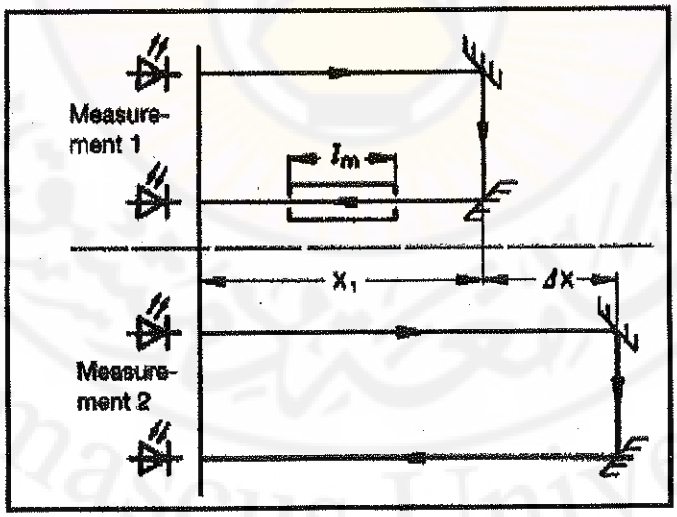
١ـ نقوم بوضع المرآة على أقرب مسافة ممكنة من جهاز التشغيل أي عند النقطة صفر من المسطرة المدرجة ويجب أن يظهر أحد أشكال منحنيات ليساجو على الشاشة (وضعية إدخال الإشارتين X-Y). نحول هذا الشكل إلى شكل خطي مستقيم باستخدام مفتاح الطور (phase) من جهاز التشغيل، نترك هذا المفتاح على هذه الوضعية حتى انتهاء القياس، فلا نحركه.

٢ـ بعد ذلك نزلق المرآة على طول القاعدة المدرجة حتى يتغير الطور بمقدار π أي حتى يصبح ميل الخط على شاشة الراسم بالاتجاه المعاكس. نقوم بقياس إزاحة المرآة على القاعدة Δx ونكرر هذا القياس مرات عديدة. نظم جدولاً مناسباً بالنتائج.

٣ـ نضع الأنبوب المملوء بالماء أو الكتلة البلاستيكية في طريق مسار الشعاع الضوئي الوارد بحيث يكون المسار عمودياً على طرفيها (الكتلة البلاستيكية) ونضع المرآة مباشرة خلفها كما في الشكل (٥). فيظهر على شاشة راسم الاهتزاز على شكل خط مستقيم، وهنا أيضاً باستخدام مفتاح

الطور على جهاز التشغيل. نقوم بإزالة الوسط المضاف عن مسار الشعاع الضوئي، ونحرك المرآة حتى نحصل منحني شكل ليساجو والذي يعطي نفس فرق الطور مرة ثانية. نقوم بقياس طول إزاحة المرآة Δx مرات عديدة. نظم جدولاً مناسباً بالنتائج.





الشكل ـ ٥ المخطط التجريبي لقياس سرعة الضوء

الحسابات النظرية:

إذا كان هذا الشكل عبارة عن خط مستقيم ميله موجب، فهذا يعني أن فرق الطور يساوي الصفر، وإذا كان الميل سالباً، فإن فرق الطور يساوي π.

١. من أجل قياس سرعة الضوء في الهواء نزيد طول المسار الضوئي بمقدار:

$$\Delta l = 2.\Delta x$$

انظر الشكل (٥) حيث Δl زيادة طول المسار الضوئي و Δx مقدار إزاحة الطول على المسطرة ولكي نولد تغيراً في الطور مقداره π ، يحتاج الضوء لقطع هذه المسافة زمناً مقداره:

$$\Delta t = \frac{1}{2f} = \frac{T}{2}$$

حيث $f = 50.1MHz$ هو تردد التغيير. وتعطى سرعة الضوء في الهواء c_L بالعلاقة:

$$c_L = \frac{\Delta l}{\Delta t} = 4f.\Delta x \qquad (10)$$

خذ القيمة المتوسطة لقياس سرعة الضوء لعشر مرات، ثم بالمقارنة مع القيمة التي تعطى في المراجع العلمية: $c_L = 2.998.10^8 m/s$ حدّد إذا ما كانت نتائجك مقبولة ،بعد حساب الارتياب طبعاً.

٢. تقاس سرعة الضوء في الماء أو في الوسط البلاستيكي c_M بالمقارنة مع سرعته في الهواء (انظر الشكل ٤). في القياس الأول وبوجود الوسط يقطع الضوء مسافة l_l في الهواء، و l_m في الماء أو المادة، إذا مرّ الضوء لمرة واحدة

فيه (وضعفه إذا وضعت عرضية ومرّ مرتين)؛ ويكون الزمن الكلي t_1 ؛ الموافق لتغير في الطور قدره π مساوياً:

$$t_1 = \frac{1}{c_L}(l_1 - l_m) + \frac{1}{c_M} l_m \qquad \text{و} \qquad l_1 = 2x_1$$

حيث x_1 الآن المسافة التي يحدث من أجلها الانقلاب، انظر الشكل ٤.

أما في ترتيب القياس الثاني بدون وجود الوسط، فإن الضوء يقطع مسافة:

$$l = l_1 + 2\Delta x$$

ويكون الزمن الكلي (t_2) المقابل لتغير في الطور قدره π معطى بـ

$$t_2 = \frac{1}{c_L}(l_1 + 2\Delta x)$$

وبالمساواة بين الزمنين و الإصلاح نجد:

$$n = \frac{c_l}{c_m} = \frac{2\Delta x}{l_m} + 1$$

احسب قرينة الانكسار هذه ثم احسب سرعة انتشار الضوء في الوسط المستعمل مع تقدير الارتيابات.

خلاصة:

اكتب مقالة من بضعة أسطر تقوّم فيها النتائج التي حصلت عليها و إذا ما تحقق الهدف أو الأهداف المرجوّة؟ هل لديك اقتراحات عملية للتحسين ؟

****

انتهت التجربة

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

II- التجربة (٦) الزيوغ في العدسات

- الغاية من التجربة.
- التمهيد النظري.

أ- الزيوغ الكروية.

١- امتداد المحرق

٢- اعوجاج حقل الخيال

٣- اللا نقطية أو (Astigmatism)

٤- السطح الكاوي

ب-الزيوغ اللونية

- الأجهزة و الأدوات.
- طريقة العمل و النتائج.
- خلاصة.

Damascus University


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

II- التجربة (٦) الزيوغ في العدسات

(Aberration in lenses)

الغاية من التجربة:

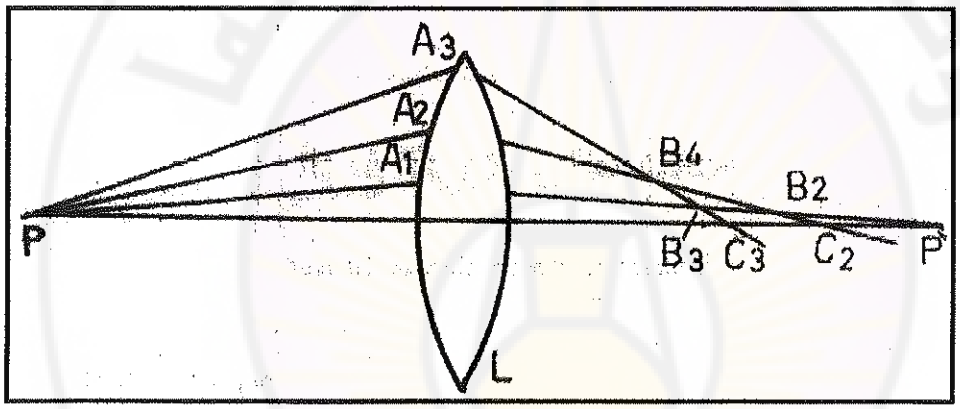
- دراسة الزيوغ الكروية: امتداد المحرق، اللانقطية (Astigmatism)، واعوجاج (curvature) حقل الخيال في العدسة، تشوه البرميل (barrel) وتشوه الوسادة (cushion) تندب (coma) الخيال في العدسة.
- دراسة الزيغ اللوني في الخيال المتشكل بالعدسة.

تمهيد نظري:

يعتمد استنتاج قانون غاوص في العدسات الرقيقة و السميكة منها، على تقريب الأشعة المحورية التي تتناول أشعة ضوئية تصنع زوايا صغيرة مع المحور البصري، حيث افترض عند استنتاجه إمكان إلباس ظل الزاوية أو جيبها بالزاوية بدءاً من استنتاج قانون الكاسر الكروي وحتى العدسات. نتج عن ذلك أن تشكل خيال واضح يفرض استعمال حظارات لتصغير فتحة العدسة عند التصوير. غير أن الابتعاد عن الأشعة المحورية الذي يصبح ذا تأثير محسوس عندما تصنع الأشعة زوايا كبيرة، ناجمة بدورها عن كبر فتحة العدسة، سيجعل من الخيال مشوشاً أو زائغاً.

أ) الزيوغ الكروية:

تعطي العدسة الكروية لكل نقطة من الجسم نقطة مثالية في الخيال عندما تصنع الأشعة الواردة والمنكسرة مع المحور الضوئي زوايا صغيرة. فحين تسقط على عدسة رقيقة مقربة أشعة واردة من منبع ضوئي نقطي وحيد اللون واقع على محورها الأصلي، تتجمع الأشعة في نقطة على هذا المحور. ويصح هذا فقط من أجل الأشعة المحورية القريبة من المحور الأصلي (انظر الشكل ١).

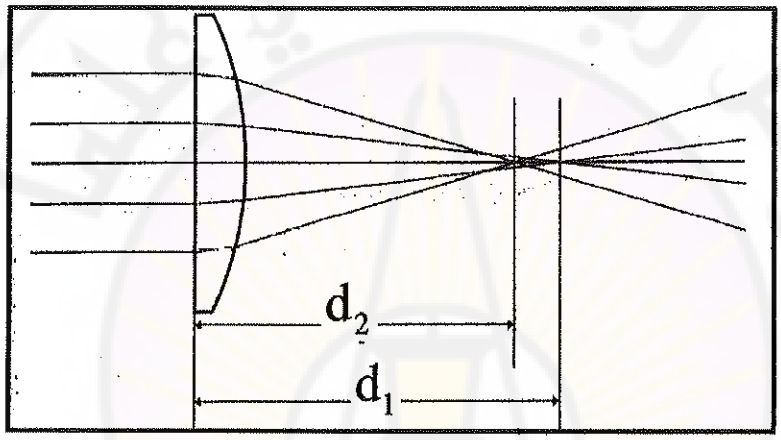


الشكل ١

فإذا وقعت الأشعة الصادرة عن P تحت الشعاع PA_1 تجمعت كلها (عند خيال P) في 'P، أما إذا ابتعدت الأشعة عن المحور الأصلي، مثل الأشعة PA_2 و PA_3 فإنها ستقطع المحور الأصلي في نقاط مختلفة مثل C_2 و C_3 مما يجعل الخيال مشوهاً زائغاً. تصنف آثار ذلك في عدة أصناف تعرف بالزيوغ الهندسية أو الكروية و هي:

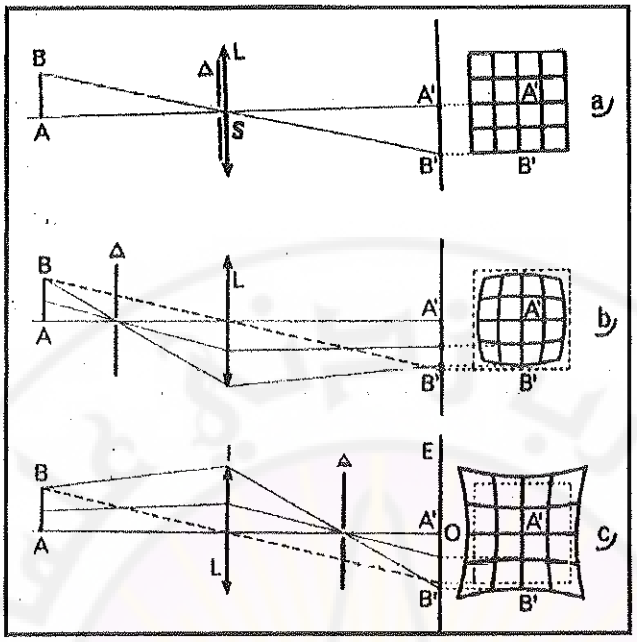
١) **امتداد المحرق:**

إن البعد المحرقي للعدسة هو أول من سيتأثر، وسيظهر ممتداً عوضاً أن يكون نقطة، وإن قياس امتداده، في حال عدم كون الأشعة محورية، يعبر عن أحد أنواع الزيوغ الكروية الشكل (٢).



الشكل (٢)

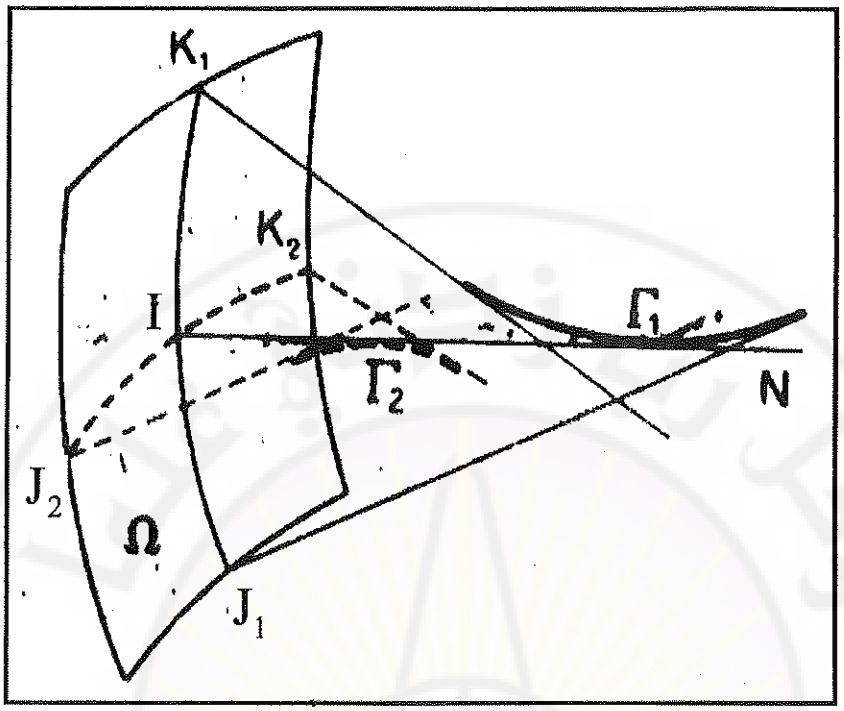
٢) **اعوجاج حقل الخيال:** يظهر انحناء الحقل عند تشكيل خيال لجسم طويل الأبعاد نسبياً وباستخدام حزمة ضوئية واسعة عبر العدسة. فالمستوي المحرقي في الحقيقة ليس مستوياً و إنما سطح منحن، لذلك يزداد تشوه الخيال المشاهد على الشاشة عند الأطراف . وتعتمد النتيجة على حزمة الأشعة النافذة من الحظار، أي على موضعه بالنسبة للعدسة. فإذا كان الجسم عبارة عن شبكة منتظمة ، يمكن أن يظهر التشوه بحيث يجعل الشبكة أقرب إلى الشكل البرميلي (الشكل ٣ b) أو أقرب إلى الشكل الوسادي الهلالي (الشكل ٣ c).



الشكل(٣) (a) خيال باشعة محورية وقريبة جداً من محور العدسة. (b) خيال يظهر تشوه الاعوجاج البرميلي. (c) تشوه الاعوجاج الهلالي

٣) **اللا نقطية أو (Astigmatism)** هي ظاهرة لا يمكن فيها للأشعة النافذة عبر العدسة أن تشكل لجسم نقطي خيالاً نقطياً أيضاً، حيث نادراً ما يمكن لشعاعين عموديين على صدر موجة واحدة أن يلتقيا مهما كانا قريبين من بعضهما على المحور الضوئي انظر الشكل (٤).

Damascus University



الشكل (٤)جملة لا نقطية تظهر العلاقة بين سطح الموجة وغلافي الأشعة Γ_1 و Γ_2 المولدين للسطح الكاوي

٤) **السطح الكاوي:** في الواقع إذا رسمت جميع الأشعة التي يفترض أن تشكل المحرق النقطي فإنها ستشكل سطحاً يدعى السطح الكاوي، عندما تكون الأشعة الواردة موازية للمحور الأصلي، تشكل مقاطعه العمودية على المحور الأصلي دوائر، أما المماسات لهذا السطح فهي مماسات لسطح مخروطي دائري منتظم. أما إذا كانت الأشعة الواردة موازية لمحور ثانوي، فإنها أيضاً لن تتجمع في نقطة المحرق الثانوي، وإنما سينشأ عنها جميعاً سطح مشوه يشبه شكل الذنب، فتسمى

زيغ المذنب (coma). فتنقلب المقاطع بين خطين متعامدين أحدهما أفقي، و الآخر شاقولي حسب بعد السطح القاطع (الحاجز في حالتنا).

يدرس التصحيح الأول للزيوغ الكروية كمياً، بأن نأخذ في الحسبان الحد الثاني من منشور جيب الزاوية التالي :

$$\sin\theta = \theta - \frac{\theta^3}{3!} + \frac{\theta^5}{5!} - \frac{\theta^7}{7!}$$

حيث θ هي الزاوية التي يصنعها الشعاع الضوئي مع المحور الأصلي. إذ إن الحد الأول هو الزاوية نفسها، أما الحد الثاني فهو مكعب الزاوية؛ ثم نحسب البعد المحرقي وأبعاد الخيال وفق ذلك. إن امتداد البعد المحرقي في الشكل (٢) $(d_1 - d_2)$، يتناسب مع مربع قطر الفتحة h، وهذا ما نودّ التحقق منه. إذ يعطي هذا الحد حداً إضافياً في حالة كون الجسم في اللانهاية، ومن أجل كاسر وحيد حسب العلاقة التالية:

$$\frac{n'}{s'} = \frac{n'}{f'} + \frac{h^2 n^2}{2 f' r^2 n'}$$

حيث إن n هي قرينة انكسار الوسط الأول، n' هي قرينة انكسار الوسط الثاني، s' بعد الخيال، و f' البعد المحرقي. أما الزيوغ الكروية الأخرى، فسيكون ظروف تشكلها، وتحديد الأبعاد المقابلة هو الهدف.

ب) الزيوغ اللونية: تدخل قرينة الانكسار عند السطوح الكروية في حساب البعد المحرقي، وموقع الخيال. لكن قرينة الانكسار هذه تتغير مع تغير الطول الموجي للضوء المستعمل، وبالتالي سيؤثر ذلك، مع صغره، على جودة الخيال إذا ما كان الضوء مركباً (أبيض مثلاً، انظر تجربة) الموشور، فيظهر الخيال مشوشاً وملوناً.

يسمى هذا النوع من التشويش الزيوغ اللونية. لتلافي هذه الزيوغ تستعمل عدة عدسات عادة مصنعة من مواد عدة مختلفة في شدة تبديدها للألوان بحيث تلغي آثار بعضها بعضاً من الزيوغ اللونية تسمى مجموعة هذه العدسات تجاوزاً عدسات لا لونية.

الأدوات والتجهيزات:

- زوج إيقاف تشوه كروي
- مجموعة شفافيتين
- مرشحات متنوعة (أحمر، أخضر، أزرق. ..)
- غلاف منبع إنارة.
- مصباح 30 W، 6 V
- محول 30 W، 12 V AC، 6 V AC.
- مكثف ضوئي.
- عدسة $f = +15\ mm$.
- حظار متغير الفتحة IRIS .
- شاشة شبه شفافة.
- جسر ضوئي صغير.
- قاعدة بشكل حرف V بطول ٢٠ سم.
- شبكة منتظمة

طريقة العمل و النتائج: رتب مكونات التجربة كما هو مبين في الشكل (٥):

أ) التحقق من كون الحزمة الضوئية متوازية، و إلا في حال عدم توازيها قياس تباعدها.

- ثبت المنبع الضوئي عند أحد طرفي الجسر الضوئي، ثم ضع الحاجز عند منتصف الجسر، وقس قطر البقعة الضوئية.

-انقل الحاجز إلى نهاية الجسر، ثم قس قطر البقعة الضوئية أيضاً. قارن بين القطرين، واستنتج إذا ما كانت الحزمة متوازية أو متباعدة. حدد تباعدها بتقسيم فرق القطرين على البعد بينهما.

ب) قياس امتداد البعد المحرقي، وتغيره مع فتحة العدسة:

- أضف إلى ما هو موجود على الجسر، الحظار متغير الفتحة و العدسة الواسعة، و اجعلهما متلاصقين قدر المستطاع، واجعل فتحة الحظار h أصغر ما يمكن.

-حركهما معاً وحرك أيضاً الحاجز حتى تحصل على المحرق.

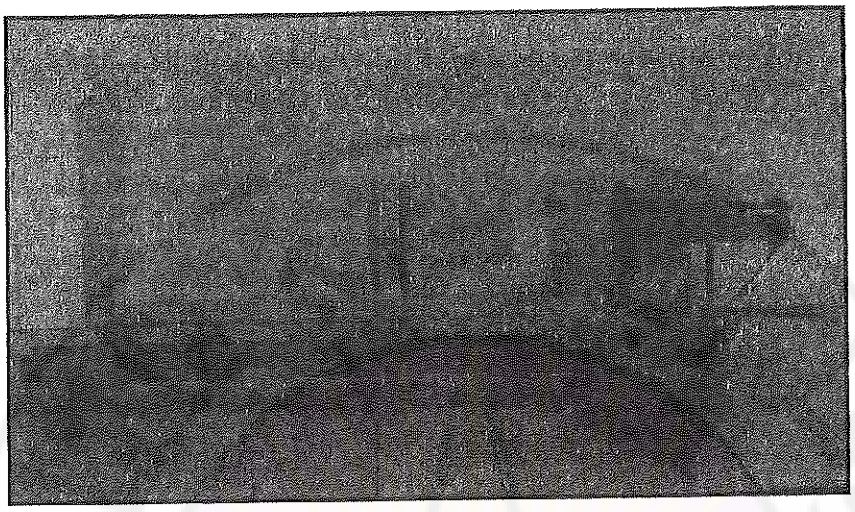
- قس البعد المحرقي للعدسة d عندئذ، وحدد الارتياب فيه من خلال تقدير جودة تعيين نقطة المحرق.

-أعد العملية السابقة بعد تغيير فتحة الحظار h لتحصل على خمس قيم للبعد المحرقي، وامتداده الذي يتحدد بمتابعة نقاط تجمع الأشعة، وشدتها التي يجب تسجيلها على دفترك وفق الجدول التالي.

h					
h^2					
$d = d_1 - d_2$					

-ارسم تغيرات الامتداد d مع h^2، واستنتج ما إذا كان مستقيماً كما هو متوقع أم لا، وذلك ضمن حدود الارتياب، وما تسمح به الأدوات.

ج) التشوه البرميلي و التشوه الوسادي (الملتوي)



الشكل (٥)

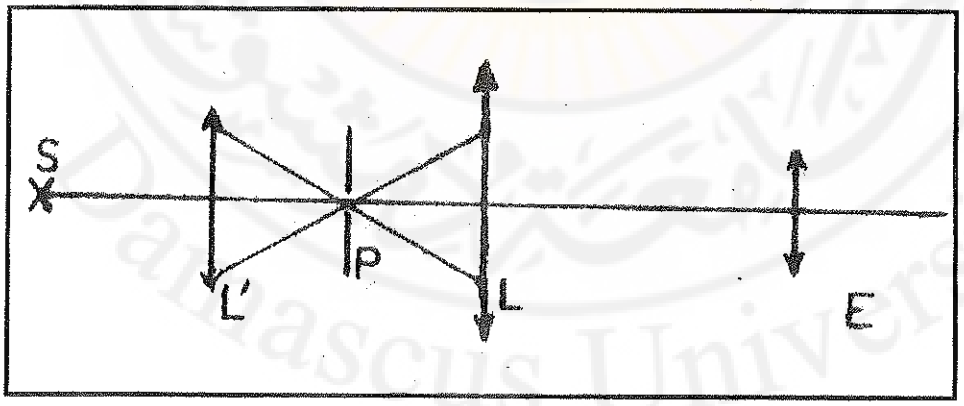
- ضع الشبكة المدرجة المنتظمة أمام المنبع الضوئي مباشرة.
- ضع العدسة الكبيرة دون استخدام الحظار معها. وثبت حزمة الأشعة، وذلك يتم بالتأثير على المنبع الضوئي للحصول على حزمة متوازية، متقاربة أو متباعدة لملاحظة نوعين من الزيوغ للخيال المتشكل: الزيغ البرميلي (barrel-shaped distortion) كما في (الشكل ٣-b) و الزيغ الوسادة (cushion-type aberrations) (الشكل ٣ c)
- ابحث عن أفضل خيال متشكل على الشاشة بالنسبة لوضوح خطوط تدريج الشبكة، و قس كلاً من بعد الخيال، وكذلك بعد الجسم عن العدسة.
- حرك الشاشة فنجد موضعين قريبين من بعضهما تبقى فيهما تدريجات الخيال واضحة (يستفاد منها في تحديد الخطأ) نقوم بقياس موضعيهما.

- قم برسم مسار الأشعة على ورق ميليمتري موضحاً الموضعين كما في الشكل ـ ٢.
- ضع الحظار مباشرة أمام العدسة أو خلفها و أعد الخطوات السابقة.
- ابحث مستعيناً بالمرشحات اللونية الموجودة و بشكل كيفي عن الزيوغ اللونية المتشكلة بسبب التغير في قرينة الانكسار وفقاً لاطوال الموجات الضوئية المركبة للضوء المستخدم في إنارة الجسم.
- ارسم شكل الخيال ملاحظاً تأثير فتحة الحظار، التي يجب عليك قياسها، على على أطراف الخيال و عندما يكون قريباً من المحرق، و قم بقياس قطر العدسة المستخدمة.

د) أدر العدسة بحيث تسقط الأشعة مائلة على المحور البصري، ثم انقل الحاجز، لاحظ شكل الخيال الناتج ماذا يشبه؟

هـ) تحديد السطح الكاوي ودائرة التشويش الصغرى:

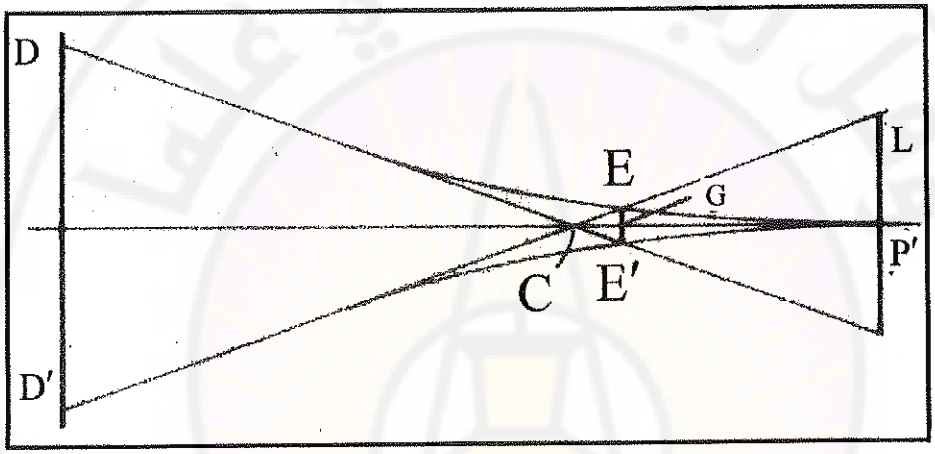
رتب الأجهزة والأدوات كما هو مبين في الشكل (٦). والصق على الحاجز ورقة ملمترية.



الشكل(٦)

- جمع الضوء الصادر من المنبع وحيد اللون S على الفتحة المستديرة الصغيرة P باستعمال العدسة المكثفة L'. اجعل العدسة ذات الفتحة الواسعة L على بعد من P يساوي ضعف بعدها المحرقي f.

- أوجد موضع النقطة P' بالنسبة للعدسة L من خلال تحديد موقع الحاجز على الجسر الضوئي الذي يكون فيها الخيال نقطة، الشكل ٧.



الشكل(٧)

- قرب الحاجز من العدسة L فيتسع قطر الحلقة، قس أقطار الحلقات الدائرية (2Y) على الورقة المليمترية عند أبعاد مختلفة لـ X بالنسبة للعدسة L.

- ارسم على ورقة ملمترية الخط البياني لتغيرات 2Y بدلالة X بحيث يكون نصف 2Y فوق محور X و نصفه تحته.

- ارسم المماسان الداخليان لفرعي الشكل الناتج بحيث يمران من طرفي DD' الذين يمثلان طرفي قطر العدسة فيتقاطعان في C وتحقق من صحة العلاقة:

$$Y^2 = \frac{4}{27C} X^3 \qquad (2)$$

حيث C هي المسافة بين DD′ و النقطة C كما هو مبين على الشكل ٧. حدد قيمة C من التقاطع على الشكل (٧) بالنسبة للعدسة.

قس كلاً من GE′ (كما تلاحظ من الشكل ٧ إن GE = GE′)، P′L كما في الشكل (٧) وتحقق من صحة العلاقة

$$\frac{P'L}{GE} = 4 \qquad (3)$$

التي تمثل نسبة الزيغ العرضي إلى الزيغ الطولي.

- حدد EE′ دائرة التشويش الصغرى.

- ارسم Y بدلالة X على ورقة لغريتمية و أوجد قيمة C بيانياً، و قارنها مع القيمة التي حصلت عليها مسبقاً.

خلاصة:

اكتب مقالة من بضعة أسطر تقوّم فيها النتائج التي حصلت عليها و إذا ما تحقق الهدف أو الأهداف المرجوّة؟ هل لديك اقتراحات عملية للتحسين ؟

****

انتهت التجربة

II- التجربة (٧) المجهر

- الغاية من التجربة.
- التمهيد النظري.

وصف المجهر

- الأجهزة و الأدوات.
- مراحل العمل و النتائج.
- خلاصة.

Damascus University


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

II- التجربة (٧) المجهر

(Microscope)

الغاية من التجربة:

١- التعرف إلى المجهر، و كيفية استخدامه، و كذلك فهم مبدأ عمله.

٢- استخدامه لقياس بعض الأبعاد الدقيقة.

التمهيد النظري:

المجهر هو أداة ضوئية تحتوي على مجموعة من العدسات المقربة رتبت بطريقة ما بحيث تمكنه من رؤية الأجسام الدقيقة جداً كالجراثيم مثلاً. يبين الشكل ١ مسير الأشعة في المجهر؛ حيث نلاحظ من الشكل أنه يتكون لجسم صغير خيال وهمي مكبر و مقلوب.

يتألف المجهر في شكله المبسط من عدستين؛ الأولى عدسة مقربة ذات بعد محرقي صغير $f_{Ob} < 1\,cm$ تدعى الجسمية (Objective) و الأخرى عدسة مقربة بعدها المحرقي مساوٍ لبضعة سنتمترات تدعى العينية (Eyepiece)؛ تفصل بين العدستين المسافة s التي هي كبيرة بالنسبة لكل من البعد المحرقي للجسمية أو البعد المحرقي للعينية كما هو مبين في الشكل ١. وظيفة العينية هي إظهار جسم صغير جدا يكون قريباً جداً من العدسة الجسمية.

انظر الى الشكل ١؛ نلاحظ أنه لرؤية الجسم O يجب وضعه خارج النقطة المحرقية للعدسة الجسمية F_1 و لكن قريباً جداً؛ بحيث يمكن بالتقريب اعتبار بعد

الجسم p عن العدسة مساوياً للبعد المحرقي للعدسة f_{Ob} أي $p = f_{Ob}$. يعدل البعد بين العدستين العينية و الجسمية بحيث يتشكل للجسم خيال I حقيقي مقلوب مكبر للجسم يقع ضمن النقطة المحرقية الأول للعدسة العينية F_l'. من الشكل نلاحظ أن البعد بين العدسة الجسمية و الخيال (I) i يمكن تقريبه ليكون مساويا للطول s أي $i \approx s$. بالتالي بعد استخدام التقريبات المذكورة أنفاً يمكن كتابة عبارة التكبير الخطي العرضاني للعدسة الجسمية كما يلي:

$$m = -\frac{i}{p} = -\frac{s}{f_{Ob}} \qquad (1)$$

بما أن الخيال I واقع داخل النقطة المحرقية F_l' للعينية (الذي هو بمثابة جسم بالنسبة لها)؛ فإن العينية تعمل كأنها عدسة مكبرة؛ حيث يعطى التكبير الزاوي للعدسة العينية بالعلاقة:

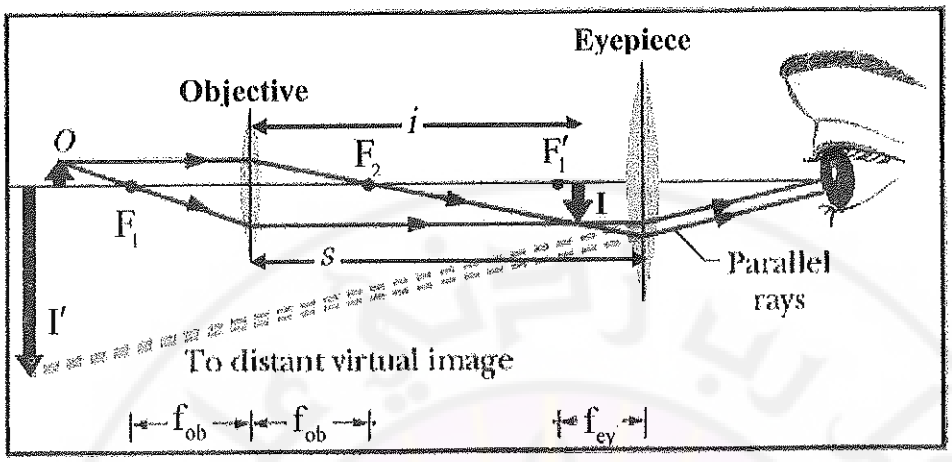
$$m_\theta = \frac{25\,cm}{f_{ey}} \qquad (2)$$

حيث f_{ey} البعد المحرقي للعدسة العينية. بالتالي يرى الناظر خيالاً نهائياً و هميا و مقلوب I' من خلالها للجسم I.

بالنتيجة يكون التكبير الخطي العرضاني للمجهر M هو ناتج عن التكبير الخطي العرضاني للعدسة الجسمية m المعطى بالعلاقة (1) و التكبير الزاوي للعدسة العينية المعطى بالعلاقة (2) يعطى بالعلاقة:

$$M = m m_\theta = -\frac{s}{f_{Ob}} \frac{25\,cm}{f_{ey}} \qquad (3)$$

و هي معادلة التكبير الكلي للمجهر. الإشارة السالبة تشير إلى أن الخيال مقلوب.

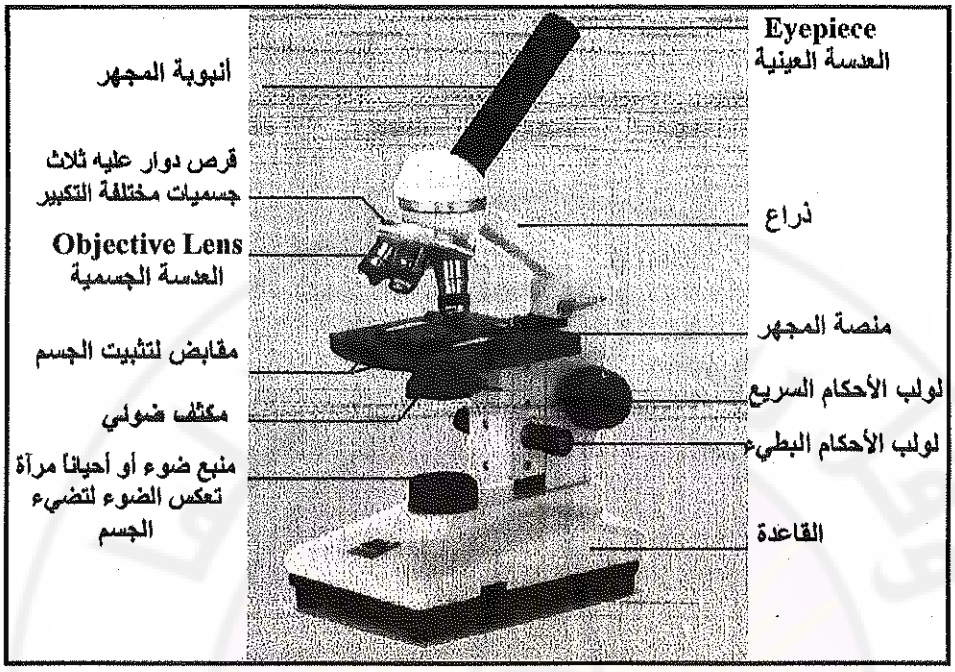


شكل ١ عدستان تمثلان عدستي المجهر. العدسة الجسمية Objective تشكل خيالاً حقيقياً I للجسم O قريبة و داخل النقطة المحرقية للعدسة العينية. الخيال I يقوم بدور جسم بالنسبة للعدسة العينية و التي تشكل خيالاً نهائياً وهمياً I′ يشاهده الناظر. العدسة الجسمية لها بعد محرقي f_{Ob} و العدسة العينية لها بعد محرقي f_{ey} و أن المسافة s هي المسافة الفاصلة بين مركزي العدستين (طول أنبوبة المجهر)

وصف المجهر:

يظهر الشكل ٢ صورة لمجهر كتبت عليه أقسامه و هي كالتالي:

Damascus University



شكل ٢: ملاحظة: نضطر أحياناً إلى تغيير المجهر لكن الوظائف تبقى كما هي و هذا المجهر يشبه المجهر الموجود في المخبر باستثناء أنه بدل منبع الضوء يوجد مرآة تعكس الضوء لتضيء الجسم.

- المرآة، أحد وجهيها مستوٍ والآخر مقعر، تستعمل لعكس النور الوارد عليها إلى الجسم المراد فحصه فتنيره (يستعمل الوجه المستوي من المرآة إذا كان المجهر مجهزاً بمكثف ضوئي)؛ بعض الأجهزة تحتوي عوضا عن المرآة منبعاً ضوئياً لإنارة الجسم المراد فحصه، كما في الشكل ٢.
- المكثف الضوئي، وهو عدسة وظيفتها تجميع النور، بالشدة الكافية على الجسم المفحوص، ويجهز المكثف عادة بلولب لتحريكه، وبحظار لتغيير شدة النور الوارد على الجسم.
- مِنَصة المجهر، ويوضع عليها الجسم المفحوص على زجاجة فحص يَنْفذ إليها النور عن طريق فتحة دائرية في مركز المنصة، ويثبت الجسم على

المنصة بمقابض يمكن زلقهما معه يميناً ويساراً، بينما يمكن زلق المنصة بما عليها إلى الأمام والخلف، ويتم تقدير هذا الانسحاب بواسطة مسطرتين ذوي ورنية، تستطيع كل واحدة أن تقدر ٠,١ مليمتراً. وبعض نماذج المجهر لا تحوي هذه التسهيلات، فتحرك الجسم المفحوص على المنصة يدوياً.

- العدسة الجسمية، وحامل الجسميات، وهو قرص دوار يمكن أن يحمل ثلاثة جسميات مختلفة التكبير.
- العدسة العينية، وهي إما أن تكون عينية عادية أو عينية مكرومترية، وتستخدم هذه الأخيرة من أجل قياس الأبعاد.
- أنبوبة المجهر الحامل للجسميات والعينية، ويمكن رفعها وخفضها بواسطة لولبين أحدهما لولب الإحكام السريع، والثاني لولب الإحكام البطيء.

الأجهزة و الأدوات:

- المجهر
- العينية المكرومترية وتسمى أيضاً المكرومتر العيني، ويرى فيها خيال لتدرج مؤلف من ١٠ تقسيمات رئيسة مرقمة من ٠ إلى ١٠ قسمت كل منها إلى ١٠ تقسيمات صغيرة والمقصود بالمكرومتر في هذا الصدد: مسطرة دقيقة، ولا يعني واحدة بعينها من واحدات الطول.
- زجاجة فحص مثبت عليها سلك معدني أو شعرة.
- دوار لولبية لقياس قطر السلك المعدني أو قطر الشعرة، وللتأكد من صحة القياس بالمجهر.
- الجسمية ذات التكبير $(10\times)$.

- المسطرة المعشارية وتسمى أيضاً المِكرومتر الجسمي، وهي عبارة عن زجاجة تحمل مسطرة دقيقة تكاد ترى بالعين المجردة كخط صغير واقع في مركز الدائرة السوداء، وتحوي مئة تقسيمة صغيرة أو مئتين، تعادل كل تقسيمة منها (٠,٠١) مليمتراً. وقد رقمت تدريجات هذه المسطرة عند كل عشر تقسيمات صغيرة أي عند كل ٠,١ من المليمتر تسهيلاً لعدها بيد أننا سنعد واحدة الأطوال على هذه المسطرة المعشارية التقسيمة الصغيرة الواحدة وقيمتها ٠,٠١ مم.
- محضر نباتي.

مراحل العمل و النتائج:

التجارب الكيفية:

١. التعرف إلى وظائف مختلف اللوالب المثبتة على المجهر، وهي لولب المكثف الضوئي – لولبا تحريك زجاجة الفحص – لولبا الإحكام السريع والبطئ.

٢. ضع المحضر النباتي إن وجد على منصة المجهر واضبط وضعه بلولبي التحريك حتى يصبح الجسم في مركز فتحة المنصة. واجعل العدسة الجسمية ذات التكبير $(10\times)$ تجاهه، وتأكد من وجود العينية المكرومترية $(6\times)$.

٣. عدل وضع المرآة المستوية التي تتلقى الضوء الخارجي، بحيث تضيء الأشعة المنعكسة المحضر. استعن بلولب المكثف الضوئي وبحظاره حتى ترى بقعة ضوئية مركزة على المحضر النباتي.

٤. قرّب العدسة الجسمية من المحضر، وأنت تنظر إليه بالعين مباشرة حتى تكاد تمسه الجسمية، وذلك بواسطة لولب الإحكام السريع. ثم انظر من خلال العينية وأبْعِد الجسمية عن المحضر بنفس اللولب السابق حتى يبدأ الخيال بالظهور. بعدها استخدم لولب الإحكام البطيء لجعل هذا الخيال أوضح ما يمكن. ارسم في دفترك المنظر الذي تراه بالألوان.

التجارب الكمية – قياس قطر سلك:

لكي نقيس طولاً صغيراً بالمجهر سنتخذ لهذا القياس واحدة طول U معلومة سلفاً. ثم نقارن الجسم المُقاس بها، فنحصل على ناتج قياسه بالواحدة المعلومة وليكن n. فيكون ناتج قياس الطول المجهري هو:

$$x = n \times U \qquad (1)$$

وإذا قدرت الواحدة U بالمليمتر، حصل القياس x بالمليمتر أيضاً. لن تكون الواحدة U هي المليمتر بالذات، بل طولاً نتخذه بمثابة واحدة ونقدره بالمليمتر مسبقاً. ونختار هذه الواحدة حيث يكون مقدارها مناسباً لأبعاد الأخيلة التي نشاهدها في مجهرنا. إن الواحدة التي سنعتمدها للأطوال في مجهرنا هي التقسيمة الرئيسة من العينية المكرومترية، أي إحدى التقسيمات العشر التي نشاهدها في المكيرومتر العيني. حاول أن تقدر ΔU. بالتالي، ينقسم عملنا إلى مرحلتين :

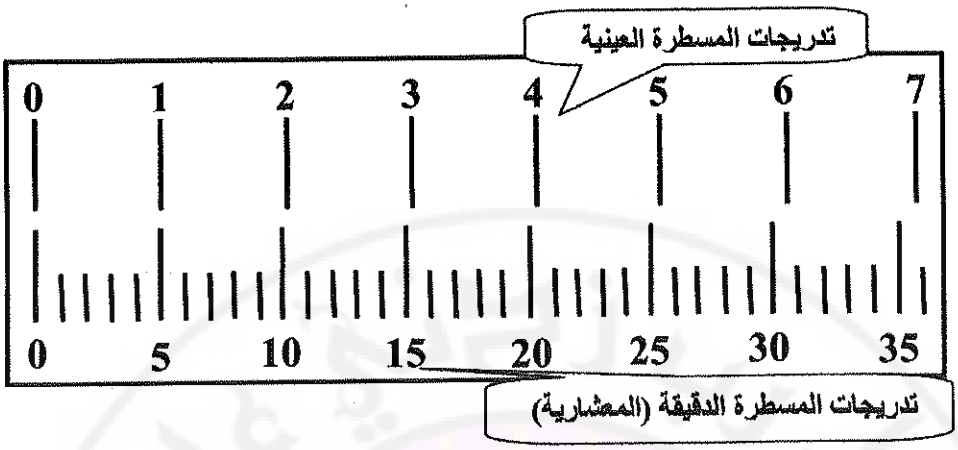
الأولى: تقدير الواحدة U بالمليمتر عن طريق مقارنتها بالمسطرة المعشارية الجسمية المدرَّجة بأجزاء المليمتر. من أجل ذلك نتبع ما يلي:

أ- ضع المسطرة المعشارية (المكرومتر الجسمي) مكان المحضر النباتي بتؤدة على منصة المجهر، وارفع أنبوبة المجهر بقدر كاف، ثم ضع العدسة الجسمية ($10\times$) تجاه مسطرة المعشارية.

ب- انظر إلى المسطرة المعشارية بالعين المجردة وقرّب الجسمية من المسطرة حتى تكاد تمسها، ثم انظر من خلال العينية المدرجة، وحاول بواسطة لولبي الإحكام أن تحصل على الخيال الواضح للمسطرة المعشارية. كم تدريجة ترى في هذا الخيال؟ تدرّب على مطالعة التقسيمات الرئيسة والصغيرة على هذه المسطرة. أدر العينية في مكانها فيدور تدريج العينية. أما تدريجات المسطرة المعشارية فتظل ثابتة. طبق العينية على تدريج المسطرة المعشارية بحيث يصبح التدريجان متوازيين (انظر الى الشكل ٣). استعن بلولبي تحريك الجسم على المنصة حتى ينطبق صفر تقسيمات المسطرة المعشارية على صفر تدريج العينية.

ت- أوجد عدد التقسيمات الصغيرة من المسطرة المعشارية التي تغطي كامل تدريجات العينية العشر وليكن k. وبما أن كل تقسيمة من المسطرة المعشارية تعادل (٠,٠١) مم فرضاً، فيكون طول التقسيمة الرئيسة الواحدة من العينية U، مقدراً بالمليمتر، هو:

$$U = \frac{k}{10} \times 0.01 = k \times 10^{-3} \quad mm \qquad (2)$$



الشكل ٣ : تحقيق التوازي بين تقسيمات المسطرة العينية و تقسيمات المسطرة الدقيقة (المعشارية)

ث- إذا دققت في انطباق صفر المسطرة العينية على المسطرة المعشارية الجسمية. وفي مطالعة العدد k ، يمكن ألا يتجاوز المراب في هذا القياس ربع التقسيمة الصغيرة من المسطرة المعشارية عند كل طرف منها، وبالتالي، يكون Δk من مرتبة ٠,٥ من التقسيمة الصغيرة الواحدة: تقسيمة $\Delta k = 0.5$ ويكون:

$$\Delta U = \Delta k \times 10^{-3} = (0.5 \times 10^{-3}) \ \ mm .$$

الثانية: تقدير طول الجسم المجهول بالواحدة U. ثم نطبق العلاقة (1) للحصول على الجسم المجهول. من أجل ذلك نتبع ما يلي:

١- ارفع زجاجة المسطرة المعشارية. وضع مكانها الزجاجة الحاملة للسلك، ثم أحكم المجهر حتى ترى خيال قطر السلك واضحاً. أدر العينية في مكانها حتى تصبح مسطرتها عمودية على السلك. قدّر عدد التقسيمات التي يغطيها خيال السلك، وذلك في عدة مواضع منه. ثم خذ وسطي هذه التقسيمات وليكن $\overline{n}$. رتب جدولاً كالتالي لتسجيل نتائجك:

رقم التجربة	n_i	Δn_i
١		
٢		
٣		
٤		
الوسطي:	$\bar{n} =$	$\Delta\bar{n} =$

٢- قارن بين وسطي الفروق السابقة $\Delta\bar{n}$ وبين الارتياب في المسطرة العينية، وهو نصف التقسيمة الصغيرة منها. أي ٠,٠٥ من الواحدة U نعد أن الارتياب Δn هو أكبر هذين المقدارين.

تقدير طول الجسم المجهول:

أ- احسب طول الجسم المجهول x (وهو قطر السلك) من العلاقة (1) بالتعويض عن القيم العديدة لـ U وعن $\bar{n}$ في هذه العلاقة.

ب- قدر الارتياب المطلق و الارتياب النسبي في x بطريقة تقدير الارتياب في القياس غير المباشر. ضع جوابك النهائي بالصيغة:

$$x = (\bar{x} \pm \Delta x) \quad mm .$$

ت- قس قطر السلك ذاته بالدوارة اللولبية مع تقدير الارتياب في القياس. هل للمقياس بالمجهر من فائدة من حيث تحسين دقة القياس؟

خلاصة:

اكتب مقالة من بضعة أسطر تقوّم فيها النتائج التي حصلت عليها و إذا ما تحقق الهدف أو الأهداف المرجوّة؟ فهل لديك اقتراحات عملية للتحسين ؟

****

انتهت التجربة

II- التجربة (٨) قوانين الموشور

- الهدف من التجربة.
- التمهيد النظري.

شروط بروز الأشعة من الموشور

- الأجهزة و الأدوات.
- مراحل العمل و النتائج.
- خلاصة.

Damascus University


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

II- التجربة (٨) قوانين الموشور

(Prism's laws)

١ – الهدف من التجربة:

- التحقق من صحة قوانين الموشور.
- دراسة تغير زاوية الانحراف بدلالة زاوية الورود.
- حساب قرينة انكسار مادة الموشور.

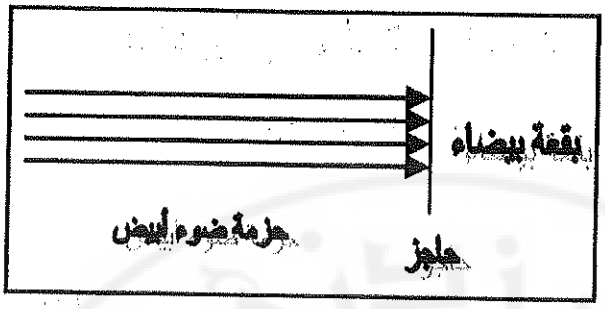
٣- التمهيد النظري:

الموشور هو وسط شفاف متجانس يحدده مستويان كاسران متقاطعان يدعى كل منهما وجه الموشور. و الزاوية المكونة بين الوجهين تدعى زاوية الموشور (رأس الموشور). كما نسمي الوجه المقابل لرأس الموشور قاعدة الموشور. تبين الدراسة التجريبية لحزمة من أشعة متوازية تسقط على حاجز أنها تعطي بقعة منيرة بيضاء T، الشكل (١ - أ). عند وضع موشور زجاجي في مسار هذه الحزمة السابقة نلاحظ ما يلي:

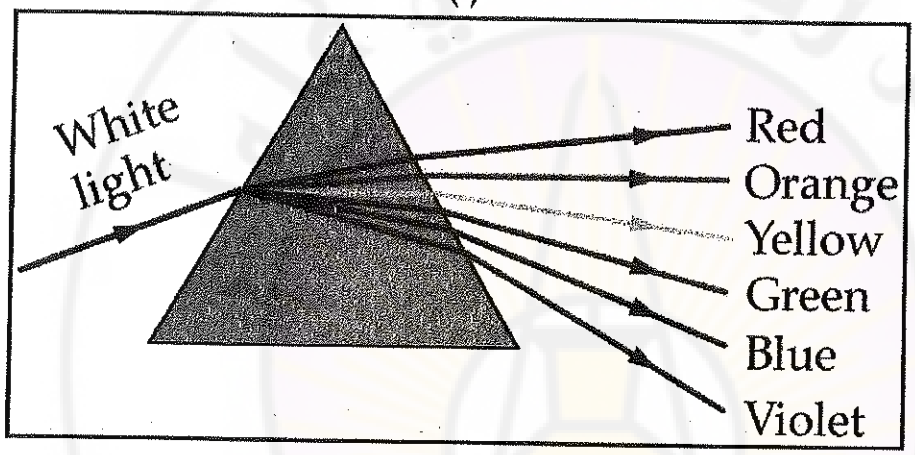
١- انحراف البقعة إلى الأسفل (نحو القاعدة).

٢- مساحة البقعة المنحرفة أكثر اتساعاً من مساحة البقعة قبل وضع الموشور.

٣- ظهور جميع ألوان قوس قزح (التبدد)، الشكل (١ - ب).



(أ)

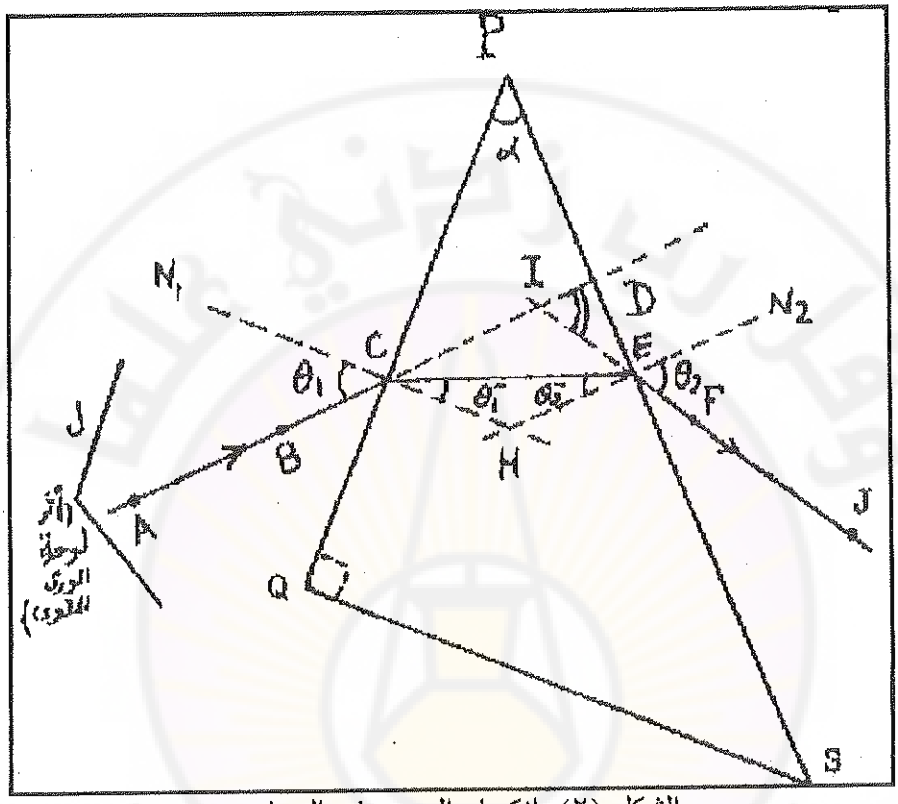


(ب)

الشكل (١)

لدراسة سير الأشعة في الموشور، نفترض وجود الموشور الذي مقطعه PQS الشكل (٢) زاوية رأسه α حادة. يرد عليه الشعاع الضوئي وفق المنحى AB على الوجه PQ (السطح الفاصل بين وسطين شفافين هواء – زجاج) في النقطة C صانعا زاوية ورود θ_1 مع الناظم CN_1. ينكسر هذا الشعاع داخل الموشور وفق المنحى CE، محدثاً زاوية θ'_1 مع الناظم في C، فيرد على الوجه ps (سطح فاصل بين زجاج – هواء) من الموشور في النقطة E محدثاً زاوية θ'_2 مع الناظم

EN_2 على هذا الوجه، حيث ينكسر ثانية بارزاً من الموشور وفق المنحى EFJ، صانعاً زاوية البروز θ_2 مع الناظم EN_2.



الشكل (٢): انكسار الضوء في الموشور

يكون الموشور عادة مصنوعاً من زجاج قرينة انكساره المطلقة n و محاطاً بالهواء الذي تعد قرينة انكساره المطلقة عملياً مساوية الواحد، أي أن قرينة الانكسار المطلقة لمادة الموشور أكبر من قرينة الانكسار المطلقة للوسط المحيط، وبحسب خواص الانكسار يكون: $\theta_1 > \theta'_1$, $\theta_2 > \theta'_2$ ويعطي تطبيق قانون الانكسار الأساسي على سير الأشعة في النقطتين C و E على الترتيب (على اعتبار قرينة انكسار الهواء مساوية الواحد):

$$\sin\theta_1 = n\sin\theta_1' \qquad (1)$$

$$\sin\theta_2 = n\sin\theta_2' \qquad (2)$$

كما يبرهن بسهولة من الخواص الهندسية في الشكل (٢) أن:

$$\alpha = \theta_1' + \theta_2' \qquad (3)$$

تعرف الزاوية الحادثة بين منحى الشعاع الوارد ومنحى الشعاع البارز بزاوية انحراف الضوء في الموشور ويرمز لها بـ D. ويبرهن بسهولة من الخواص الهندسية في الشكل أن:

$$D = \theta_1 + \theta_2 - \alpha \qquad (4)$$

إن التحقق التجريبي من صحة العلاقة الأخيرة يكافئ التحقق من صحة العلاقات السابقة (1) و (2) و (3)، و بالتالي التحقق من صحة قانون الانكسار الأساسي ذاته. تبين الدراسة أن تغير زاوية الانحراف ليس تغيراً خطيا مع كل من زاوية الورود وقرينة انكسار مادة الموشور، و إنما هو (ستجيب على ذلك التجربة)؟.

تدل التجربة على أن زاوية الانحراف تمر بنهاية صغرى نرمز لها بـ D_m، تسمى زاوية الانحراف الأصغر، وتحصل عندما يكون $\theta_1 = \theta_2$. وفي هذه الحالة الخاصة ينتج من العلاقة (4) أن:

$$\theta_1 = \frac{1}{2}(D_m + \alpha)$$

وبالتعويض في العلاقة (1) ينتج أن:

$$n = \frac{\sin\frac{1}{2}(D_m + \alpha)}{\sin\frac{\alpha}{2}} \qquad (5)$$

ولما كانت زاوية الانحراف تابعة لقرينة انكسار الموشور، وهذه الأخيرة تابعة للطول الموجي للضوء الوارد أي للونه، فإننا نفترض في هذه التجربة أن الضوء المستعمل هو وحيد اللون، تاركين دراسة اختلاف الانكسارات تبعاً للطول الموجي (أي للون) إلى تجربة أخرى لاحقة هي: "المطياف ذو الموشور".

شروط بروز الأشعة من الموشور:

ليست جميع الأشعة التي ترد على الوجه الأول للموشور تبرز من وجهه الثاني و إنما فقط بعض الأشعة التي تحقق الشرطين التاليين:

الشرط الأول: يتعلق بزاوية الموشور وهو : $\alpha \leq 2\beta$

حيث : α: هي زاوية رأس الموشور و β: هي الزاوية الحدية وتعطى بالعلاقة $\sin\beta = \frac{1}{n}$ مع العلم أن n قرينة انكسار الموشور. فإذا كانت $n = 1.5$ كانت $\beta = 42°$ فيصبح الشرط السابق بالنسبة للموشور الزجاجي $\alpha \leq 42 \times 2$.

فإذا كانت زاوية الرأس $45°$ مثلاً برز الشعاع من الوجه الثاني، وإذا كانت زاوية الرأس أكبر من $84°$ انعكس الشعاع انعكاساً كلياً وبرز من قاعدة الموشور. لذا يجب أن نستخدم زاوية رأس الموشور حادة وليست قائمة.

الشرط الثاني يتعلق بزاوية ورود الشعاع على الوجه الأول للموشور، وهو أن تكون هذه الزاوية θ_1 أكبر من حد معين، و إلا انكسر الشعاع على الوجه الأول، ثم انعكس انعكاساً كلياً على الوجه الثاني؛ لأن زاوية وروده على هذا الوجه تكون أكبر من الزاوية الحدية. وهذا الشرط هو:

$$\sin\theta_1 \geq n \ \sin(\alpha-\beta)$$

وفي مثالنا السابق يصبح هذا الشرط:

$$\sin\theta_i \geq 1.5 \times \sin(45-42)^\circ$$

$$\geq 1.5 \times 0.052 = 0.078$$

و منه نجد أن: $\theta_i \geq^\circ 4.5$. ففي مثالنا العددي، إذا كانت زاوية الورود على الوجه الأول أكبر من 5° تحقق شرط البروز.

ملاحظة: كما تعلم أن الشعاع الوارد ناظمياً على السطح لا ينكسر، فعندما تزيد زاوية الورود عن 75° تقل شدة الضوء المنكسر إلى حد بعيد، وعندما تقارب زاوية الورود 90° تكاد شدة الضوء المنكسر أن تنعدم، وبالتالي يكاد الخيال الحادث بالانكسار أن يغيب مع أنه موجود حتى زاوية الورود 90° تماماً.

٣- الأدوات والأجهزة المستخدمة:

موشور زجاجي مقطعه مثلث، لوحة من الفلين، مسامير كبس، لوحة بيضاء من الورق المقوى.

ملاحظة : يجب على الطالب إحضار الأدوات التالية: مسطرة شفافة، منقلة شفافة، مثلثاً قائم الزاوية شفافاً، فرجاراً، ورقتين كبيرتين للرسم .

٤- مراحل العمل والنتائج :

١- التحقق من صحة العلاقة $(D = \theta_1 + \theta_2 - \alpha)$:

١- ثبت ورقة بيضاء على لوحة الفلين بواسطة مسامير الكبس، ثم ضع الموشور على هذه الورقة بحيث تكون حروفه الثلاثة قائمة عليها، فتجد أن أثره على الورقة

مثلث PQS . عين إحدى زوايا الموشور الحادة على أنها زاوية رأسه $\hat{P}=\alpha$، فيتعين الوجهان المجاوران لهذا الرأس على أنهما وجها ورود الضوء على الموشور وبروزه منه انظر إلى الشكل (٢). ارسم بالقلم الرصاص أثر هذين الوجهين على الورقة.

٢- اغرس في لوحة الفلين دبوسين قائمين في نقطتين متباعدتين مثل A و B الشكل (٢) تعيّنان منحى شعاع وارد على وجه الموشور PQ الذي نعده وجه الورود، فيتعين الوجه الآخر PS وجها للبروز.

٣- قم بتعيين منحى الشعاع البارز JF و ذلك عن طريق وضع إحدى عينيك في مستوى ورقة الرسم وانظر بها إلى وجه البروز حتى ترى خيالي الدبوسين من خلال الموشور، ثم حرك رأسك في مستوى الورقة حتى ترى الخيالين على استقامة واحدة يخفي أحدها الآخر خلفه. اغرس عندئذٍ على الاستقامة السابقة دبوسين آخرين الواحد بعد الآخر في نقطتين متباعدتين مثل F و J أقرب إليك من وجه البروز، بحيث ترى دبوساً واحداً منهما هو الأقرب إليك يخفي وراءه الدبوس الآخر والخيالين السابقين. فيتعين منحى الشعاع البارز بالنقطتين F و J.

ملاحظة: يفضل أن يكون منحى الورود ABC واقعاً تحت الناظم CN بالنسبة إلى رأس الموشور، أي أن يرد الشعاع من جهة قاعدة الموشور لا من جهة رأسه، وذلك لتفادي حدوث الانعكاس الكلي داخل الزجاج قبل بروز الشعاع، لأننا في هذه التجربة نقوم فقط بدراسة الحالة التي يحصل فيها انكساران متتاليان على وجهي الموشور. كما يستحسن أن تكون المسافة بين A و B والمسافة بين F و J كبيرتين قدر الإمكان، لكي يتعين المنحنيان الوارد والبارز بدقة متزايدة.

٤- انزع الدبابيس والموشور عن الورقة، وارسم بالقلم الرصاصي المناحي ABC و CE و EFJ والناظمين CN_1 و EN_2. مدد ABC و EFJ حتى يتلاقيا في نقطة I. إن الشعاع ABC يمثل منحى الشعاع الوارد، الذي ينكسر داخل الموشور وفق CE، ويبرز منه منكسراً مرة أخرى وفق EFJ. وتتعين الزوايا: θ_1، θ'_1، θ_2، θ'_2 مع الناظمين. وتمثل I رأس زاوية الانحراف D' التي سنقوم بقياسها.

٥- أعد العمل المطلوب بالبندين ٢ و ٣ و ٤ مرتين أخريين على الأقل، منطلقاً كل مرة من غرس الدبوس أمام وجه الورود في نقطتين جديدتين تماثلان A و B.
(لا تقتضي هذه الإعادة تغيير موضع الموشور على الورقة، بل تغيير موضعي الدبوسين فقط، بيد أنه يمكن كذلك جعل الموشور في موضع آخر من ورقة الرسم، وإعادة العمل بالفقرات ١ و٢ و٣ برمتها).

٥- أنشئ جدولاً كالتالي:

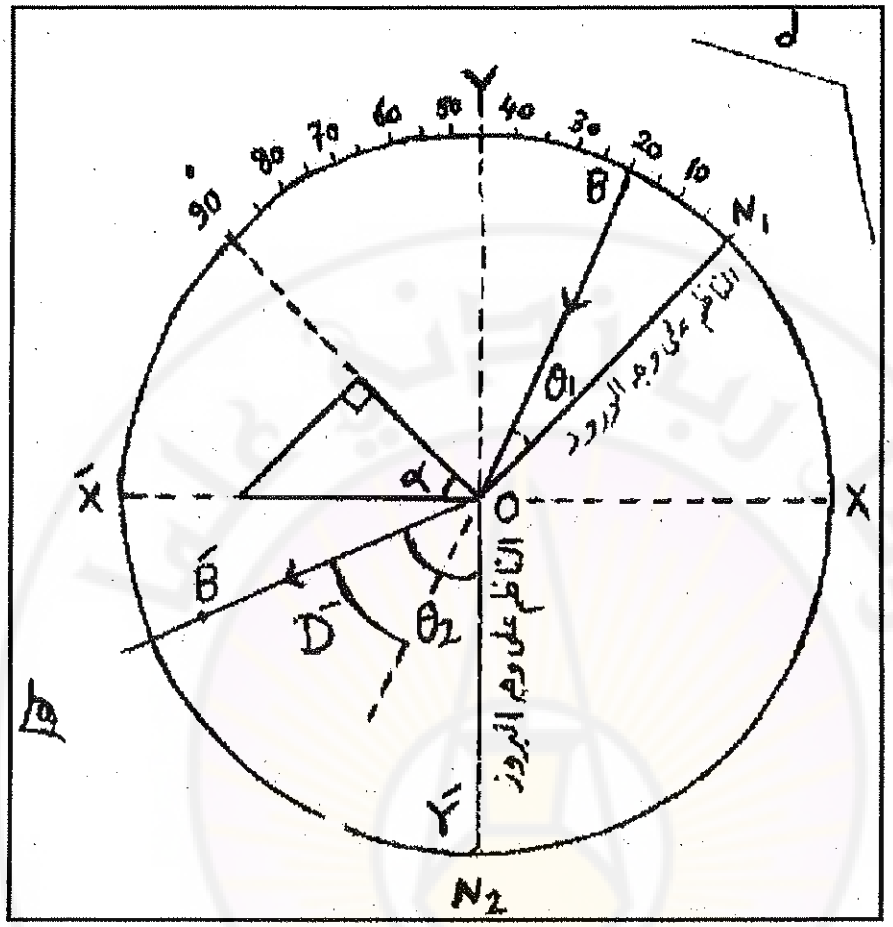
زاوية رأس الموشور: $\alpha =$						
رقم التجربة	θ_1	θ_2	D'_i مقيسة	$D_i = \theta_2 + \theta_1 - \alpha$ محسوبة	$E_i = \lvert D'_i - D_i \rvert$	الاستنتاج
١						التجربة مقبولة أو غير مقبولة
٢						
٣						

قس الزوايا المطلوبة α، θ_1، θ_2، D' قياساً مباشراً بالمنقلة، وأدرجها في أماكنها من الجدول، واحسب قيم D وفق المعادلة (4) و احسب قيم الفروق (الانحراف) E_i بين القيم المحسوبة و المقيسة لـ D لكل تجربة. لاحظ أننا رمزنا إلى قيمة زاوية الانحراف المقيسة تجريبياً بـ D' في حين رمزنا إلى قيمتها المحسوبة من العلاقة (4) بـ D.

٧- قدّر الخطأ المطلق في القياس المباشر لكل من α، θ_1، θ_2، D' اعتماداً على المنقلة المستخدمة. ثم قدر الخطأ المطلق في القياس غير المباشر لـ D وليكن ΔD، ثم الخطأ النسبي δD، قارن قيمة ΔD، مع قيم E_i الانحراف وحدد بناءً على ذلك هل التجربة مقبولة أم غير مقبولة.

٢- دراسة تغير زاوية الانحراف مع زاوية الورود:

١- ثبت ورقة رسم جديدة على لوحة الفلين بمسامير الكبس، وارسم في وسطها دائرة مركزها O ونصف قطرها حوالي ١٠سم. ويفضل للسهولة رسم دائرة تطابق قوس المنقلة اللدنة المتوفرة لديك. ارسم قطرين متعامدين في هذه الدائرة كما في الشكل (٣) وهما: $X'OX$ و $Y'OY$.



الشكل (٣): دراسة تغير زاوية الانحراف مع زاوية الورود.

٢- ضع الموشور على ورقة الرسم جاعلاً حروفه قائمة على مستواها ورأس زاويته الحادة في مركز الدائرة O، وأحد الوجهين المجاورين لهذه الزاوية يكون وفق OX'، وهو الذي نتخذه وجهاً لبروز الضوء من الموشور. ارسم أثر الوجه الآخر على الورقة فيكون هو وجه الورود.

انزع الموشور عن الورقة، وارسم الناظمين ON_1 و ON_2 على الوجهين، وقسم قوس الدائرة متجهاً من N_1 نحو قاعدة الموشور أقساماً متساوية كل منها 5 درجات، كما في الشكل (٣). أعد الموشور إلى موضعه على الورقة.

٣- اغرس دبوساً في التدريجة °5 وليكن موضعه في B. ضع إحدى عينيك في مستوى ورقة الرسم ضمن الربع $X'OY'$، وحرك رأسك في هذا المستوى محاولاً مشاهدة خيال الدبوس من خلال الموشور. حاول أن تعلل لم لا تشاهد خيال الدبوس في الموشور في هذه الوضعية، ثم اغرس الدبوس في التدريجة °10، وكرر العمل السابق. اغرس الدبوس في التدريجة °15، فترى له خيالاً واضحاً ضمن الربع $X'OY'$، اغرس دبوساً آخر B' بحيث ترى هذا الدبوس الأخير يخفي وراءه حرف الموشور O وخيال الدبوس B الذي كنت تراه. يستحسن أن تكون المسافة OB' كبيرة (على الدائرة مثلا) قدر الإمكان لتحسين الدقة في تحديد منحى البروز.

٤- كرر العمل السابق بغرس الدبوس في التدريجات 20، 25.. وعلى التوالي حتى °75. ميز مواضع الدبابيس B' برموز مثل B'_1, B'_2, B'_3 تقابل رموز الدبابيس B في رسمتك. حاول أن تشاهد خيالاً للدبوس إذا غرسته في التدريجة 80 ثم °85... هل ترى خيالاً واضحاً؟ علل تناقص وضوح الخيال.

٥- انزع الموشور، وارسم على الورقة المستقيمات مثل BO و $B'O$ من أجل كل التدريجات التي اختبرتها من °15 حتى °75 أو أكثر إذا أمكن. إن المنحنى BO يمثل شعاعاً وارداً، والمنحى OB' يمثل الشعاع البارز الموافق له.

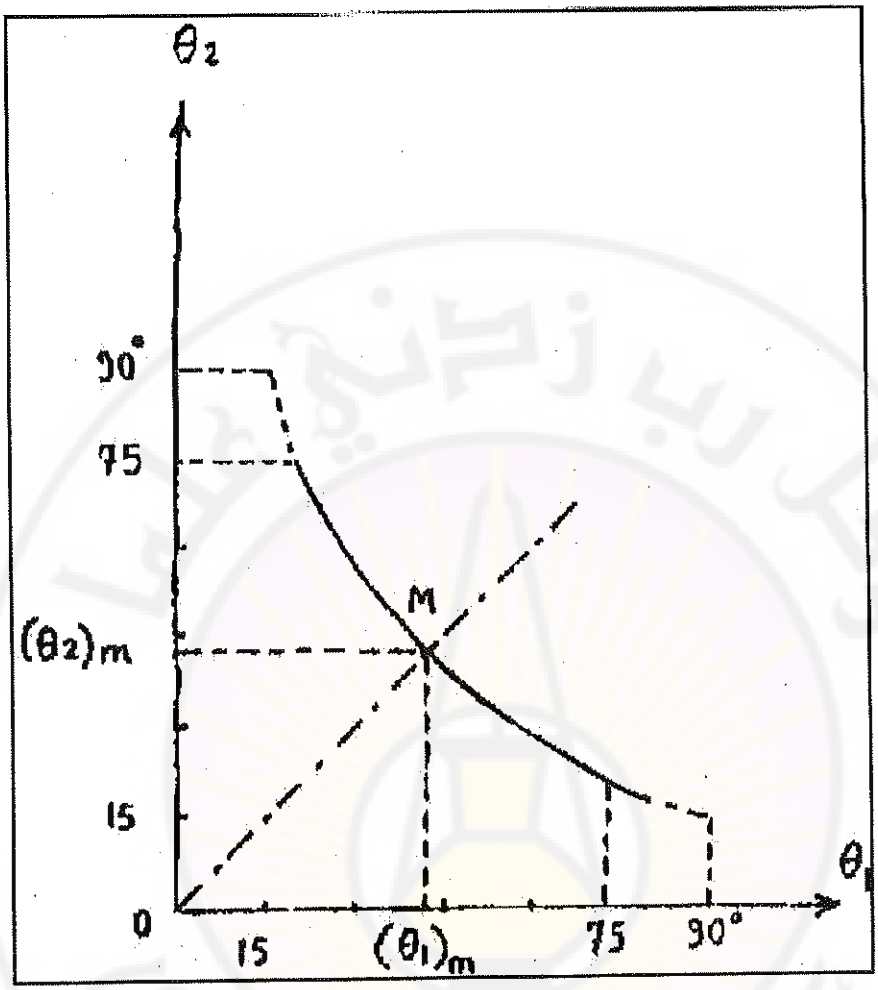
٦- أنشئ جدولاً كالتالي يتضمن ١٩ سطراً. قس على رسمتك زاوية الورود θ_1 وزاوية البروز المقابلة لها θ_2 وزاوية الانحراف D' لكل من الوضعيات التي

اختبرتها من 15 حتى 75° وسجلها في مواضعها من الجدول. ثم احسب D والفروق المطلقة $E_i = |D_i - D'_i|$.

زاوية رأس الموشور: α=					
θ_1	θ_2	D'_i	$D_i = \theta_2 + \theta_1 - \alpha$	$E_i = \|D'_i - D_i\|$	الاستنتاج
0°					التجربة مقبولة أو غير مقبولة في ضوء حساب ΔD
10°					
15°					
.20°					
.					
.					
75°					
80°					
85°					
90°					

٧- قدر الخطأ المطلق ΔD في القياس غير المباشر لـ D من العلاقة. قارن الفروق E_i بـ ΔD وفي ضوء هذه المقارنة سجل استنتاجك حول التجارب فيما إذا كانت كل منها مقبولة أم لا، وإذا كان الوقت يسنح لك حاول أن تعيد العمل لكل تجربة غير مقبولة، عسى أن تكتشف عيباً في عملك السابق فتصححه.

٨- ارسم على ورقة مليمترية المنحني البياني لتحول زاوية البروز θ_2 بدلالة زاوية الورود θ_1 مستخدماً سلماً واحداً على المحورين الإحداثيين، وسوف تحصل على شكل شبيه بالشكل (٤).

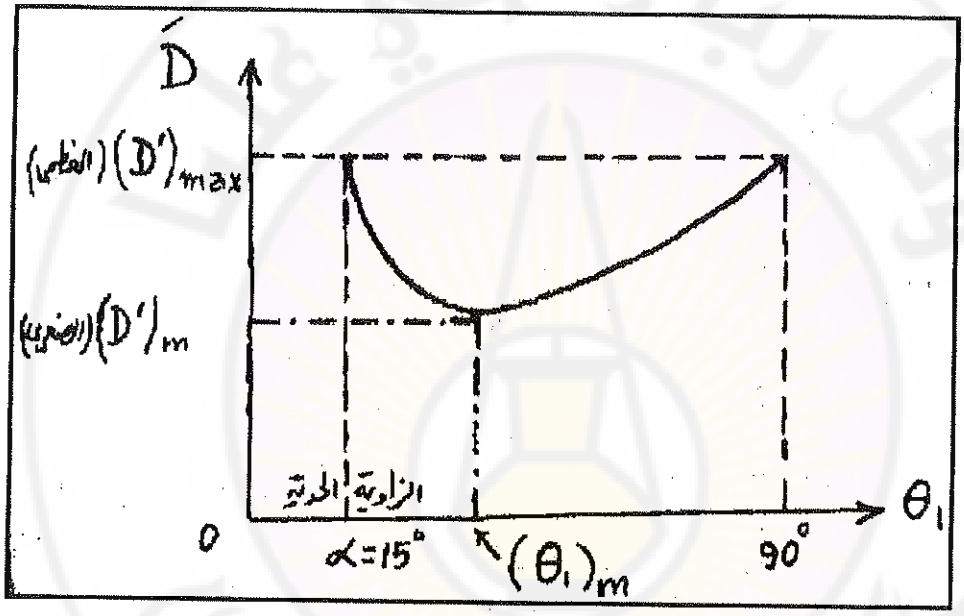


الشكل (٤)

أوجد بالاستقراء الخارجي من هذا المنحني قيمة θ_1 من أجل $\theta_2 = 90°$، وقيمة θ_2 من أجل $\theta_1 = 90°$. سجل هاتين القيمتين في الجدول السابق. لما كانت وضعية الانحراف الأصغر توافق المساواة $\theta_1 = \theta_2$ فيمكننا بإنشاء منصف الربع الأول على الشكل فيقطع المنحني السابق في نقطة M، وبالاستقراء نجد القيمتين $(\theta_1)_m$، $(\theta_2)_m$ اللتين توافقان الانحراف الأصغر للضوء في الموشور. الشكل

(٤) يمثل المنحني البياني لتحولات θ_2 بدلالة θ_1 والاستقراء الداخلي والخارجي منه.

٩- ارسم على ورقة مليمترية أخرى المنحني البياني لتحول زاوية الانحراف المقيسة مباشرة D' بدلالة زاوية الورود θ_1. سوف تحصل على شكل يشبه الشكل (٥).



الشكل (٥): المنحني البياني لتحولات D' بدلالة θ_1 والاستقراء منه

قم باستقراء قيمة زاوية الانحراف الأصغر $(D')_m$ وقيمة زاوية الورود $(\theta_1)_m$ الموافقة لها. هل تتفق قيمتا $(\theta_1)_m$ المستقرأتان من المنحنيين؟ وهل الفرق بينهما من مرتبة الارتياب المباشر $\Delta\theta_1$؟ وفي حال اختلاف القيمتين المستقرأتين فأيهما ترجح؟

٣- قياس قرينة انكسار مادة الموشور:

١- احسب قرينة انكسار زجاج الموشور من العلاقة (5). متخذاً لزاوية الانحراف الأصغر القيمة التي رجحتها.

٢-احسب الارتياب المطلق في n باتباع إحدى طريقتين:

إما بتطبيق طريقة التفاضل اللغرتمي على العلاقة (5)، أو بافتراض تزايد من مرتبة $\Delta\alpha$ على α، وتزايد من مرتبة ΔD_m على D_m والتعويض في العلاقة (5) فيكون:

$$n' = \frac{\sin\frac{1}{2}(\alpha + \Delta\alpha + D_m + \Delta D_m)}{\sin\frac{1}{2}(\alpha + \Delta\alpha)}$$

نقبل أنه ينتج تزايد في n من مرتبة Δn، فيكون: $\Delta n = n' - n$.

خلاصة:

اكتب مقالة من بضعة أسطر تقوّم فيها النتائج التي حصلت عليها و إذا ما تحقق الهدف أو الأهداف المرجوّة؟ هل لديك اقتراحات عملية للتحسين ؟

****

انتهت التجربة


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

III- تجارب في الميكانيك

١- جريان الهواء

٢- السقوط الحر

٣- الحركة المستقيمة

٤- النواس البسيط

٥- التصادم

٦- تحديد مركز الثقل (الكتلة)

٧- الحركة الاهتزازية التوافقية

٨- تركيب القوى

Damascus University


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

III- التجربة (٩) جريان الهواء

- الغاية من التجربة.
- التمهيد النظري.
- الأجهزة و الأدوات.
- مراحل العمل و النتائج.
- خلاصة.

Damascus University


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

III- التجربة (٩) جريان الهواء

(Aerodynamics)

الغاية من التجربة:

قياس سرعة الهواء المارة عبر أنبوب فينتوري ثم حساب كمية الهواء المارة عبر أنبوب فينتوري (Vintori) في واحدة الزمن، وذلك بقياس فرق الضغط بين نقطتين معروفتي المقطع من الأنبوب. والتحقق من قانون برنولي في جريان السوائل.

التمهيد النظري:

تعد دراسة حركة السوائل أو الهواء في الأنابيب من أصعب الحركات للدراسة الدقيقة. فإذا اعتبرنا أن السائل (الهواء) المثالي الذي يتميز بالخصائص التالية:

أ- عديم اللزوجة أي لا يوجد احتكاك بين طبقاته المتجاورة.

ب- غير قابل للانضغاط أي كثافة ثابتة.

ج- خطوط الجريان مستقرة أي أن كلاً من السرعة والكثافة والضغط عند أي نقطة من السائل ثابتة مع مرور الزمن؛ لكنها تتغير من نقطة إلى أخرى

نستطيع البرهان أنه من أجل أي نقطتين من الأنبوب مختلفتين في المقطع الذي يجري فيه الهواء تتحقق المعادلة التالية:

$$V_i A_i = V_0 A_0 \qquad (1)$$

حيث V_i و A_i هما السرعة و سطح المقطع في النقطة الأولى على التوالي و أن V_0 و A_0 هما السرعة و سطح المقطع في النقطة الثانية. أو بالشكل:

$$A\ V = \text{const.} \qquad (2)$$

المعادلة (1) يطلق عليها اسم معادلة الاستمرار لجريان السوائل (الهواء). اما المقدار الثابت AV في المعادلة (2) يسمى معدل التدفق وهو ثابت عند أي نقطة من نقاط الأنبوب و هو يمثل أيضا الحجم المار عبر مقطع الأنبوب في واحدة الزمن. يعطي قانون برنولي العلاقة بين الضغط p وسرعة جريان الهواء في الأنبوب V عند مقطعين في حالة جريان مستقر و أفقي بدون احتكاك بالعلاقة:

$$p_i + \frac{\rho}{2} V_i^2 = p_0 + \frac{\rho}{2} V_0^2 \qquad (3)$$

حيث ρ كثافة المادة (الهواء). V_i و p_i هما سرعة و ضغط الهواء عند المقطع الأول الموافق للثقب i و p_0 و V_0 هما سرعة و ضغط الهواء عند المقطع الموافق للثقب 0 (عند المقطع الأكبر الخرجي للأنبوب)

من العلاقة (3) نستطيع أن نكتب:

$$p_0 - p_i = \frac{1}{2}\rho V_i^2 - \frac{1}{2}\rho V_o^2 \qquad (4)$$

و باستعمال المعادلة (1) نجد:

$$V_i = V_0 \frac{A_o}{A_i} \qquad (5)$$

و بوضع هذه المعادلة في المعادلة السابقة (4) تصبح:

$$p_0 - p_i = \frac{1}{2}\rho V_0^2 \left(\frac{A_0}{A_i}\right)^2 - \frac{1}{2}\rho V_o^2 \qquad (6)$$

وهي تمثل معادلة مستقيم من الشكل: $Y = mX + B$ حيث $Y = P_0 - P_i$ و $X = (A_0 / A_i)^2$. بالتالي يمكن حساب V_i عند أي ثقب i من العلاقة (5) بعد معرفة قيمة V_0.

الأجهزة و الأدوات:

- جهاز نفخ الهواء.
- أنبوب فينتوري ذو سبع نقاط للقياس.
- وصلة مع الحاسب لقياس الضغط.
- حساس ضغط.
- لاقطان عبارة عن أنبوبين مطاطيين مع رأس معدني يدخلان في نقطتين من نقاط أنبوب فينتوري مع حامل لكل منهما.
- حامل 47 cm مع قاعدة.
- حامل 25 cm.
- برنامج CASSY لقياس الضغط. حيث إن اسم المستخدم، و كلمة السر هما كالتالي:

User Name: Mimosa P.O.B 5098

Pass Word: bFtyQVVctHVZiRb8Q8V4

- جهاز حاسب مع نظام التشغيل Windows.

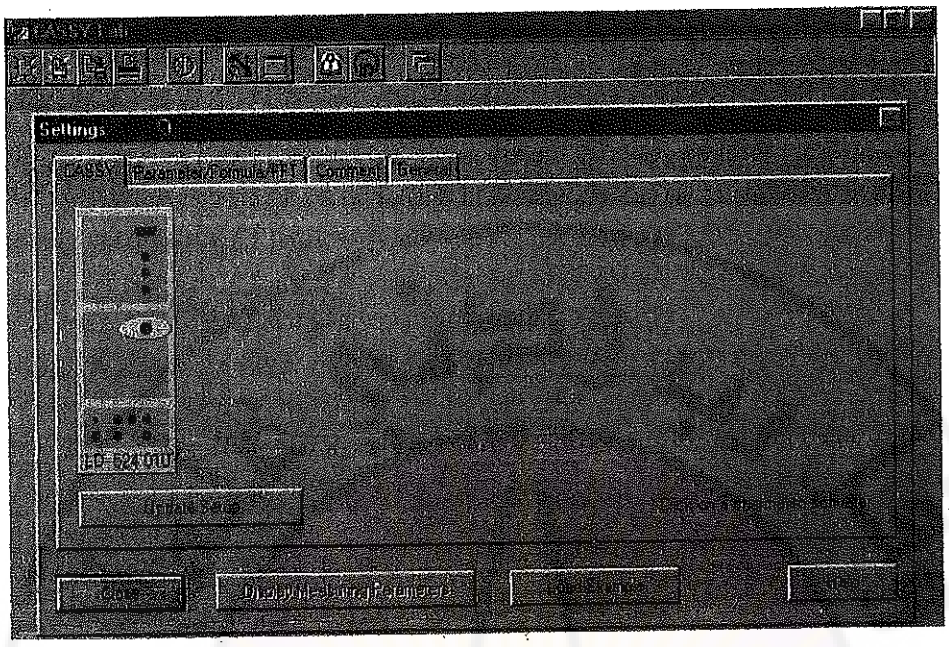
مراحل العمل و النتائج:

ركب جهاز نفخ الهواء (المقدمة على شكل قمع) ذا القطر 100 mm و صله مع أنبوب فينتوري، وضع الأجهزة بوضع أفقي على القاعدة كما في الشكل (٢). استخدم القاعدة (الحامل) لدعم أنبوب فينتوري و اللاقط كما في الشكل (٣). ثبت مقياس الضغط الدقيق على الحامل، و اضبطها بشكل أفقي تماماً باستخدام البزال.

استعمل لاقط لقياس الضغط عند نقطة معينة بوصل الطرف الحر للأنبوب بالنقطة المراد قياس الضغط عندها على أنبوب فينتوري؛ و يمكن استعمال لاقطين لقياس فرق الضغط بين نقطتين. و يمكن قياس الضغط عند النقاط السبع بشكل مستقل؛ p_1 , p_2 , p_3 , p_4.....الخ.

شغل الحاسب الموصول مع التجربة و اختر من سطح المكتب أيقونة CASSY Lab فيظهر على الشاشة الشكل التالي (شكل ١):

ملاحظة هامة: طريقة تشغيل البرنامج CASSY Lab الذي يتحكم بالأجهزة مشروحة بشكل واضح و مفصل في التجربة رقم (٣) "استعمال الحاسوب في مواءمة النتائج"؛ فيجب عليك مراجعتها قبل البدء بتشغيل هذا البرنامج.



شكل ١

انقر باستخدام الفارة على الدائرة السوداء الوسطى. فيظهر مربع حوار (Sensor Input Settings)

اختر نافذة: Meas. Range يظهر مجال +70 hPa، 70 hPa– قم باختيار المجال +7 hPa، 7 hPa– ثم انقر close. فيظهر على الشاشة شريط مهام يمكن التعرف إلى عمل كل أيقونة من المهام قبل البدء في القياس. اضغط على الأيقونة التي هي على شكل الساعة في هذا الشريط لبدء القياس و إيقافه.

- اضبط جهاز نفخ الهواء على السرعة الأصغرية (المؤشر على أقصى يسار جهاز الضبط c) وبعد ذلك شغل الجهاز، و اختر سرعة نفث للهواء لا على التعيين؛ الشكل (٣).

قم بقياس المقاطع عند الثقوب المختلفة، و سجل النتائج في المكان المناسب من الجدول ١.

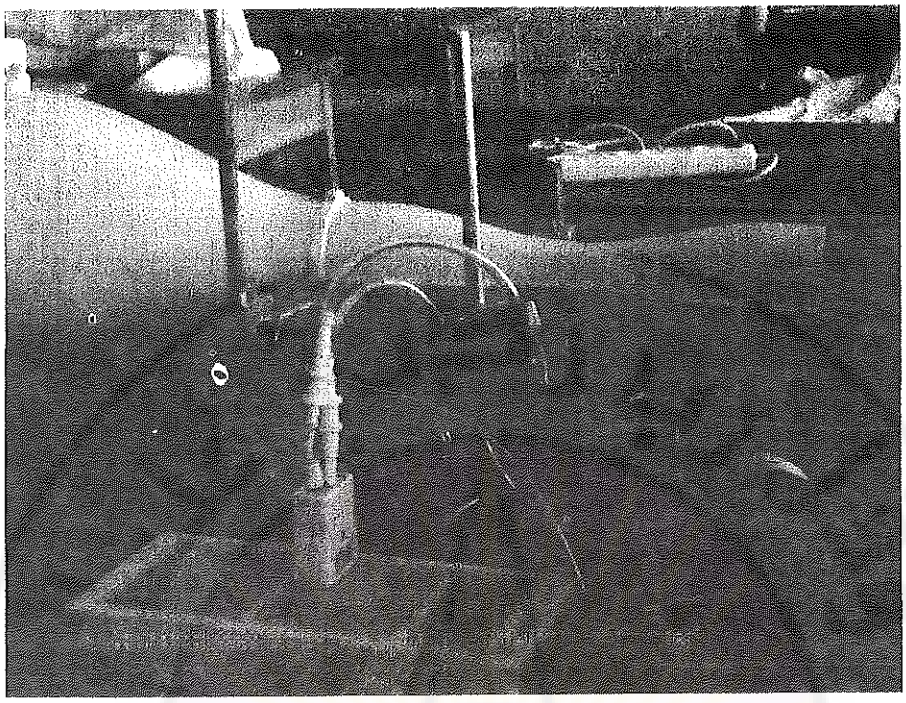
القطر الأكبر عند الثقب 0 هو .D: 100 mm

القطر عند المقطع (1): mm

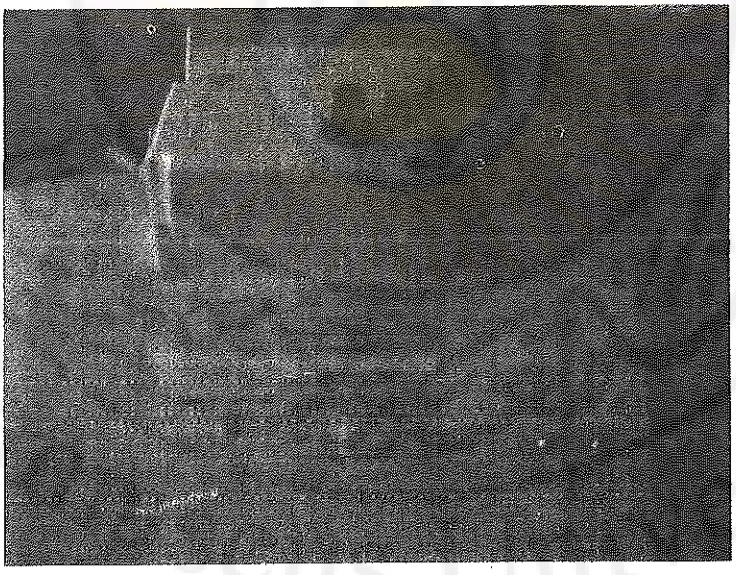
القطر عند المقطع (2): mm

القطر الأصغر عند الثقب (3) هو D_3: 50 mm

- سجل فرق الضغط من على شاشة الكمبيوتر باستخدام البرنامج المبين أعلاه بين الثقوب المختلفة i في جدار أنبوب فينتوري و الثقب 0 المبين في الشكل (١) و سجل القيم في الجدول (١).
- كرر العملية من أجل الثقوب المختلفة.
- خلال عملية قياس الضغط يظهر على شاشة الحاسب خط بياني يبين تأرجح القراءة حول قيمة ما. قدر قيمة هذ التأرجح؛ و ذلك بالضغط على الزر اليميني من الماوس (الفارة) فوق المنحني؛ فتظهر قائمة خيارات؛ اختر منها خيار Set Marker فتظهر قائمة جانبية اختر منها Horizontal line فنحصل على خط أفقي ضعه أسفل المنحني فتحصل على قيمة محددة في أسفل الشاشة الأيسر. كرر هذه العملية من أجل النهايه العليا للمنحني فتحصل على قيمة جديدة للضغط أسفل يسار الشاشة. اطرح القيمتين ينتج مقدار التأرجح. احسب منه مقدار الخطأ في قياس الضغط؛ و الذي يساوي نصف المجال السابق.



الشكل (٢)



الشكل (٣)

i (رقم الثقب)	0	1	2	3	4	5	6
D_i قطر فتحة الأنبوب	10 cm			5 cm			10 cm
A_i مساحة مقطع الأنبوب عند الثقب							
(P_0-P_i) mPa فرق الضغط							
$(A_0 / A_i)^2$							

الجدول (١)

إن الثقب رقم (0) يقابل الثقب الموافق للقطر الأكبر لأنبوب فنتوري عند فتحته. وازن بين الفروق : $P_0 - P_1$ و $P_0 - P_5$ و كذلك: $P_0 - P_2$ و $P_0 - P_4$، إذا كانت متقاربة خذ الوسطي. أما اذا لاحظت وجود فروق كبيرة بينها، قم بإعادة التجربة. قم كذلك بحساب الفروق: $P_0 - P_6$ و $P_1 - P_5$ و كذلك $P_2 - P_4$. ماذا تستنتج؟

ارسم على ورقة ميليمترية تحولات P_0-P_i بدلالة $(A_0 / A_i)^2$. احسب ميل المنحني الناتج، و حدد نقطة تقاطعه مع محور العينات، ثم استنتج منه قيمة السرعة V_0. قم بحساب سرعة الهواء عند المقاطع المختلفة للأنبوب من العلاقة (5). كرر الفقرات السابقة من أجل سرعة أخرى للهواء المنفوث. ناقش مدى تحقق قانون برنولي و معادلة الاستمرار . وعلل أية انحرافات تجريبية.

خلاصة:

اكتب مقالة من بضعة أسطر تقوّم فيها النتائج التي حصلت عليها و إذا ما تحقق الهدف أو الأهداف المرجوّة؟ فهل لديك اقتراحات عملية للتحسين ؟

****

انتهت التجربة

قال رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

III- التجربة (١٠) السقوط الحر

- الغاية من التجربة.
- التمهيد النظري.
- الأجهزة و الأدوات.
- مراحل العمل و النتائج.
- خلاصة.

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

III- التجربة (١٠) السقوط الحر

(Free fall)

الغاية من التجربة:

التحقق من قوانين السقوط الحر: تبعية المسافة والسرعة للزمن ثم تحديد تسارع الجاذبية الأرضية.

التمهيد النظري:

يعدّ السقوط الحر حالة خاصة من الحركة المستقيمة المتسارعة (المتغيرة) بانتظام (أي الحركة ذات التسارع الثابت) التي تكون فيها السرعة الابتدائية معدومة. عندئذ تعطى المسافة المقطوعة y؛ و السرعة v بالعلاقة:

$$v_y = gt \qquad (1)$$

$$y = \frac{1}{2} gt^2 \qquad (2)$$

و تجدر ملاحظة افتراض ثبات التسارع الأرضي في هذه الحالة، كون تغير المسافات هو صغير بالمقارنة مع نصف قطر الأرض. (وهذا محقق هنا)

الأجهزة و الأدوات:

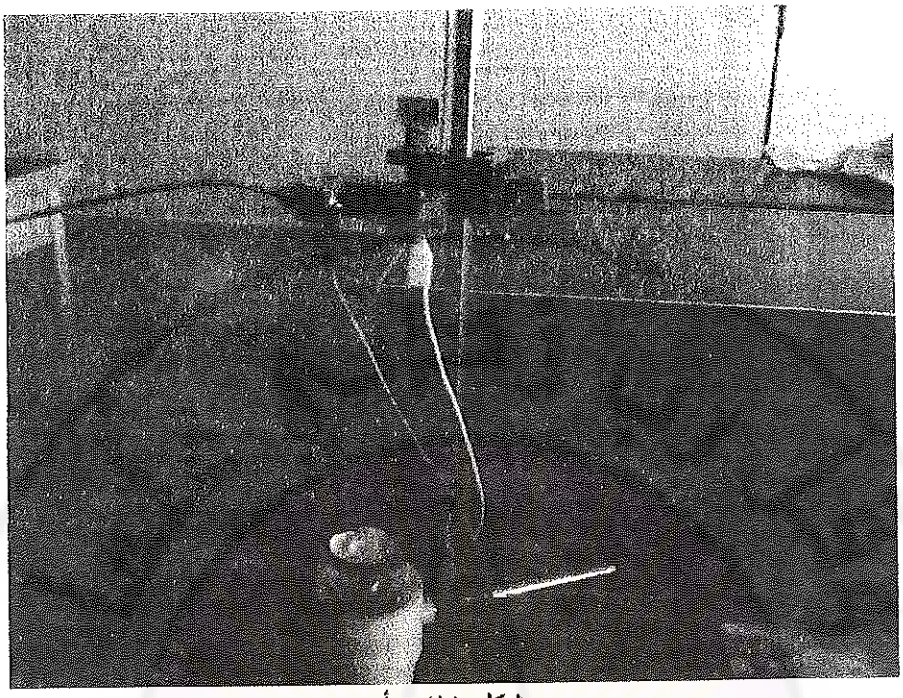
جهاز إسقاط الكرة المكون من قاعدة مع حامل تقع في نهايته العلوية وحدة تحرير الكرة ،التي تمسك الكرة بوساطة نابض و تغلق في الوقت نفسه دارة كهربائية مرتبطة بوصلة بينية Cobra (شكل (١) – ب)، أما النهاية السفلية من الحامل فيركب عليها قاطعة الاصطدام المكونة من كفة تستقبل الكرة مع ساعد مرتبط بقاطعة كهربائية داخلية (غير ظاهرة) وهذه مرتبطة بدورها بالوصلة البينية. توصل هذه الوصلة بالحاسب الذي يتحكم بأخذ القياسات و التجربة ،و أخيراً متر لقياس المسافات.

مراحل العمل و النتائج:

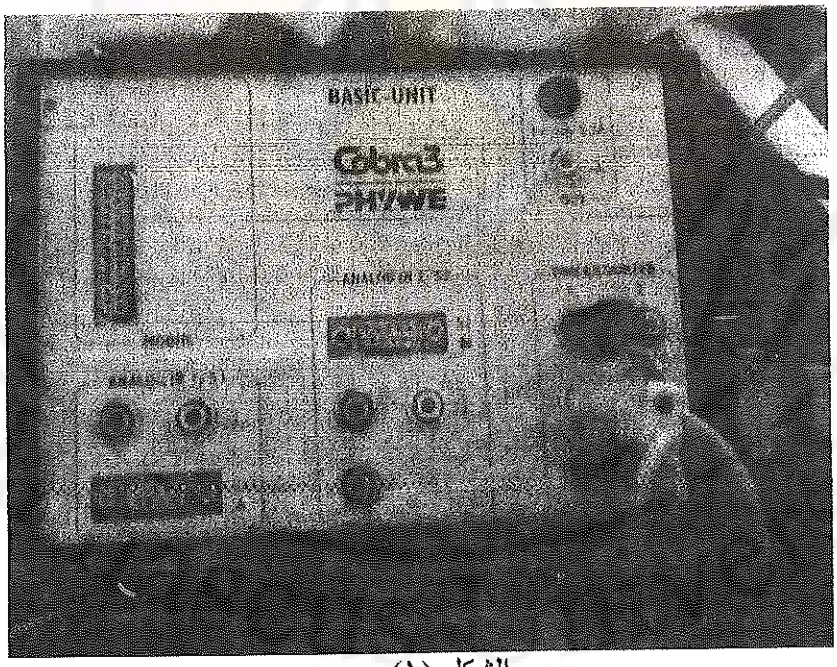
رتب الأجهزة كما في الشكل (١) - أ وحكم الكفة بحيث تسقط الكرة في مركزها عند السقوط شاقوليا.

ملاحظة هامة: طريقة تشغيل البرنامج Measure الذي يتحكم بالأجهزة مشروحة بشكل واضح و مفصل في التجربة رقم (٣) "استعمال الحاسوب في مواءمة النتائج"؛ فيجب عليك مراجعتها قبل البدء بتشغيل هذا البرنامج.

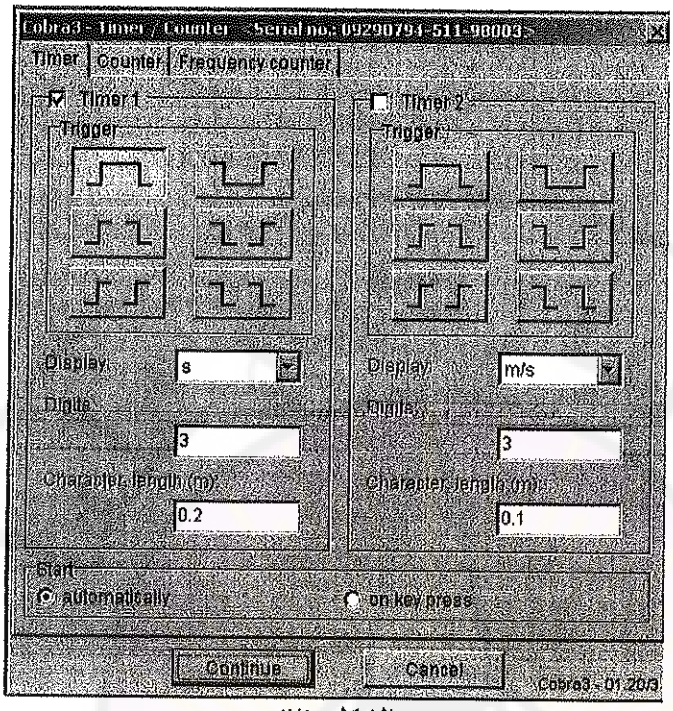
- شغل الحاسب و ستظهر الشاشة كما في الشكل (٢)، إذا لم يظهر خيار counter /timer فابحث عنه و اختره لتظهره هذه الشاشة. على هذه الشاشة اختر وحدة قياس الزمن (ثانية s) وعدد الأرقام المعنوية المتوقعة (digits).
- اضغط continue حيث بعد أن تضع الكرة في مكانها سيظهر على الشاشة كلمة wait.



شكل (١) - أ



الشكل (١) - ب



الشكل (٢)

أفلت النابض الماسك بالكرة ،وسيبدأ العداد بالقياس ثم يتوقف عند اصطدام الكرة بالكفة ،حسب اختيار شكل البدء والانتهاء من الشاشة (٢). قد لا يتوقف العداد من أجل بعض الخيارات، لكنه سيسجل الزمن عند العمود الأيمن من الشاشة، وهو الزمن الذي استغرقه سقوط الكرة من أجل المسافة المختارة بين ماسك الكرة و الكفة.

سجل الزمن المقابل لكل مسافة ،كما في الجدول (١) ،ثم املأ بقية الأعمدة حسابياً.

ارسم المسافة y بدلالة الزمن t باستخدام برنامج Enter data manually من قائمة measurement و أوجد باستعمال أمر function fit العلاقة الرياضية المثلى **(لمزيد من التفاصيل راجع طريقة تشغيل البرنامج Measure**

مشروحة بشكل واضح و مفصل في التجربة رقم (٣) "استعمال الحاسوب في مواءمة النتائج").

ثم قم باشتقاق هذه العلاقة لتحصل على السرعة الآنية، احسب هذه السرعة عند الأزمنة الوسطية و ضعها في الجدول (١)، وازن بين القيم المحسوبة و القيم الوسطية للسرعة من أجل كل مسافة. علل الاختلاف إن وجد.

احسب قيمة التسارع في هذه الحركة، و وازنه مع القيمة المعروفة لتسارع الجاذبية الأرضية في دمشق.

رقم التجربة	الارتفاع	الزمن t_1 (ms)	t_2 (ms)	t_3 (ms)	الزمن الوسطي	وسطي الانحرافات	السرعة الوسطية	السرعة الآنية المحسوبة	الاختلاف بين السرعتين

الجدول (١): ملاحظة: تحسب السرعة الوسطية بنسبة الأرتفاع على الزمن، و الزمن الوسطي يحسب بالعلاقة: $\bar{t} = (t_1 + t_2 + t_3)/3$ ، أما بالنسبة لحساب وسطي الانحرافات راجع التجربة الأولى (الارتياب و الأغلاط في القياس) لمزيد من التفاصيل.

أعمال إضافية: يمكن أن تجرب رسم y بدلالة مربع t ،لتحصل على مستقيم يطلب تحديد ميله و حساب g من الميل ، قارن هذه القيمة بالقيمة المعطاة نتيجة المواءمة، هل من اختلاف ؟

في الواقع ،نسعى دائماً للحصول على علاقة خطية بين تابع ومتحول مناسب نظراً لسهولة التعامل مع المستقيمات و بخاصة أفضل المستقيمات و توسيطها .

خلاصة:

اكتب مقالة من بضعة أسطر تقوّم فيها النتائج التي حصلت عليها و إذا ما تحقق الهدف أو الأهداف المرجوّة؟ هل لديك اقتراحات عملية للتحسين ؟

****

انتهت التجربة

III- التجربة (١١) الحركة المستقيمة

- الغاية من التجربة.
- التمهيد النظري.
- الأجهزة و الأدوات.
- مراحل العمل و النتائج.
- خلاصة.

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

III- التجربة (١١) الحركة المستقيمة

(One – dimensional motion)

الغاية من التجربة:

التحقق من قوانين الحركة المستقيمة المنتظمة و قوانين الحركة المتسارعة بانتظام.

التمهيد النظري:

تكون الحركة مستقيمة إذا كان مسارها مستقيماً، ومنتظمة عندما تكون سرعتها ثابتة، أي يكون التسارع معدوماً. وتكون السرعة الآنية مساوية السرعة الوسطية . تعطى عندئذ المسافة x التي يقطعها الجسم بدلالة الزمن t بالعلاقة:

$$x = vt + x_0 \qquad (1)$$

يتبع الجسيم هذه الحركة إذا كانت مجموع القوى المؤثرة فيه معدومة، و له سرعة ابتدائية v وموقعه الابتدائي وفق محور الحركة x_0. لدينا في هذه التجربة مسار أفقي والقوى المؤثرة هي الثقل والاحتكاك، و بالتالي فإن مسقط قوة الثقل معدوما على هذا المسار، و بما أن قوة الاحتكاك يصعب حذفها تماماً، لذلك نجعلها ضعيفة بحمل الجسم على وسادة هوائية بحيث يمكن اعتبارها مهملة. أما السرعة الابتدائية فنحصل عليها بدفع الجسم بوساطة نابض لفترة قصيرة جداً، ثم يترك لشأنه دون أن تؤثر فيه أية قوة. و تكون الحركة مستقيمة متسارعة بانتظام إذا كان المسار مستقيماً والتسارع ثابتاً .يتبع الجسيم هذه الحركة إذا كان مجموع القوى المؤثرة ثابتة مع مرور الزمن ،وكانت السرعة الابتدائية ذات مركبة واحدة تقع على هذا

المسار المستقيم. تعطى العلاقات بين السرعة v والتسارع a والمسافة x بدلالة الزمن كالتالي:

$$v = at + v_0 \qquad (2)$$

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0 \qquad (3)$$

$$v^2 - v_0^2 = 2ax \qquad (4)$$

تدرس هذه القوانين عند جعل المسار مائلا على الأفق فيكون للثقل مركبة على المسار، كما في حالة المستوي المائل ، فيمكن تحديد هذه المركبة بالتجربة ثم موازنتها مع زاوية الميل وتسارع الجاذبية الأرضية.

الأجهزة و الأدوات:

- سكة هوائية مثقبة موصولة عن طريق أنبوب بجهاز نفخ الهواء الذي يمكن التحكم بتدفقه.
- منزلقة متحركة مع علم أسود على شكل صـ حة مستطيلة تلائم السكة، مع أثقال.
- جهاز إعطاء السرعة الابتدائية (النابض و الصادم)
- أداة إيقاف و استقبال المنزلقة
- بوابة ضوئية تتحسس دخول العلم و خروجه، موصولة بالوصلة البينية COBRA-interface و منها إلى الحاسب المجهز بنظام ويندوز مع برنامجها.
- أسلاك توصيل

مراحل العمل و النتائج:

ملاحظة هامة: طريقة تشغيل البرنامج Measure الذي يتحكم بالأجهزة مشروحة بشكل واضح و مفصل في التجربة رقم (٣) "استعمال الحاسوب في مواءمة النتائج"؛ فيجب عليك مراجعتها قبل البدء بتشغيل هذا البرنامج.

تأكد من التوصيلات وفق الشكل (١) للتجهيزات المختلفة مع الانتباه حتى إلى ألوان أسلاك التوصيل.

أولا: الحركة المستقيمة المنتظمة

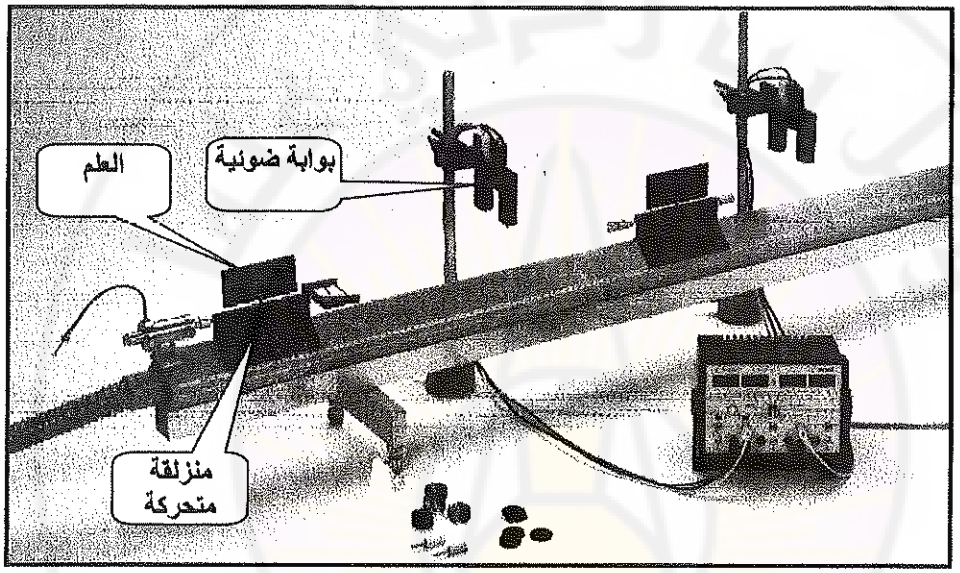
اضبط أو تأكد من كون السكة أفقية . أضف أوزان مناسبة لتوازن بين طرفي المنزلقة.

ضع البوابة الضوئية على بعد أولي، كما في الجدول ١ للسهولة.

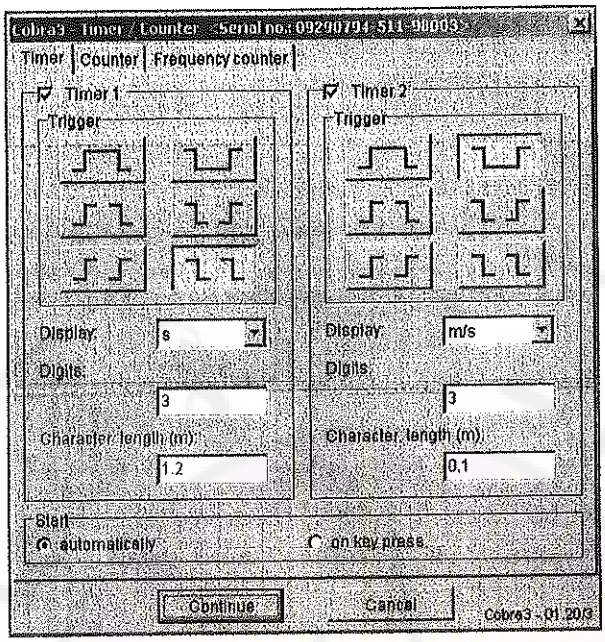
ابدأ برنامج القياس measure لتظهر الواجهة كما في الشكل (٢)، اختر وسطاء المؤقتين الزمنيين بصورة مناسبة (Timer/counter). يستخدم المؤقت الأول لقياس المدة الزمنية الفاصلة بين انطلاق المنزلقة و وصولها إلى البوابة الضوئية، فتحسب السرعة الوسطية بعد معرفة ابتعاد البوابة عن نقطة الانطلاق مقسّمة بهذه المدة. أما المؤقت الثاني فيقيس المدة الزمنية الفاصلة بين دخول المنزلقة (بداية العلم) و خروجها (نهاية العلم)، لنحسب السرعة "الآنية" بعد معرفة طول العلم (باعتبار أن هذا الطول صغير كفاية مع أنه ليس متناهياً في الصغر).

أطلق النابض من جهاز بدء الحركة، و سيبدأ المؤقت الأول بالعد، ثم يتوقف عند وصول العلم إلى البوابة، معطياً السرعة الوسطية، ونظراً للسرعة الكبيرة فستظهر السرعة "الآنية" مباشرة على شاشة المؤقت الثاني.

أتمم ملء الجدول (١) ،مع إمكان تغيير السرعة الابتدائية من أجل المسافة نفسها.



الشكل (١): ملاحظة: يحتوي الشكل على بوابتين ضوئيتين و على منزلقتين؛ في هذه التجربة نحتاج فقط إلى بوابة ضوئية واحدة و إلى منزلقة متحركة واحدة.



الشكل (٢)

V_m m/sec	V_d m/sec	V_3 m/sec	V_2 m/sec	V_1 m/sec	المسافة المقطوعة
					٠,٢
					٠,٤
					٠,٦
					٠,٨
					١,٠
					١,٢
					١,٤

الجدول (١)؛ حيث V_1 و V_2 و V_3 قيم السرعة للتجربة المكررة. و $V_d = (V_1 + V_2 + V_3)/3$ أما V_m فهي السرعة الوسطية المقاسة بالمؤقت الأول التي تؤخذ مباشرة.

وازن بين السرعتين الوسطية و الآنية، هل الفرق ضمن حدود الأخطاء التجريبية، وهل هذا محقق من أجل جميع المسافات؟

ثانيا : الحركة المستقيمة المتسارعة بانتظام

أعط ميلا مناسبا للسكة وقدّر زاوية الميل بحساب تقريبي لظل الزاوية.

أعد الخطوات السابقة واملأ الجدول (٢).

موقع البوابة	المسافة المقطوعة	t_1 s	V_1 m/s	t_2 s	V_2 m/s	t_3 s	V_3 m/s	$\bar{t}$ s	$\bar{V}$ m/s

الجدول (٢)

ارسم باستعمال الحاسب المجهز بالبرنامج المناسب: أ)السرعة بدلالة الزمن، و احصل على العلاقة الرياضية التي تصف الحركة .ب)المسافة بدلالة الزمن، ثم احصل على العلاقة الرياضية المقابلة.

ملاحظة: تدخل القيم يدوياً باختيار Enter Data manually من قائمة measurement ثم إعطاء أمر function fit من الأيقونات. **(لمزيد من التفاصيل راجع طريقة تشغيل البرنامج Measure مشروحة بشكل واضح و مفصل في التجربة رقم (٣) "استعمال الحاسوب في مواءمة النتائج").**

خلاصة:

اكتب مقالة من بضعة أسطر تقوّم فيها النتائج التي حصلت عليها و إذا ما تحقق الهدف أو الأهداف المرجوّة؟ فهل لديك اقتراحات عملية للتحسين؟

****

انتهت التجربة

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

III- التجربة (١٢) النواس البسيط

- الغاية من التجربة.
- التمهيد النظري.
- الأجهزة و الأدوات.
- مراحل العمل و النتائج.
- خلاصة.

Damascus University


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

III- التجربة (١٢) النواس البسيط
(Simple Pendulum)

الغاية من التجربة

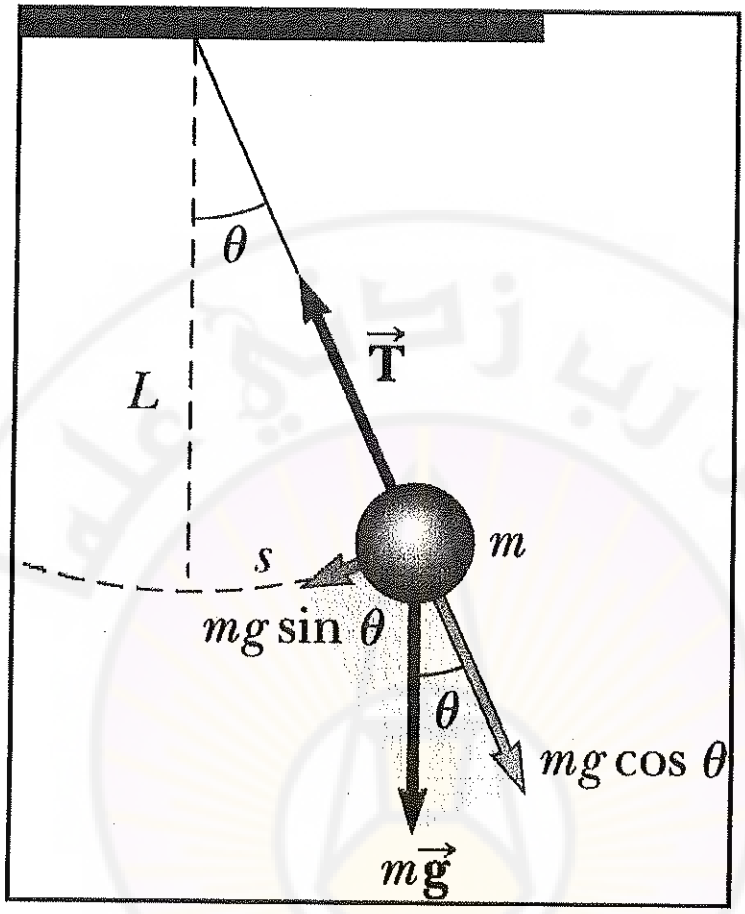
١- دراسة علاقة دور النواس البسيط بكل من طوله و سعة النوسان، و مادة النواس.

٢- حساب قيمة ثابت الجاذبية الأرضية في مكان التجربة.

التمهيد النظري

يعد النواس البسيط من أشهر الأمثلة على الحركات الدورية، و هو عبارة عن كتلة صغيرة معلقة بخيط مهمل الكتلة نسميه طول النواس L الذي هو عبارة عن المسافة بين نقطة تعليقه ومركز ثقله. وفي النواس البسيط، هو المسافة بين نقطة تعليقه ومركز كرته، كما في الشكل (١).

Damascus University



الشكل (١)

فعند انزياح كرة النواس عن وضع توازنها بزاوية صغيرة θ و تركها فإنها سوف تبدأ بالاهتزاز حول موضع التوازن. من الشكل (١) نفترض أن الكتلة هي عبارة عن نقطة مادية معلقة بخيط مهمل الكتلة و عديم الامتطاط. عندما تبدأ الكتلة بالاهتزاز حول موضع التوازن فإن مسار الكرة الصغيرة لن يكون مستقيماً؛ بل هو عبارة عن قوس من دائرة نصف قطرها L، مساوٍ لطول الخيط. إذا كانت قوة الإعادة إلى وضع التوازن متناسبة مباشرة مع مقدار الإزاحة x أو الزاوية θ عن موضع التوازن فنقول إن الحركة توافقية بسيطة. فمن الشكل (١) نجد أن قوة

الإعادة F_θ هي عبارة عن المركبة المماسية لقوة ثقل الكرة (تمثل محصلة القوى المؤثرة على الجملة) و تعطى بالعلاقة:

$$F_\phi = -mg\sin\theta \qquad (1)$$

حيث m هي كتلة كرة النواس، و g تسارع الجاذبية الأرضية.

و لكن حسب تعريف الحركة الاهتزازية التوافقية، لا يمكن اعتبار حركة النواس توافقية، لأن القوة المعيدة إلى وضع التوازن لا تتناسب مع الإزاحة الزاوية θ بل مع $\sin\theta$. أما إذا اقتصرنا على السعات الصغيرة (الزاوية θ أصغر من 10°) فيمكن إلباس الجيب بالزاوية مقدرة بالراديان فتصبح القوة السابقة:

$$F_\phi = -mg\theta = -mg\frac{x}{L}$$

$$F_\phi = -\frac{mg}{L}x \qquad (2)$$

وهذه القوة متناسبة مع الانتقال، والحركة إذن توافقية، ضمن هذا التقريب. و حسب قانون التحريك الأساسي يكون لهذه القوة المماسية القيمة:

$$F_\theta = m(d^2x/dt^2) \qquad (3)$$

و بمساواة المعادلتين (2) و (3) نجد:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{g}{L}x \qquad (4)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{g}{L}x = 0 \qquad (5)$$

وإذا فرضنا أن: $\omega^2 = \frac{g}{L}$ نكتب:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0 \qquad (6)$$

والحل العام لهذه المعادلة المعروفة هو من الشكل:

$$x = x_{max} \cos(\omega t + \alpha)$$

وهي حركة جيبية، نبضها ω يساوي $\frac{2\pi}{T}$؛ ولما كان لدينا $\omega^2 = \frac{g}{L}$ نجد دور الحركة:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \qquad (7)$$

تبين هذه العلاقة أن دور النواس البسيط من أجل السعات الصغيرة مستقل عن كتلة النواس وعن سعته. أما في حالة السعات غير الصغيرة، فلا يعطى الدور بالعلاقة (7)، ويبرهن في هذه الحالة على أنه يتعلق بالسعة، و أن الدور يعطى بالعلاقة:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}(1 + \frac{\Phi_o^2}{16})}$$

حيث إن Φ_0 هي السعة مقدرة بالراديان.

نستطيع أن نعرف بعض المصطلحات الخاصة بهذا النوع من الحركات:

- النوسة الكاملة : هي الحركة التي يقوم بها النواس عندما يشرع بالحركة من نقطة معينة، وحتى يعود إلى هذه النقطة متجهاً إلى الجهة نفسها التي بدأ بها الحركة.

- الدور T: هو المدة اللازمة ليقوم النواس بنوسة كاملة.

- التواتر f: هو عدد النوسات في الثانية، وهو يساوي مقلوب الدور $f = \frac{1}{T}$.

الأدوات والأجهزة المستخدمة:

خيط مهمل الكتلة والفتل والتمدد- ثلاث كرات من نحاس وخشب وحديد- عداد للثواني- قدم قنوية لقياس قطر الكرات- مسطرة خشبية لتقدير إزاحة الكرة- متر معدني لقياس طول النواس.

مراحل العمل و النتائج:

أولا- التحقق من استقلال دور النواس عن سعته ما دامت صغيرة:

١- قس بالقدم القنوية قطر كل كرة من الكرات الثلاث. يكرر القياس ثلاث مرات لكل كرة في مواضع مختلفة، ثم يحسب نصف القطر الوسطي.

٢- اربط كرة الحديد بخيط يتدلى من أعلى الحامل الشاقولي. واضبط طول الخيط بحيث تكون المسافة بين مركز الكرة، ونقطة التعليق ثابتة ($L = 1\,m$ مثلاً). ثبّت طرف الخيط العلوي بالحامل.

٣- أزح النواس عن موضع توازنه بزاوية 3°، وهو ما يوافق إزاحة كرة النواس عن موضع توازنها مسافة 0.05 m تقريباً إذا كان طول النواس 1 m.

تأكد بنفسك من حساب مسافة الإزاحة المذكورة.

٤- اترك الكرة تنوس، وعندما تصل إلى أقصى اليمين، اضغط على زر تشغيل عداد الثواني. راقب النواس حتى يقوم بخمسين نوسة كاملة، واضغط حينئذ على زر العداد مرة ثانية، فيقف عن الحركة مشيراً إلى زمن ٥٠ نوسة ولتكن t.

٥- سجل النتيجة السابقة في مكانها من الجدول رقم (١) التالي:

مادة كرة النواس:		طول النواس: 1 m				
السعة θ	مدة خمسين نوسة (t)(ثانية)			$\bar{t}$ (ثانية)	$T = \frac{\bar{t}}{50}$ (ثانية)	$E = \lvert \bar{T} - T \rvert$ الانحرافات التجريبية
	التجربة ١	التجربة ٢	التجربة ٣			
3°						
6°						
9°						
				$\bar{T} =$		

الجدول ١

٦- أعد المرحلتين ٣ و ٤ من أجل الإزاحة ذاتها مرتين أخريين. إذا كانت قيم t الثلاث الحاصلة لديك متقاربة (أي أن الفروق بينها لا تتعدى ٠,٤ ثا) فاحسب $\bar{t}$ ثم احسب الدور الوسطي $T = \frac{\bar{t}}{50}$ وسجل النتائج في الجدول (١).

٧- أعد المراحل ٣ و ٤ و ٦ من أجل السعتين 6° و 9° الموافقين لإزاحتين تساويان نحو $0.1\,m$، $0.15\,m$، على الترتيب، واحسب في كل مرة القيمة الوسطية T. ماذا تستنتج؟ أتمم بعد ذلك الجدول (١) بحساب الوسطي العام $\bar{T}$ والانحرافات التجريبية.

٨- تقدير الارتياب في الزمن: إن قياس مدة خمسين نوسة كاملة t يقتضي الضغط على زر عداد الثواني مرتين، وبما أن المجرب يقع في كل ضغطة بارتياب حده الأعلى 0.1 ثانية نتيجة الارتكاس العصبي الغريزي، بالإضافة إلى ارتياب عداد الثواني الذي حده الأعلي 0.1 ثانية، فيكون الارتياب في قياس t هو $\Delta t = 2(0.1+0.1) = 0.4$ ثانية، أما الارتياب في T فيساوي: $\Delta T = \frac{\Delta t}{50} = 0.008$ ثانية، وسوف نعده مساوياً بالتقريب 0.01 ثانية. قارن هذا الارتياب بالانحرافات التجريبية لقيم T عن الوسطي العام. فإذا كانت هذه الانحرافات أصغر من ΔT، كانت التجربة مثبتة صحة القانون. أما إذا كانت بعض الانحرافات أكبر من الارتياب ΔT، فأغلب الظن أن قياساتك العائدة لها لم تكن جيدة، ويستحسن أن تعيد ما هو مشكوك بأمره منها.

ثانيا- التحقق من استقلال دور النواس عن مادة كرته وكتلتها:

استخدم سعة نوسان ثابتة (6° مثلاً) و طول ثابت $1\,m$.

١-خذ من الجدول السابق ناتج قياس دور النواس الذي كرته من الحديد، وسعة نوسانه 6° وأدرجها في الجدول رقم (٢):

٢- استبدل كرة النواس السابق بكرة أخرى من الخشب و قس مدة ٥٠ نوسة كاملة ثلاث مرات، واحسب الدور T، وسجل النتائج في الجدول (٢).

٣- أعد البند السابق من أجل نواس كرته من النحاس. وسجل النتائج في الجدول (٢). فتكون قد حصلت على الدور من أجل ثلاث كرات من مواد وكتل مختلفة:

طول النواس: $1\,m$						سعة النوسان: 6°
$E = \lvert \bar{T} - T \rvert$ الانحرافات التجريبية	$T = \frac{\bar{t}}{50}$ (ثانية)	$\bar{t}$ (ثانية)	مدة خمسين نوسة (t)(ثانية)			مادة كرة النواس
						الحديد
						الخشب
						النحاس
$\bar{T} =$						

الجدول ٢

٤- وجدنا آنفاً أن الارتياب المطلق هو: $\Delta T = 0.01$ ثانية.

ماذا تستنتج من هذا الجدول في ضوء هذا الارتياب؟ وهل يمكن إثبات قانون استقلال دور النواس عن كتلته؟ إذا وجدت أن النتائج العائدة لإحدى الكرات غير مقبولة، فعلل ذلك واستبعدها من حساب الوسطي العام $\bar{T}$.

ثالثا - علاقة دور النواس بطوله:

ثبت سعة النوسة على 6° مثلاً، واستخدم إحدى الكرتين المعدنيتين.

١- رتب جدولاً كالتالي رقم (٣) لتسجيل نتائجك:

سعة النوسان: 6°	مادة كرة النواس:					
طول النواس(cm) (L)	مدة خمسين نوسة (t)(ثانية)			$\bar{t}$ (ثانية)	$T = \frac{\bar{t}}{50}$ (ثانية)	$\bar{T}^2$ (ثانية)^2
	t_1 (ثانية)	t_2 (ثانية)	t_3 (ثانية)			
50						
70						
100						
110						
120						
150						

الجدول ٣

٢- اختر أطوال مختلفة لخيط النواس تتراوح بين 0.50 و 1.50 م ولا يقل عددها عن ستة أطوال. ثم قس زمن ٥٠ نوسة كاملة. و احسب دور النواس الموافق لكل حالة.

خذ وسطي ثلاث تجارب من أجل كل طول من أطوال النواس، واحسب الدور $\bar{T}$.

٣-ارسم على ورقة مليمترية الخط البياني لتحولات $\bar{T}^2$ بدلالة L. تأكد من أن هذا الخط مستقيم يمر من مبدأ الإحداثيات (0,0). ماذا تستنتج من ذلك.

٤-ارسم على ورقة لغاريتمية تحولات $\overline{T}^2$ بدلالة L واحسب ميل الخط المستقيم الناتج. ماذا تستنتج من ذلك؟

٥-احسب ميل المستقيم الحاصل لديك على الورقة الميلمترية وليكن M. انتبه إلى لزوم حساب الميل الفيزيائي، وليس الهندسي.

٦-استخرج قيمة هذا الميل من قانون النواس البسيط، فتجده $M=\frac{4\pi^2}{g}$ ومنه يكون $g=\frac{4\pi^2}{M}$. احسب قيمة تسارع الثقالة الأرضية في دمشق من هذه العلاقة الأخيرة.

٧-احسب الارتياب النسبي و الارتياب المطلق في حساب g، وذلك بطريقة حساب الارتياب في القياس غير المباشر. ولهذا ابدأ بتقدير الارتياب النسبي في حساب الميل $M=\frac{\overline{T}_2^2-\overline{T}_1^2}{L_2-L_1}$ حيث $\Delta T=0.01$ ثانية كما أسلفنا. و ΔL يساوي 0.002 م على الأقل.

خلاصة:

اكتب مقالة من بضعة أسطر تقوّم فيها النتائج التي حصلت عليها و إذا ما تحقق الهدف أو الأهداف المرجوّة؟ فهل لديك اقتراحات عملية للتحسين؟

****

انتهت التجربة

III- التجربة (١٣) التصادم

- الغاية من التجربة.
- التمهيد النظري.
- الأجهزة و الأدوات.
- مراحل العمل و النتائج.
- خلاصة.

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

III- التجربة (١٣) التصادم

(Collisions)

الغاية من التجربة:

دراسة التصادمات و التعرف إلى أنواعها، و القوانين التي تخضع لها في حالة البعد الواحد، أي الصدم على خط مستقيم.

التمهيد النظري:

تعطي دراسة التصادمات بين الأجسام و الجسيمات معلومات مفيدة عن تركيبها و شكلها والقوى الفاعلة بينها أو بين مكوناتها. في الواقع تكون هذه المعلومات مكتملة إذا درست التصادمات في ثلاثة أبعاد، غير أنه يمكن التعرف إلى بعض مميزاتها عند دراسة التصادم في بعد واحد.

سندرس تصادم جسمين متحركين على خط مستقيم مع احتكاك مهمل، كي يظهر تأثير الصدم واضحاً. تكون للسرعات، في هذه الحالة، مركبة واحدة وفق هذا المستقيم، و عليه تستخدم الأعداد الجبرية لتحديد قيمها و اتجاهاتها.

إن القوى الفاعلة خلال عملية الصدم هي قوى فعل على أحد الجسيمين و ردّ فعل على الجسيم الآخر، أو يمكن النظر إليها كقوى داخلية، و بالتالي كجملة معزولة يكون في هذه الحالة قانون انحفاظ الاندفاع (كمية الحركة) محققا أي:

$$\Delta \vec{P}_1 + \Delta \vec{P}_2 - 0 \qquad (1)$$

حيث $\Delta\vec{P}_1 = m_1\vec{v}'_1 - m_1\vec{v}_1$ و $\Delta\vec{P}_2 = m_2\vec{v}'_2 - m_2\vec{v}_2$ ؛ $\vec{v}_1$ و $\vec{v}_2$ سرع الجسمين قبل الصدم؛ $\vec{v}'_1$ و $\vec{v}'_2$ سرع الجسمين بعد الصدم. إن المعادلة (1) تعني أن تغير كمية حركة الجملة يساوي الصفر، أي كمية حركة الجملة قبل الصدم تساوي إلى كمية حركة الجملة بعد الصدم (انحفاظ كمية الحركة) فإذا حافظ الجسيمان على كينونتهما منفصلين كان:

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2 \qquad (2)$$

أما إذا التحم الجسيمان ليكونا جسماً واحداً $(v'_1 = v'_2 = v)$ فيكون:

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{v} \qquad (3)$$

وإذا لم تتغير الطاقة الكامنة خلال عملية الصدم، سيؤدي قانون انحفاظ الطاقة إلى قانون انحفاظ الطاقة الحركية لوحدها أي:

$$\frac{1}{2}m_1v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2v_2'^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 \qquad (4)$$

و يقال إن التصادم تصادم مرن. يمكن في هذه الحالة رفع الأشعة و استخلاص السرعة النهائية لكل من الجسمين بدلالة السرعتين الابتدائيتين من المعادلتين (3) و (4) فنجد أن:

$$v'_1 = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)v_1 + \left(\frac{2m_2}{m_1 + m_2}\right)v_2 \qquad (5)$$

$$v'_2 = \left(\frac{2m_1}{m_1 + m_2}\right)v_1 + \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right)v_2 \qquad (6)$$

أما في حالة تغير الطاقة الكامنة فإن التصادم غير مرن و عندئذ يمكن أن نعرف العامل Q الذي يميز مدى الابتعاد عن المرونة بأنه الفرق بين الطاقة الحركية الكلية الابتدائية، و الطاقة الحركية الكلية النهائية أي:

$$Q = K' - K = V' - V \qquad (7)$$

حيث أن K الطاقة الحركية قبل الصدم؛ و K' الطاقة الحركية بعد الصدم؛ و V الطاقة الكامنة قبل الصدم؛ و V' الطاقة الكامنة بعد الصدم. و منه تكتب العلاقة (7) بالشكل التالي:

$$Q = \left(\frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2\right) - \left(\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2\right) \qquad (8)$$

الأجهزة و الأدوات:

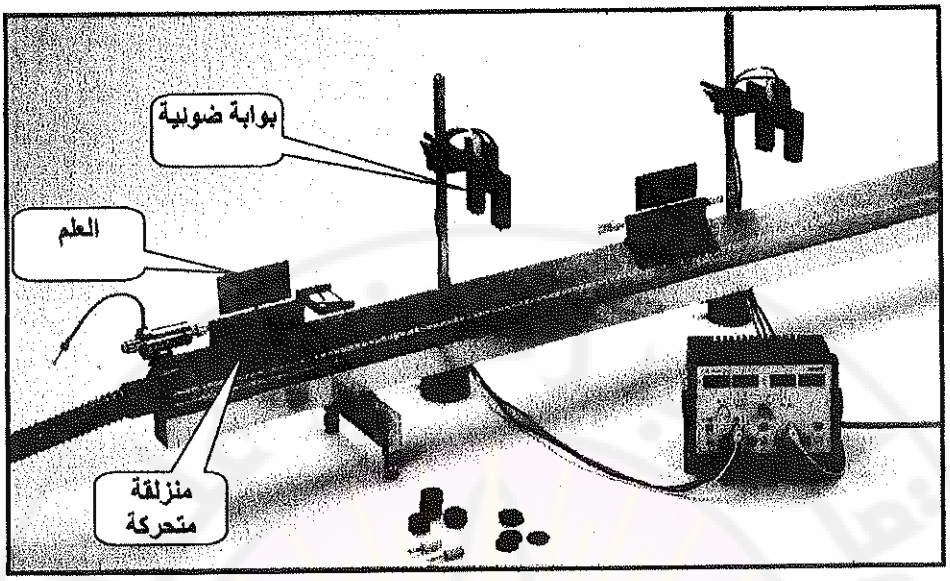
- سكة هوائية مثقبة موصولة عن طريق أنبوب بجهاز نفخ الهواء الذي يمكن التحكم بتدفقه .
- منزلقتان كل منزلقة متحركة مع علم أسود على شكل صفيحة مستطيلة تلائم السكة ،مع أثقال.
- جهاز إعطاء السرعة الابتدائية (النابض و الصادم)
- أداة ايقاف و استقبال المنزلقة
- بوابتان ضوئيتان تتحسس كل منهما دخول العلم و خروجه لكل منزلقة، موصولتان بالوصلة البينية COBRA-interface و منها إلى الحاسب المجهز بنظام ويندوز مع برنامجها.
- أسلاك توصيل

مراحل العمل و النتائج:

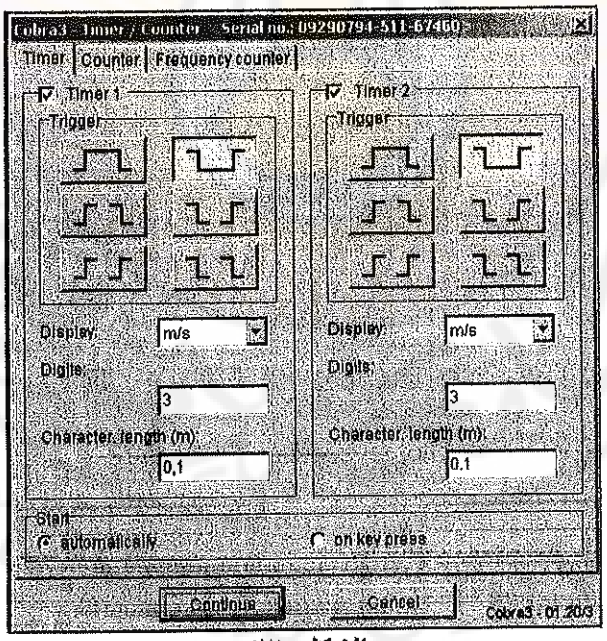
ملاحظة هامة: طريقة تشغيل البرنامج Measure الذي يتحكم بالأجهزة مشروحة بشكل واضح و مفصل في التجربة رقم (٣) "استعمال الحاسوب في مواءمة النتائج"؛ فيجب عليك مراجعتها قبل البدء بتشغيل هذا البرنامج.

اضبط السكة لتكون أفقية **وضع** أوزاناً مناسبة ليكون توزع كتل المنزلقة متناظراً. **رتب** الأجهزة، و الأدوات كما في الشكل (١) و **شغل** الحاسب على برنامج measure و انقر على أيقونة counter/timer لتظهر شاشة الشكل (٢) ثم ضع الإعدادات المناسبة.

يقوم البرنامج بحساب سرعة كل من المنزلقتين بعد تحديد زمن دخول وخروج كل من العلمين وتزويده بطول العلم L فتكون $v = L / (t_2 - t_1)$ التي نعدها سرعة آنية بتقريب مقبول. سجل في الجدول (١) قيم السرعات المختلفة الثلاث للمنزلقة الأولى قبل التصادم و بعده في حالة كانت المنزلقة الثانية ساكنة في البدء ومساوية في الكتلة للمنزلقة الأولى. ثم احسب الاندفاعات المقابلة و كذلك الطاقات الحركية لكل منهما و الفروق بينها.



الشكل (١): لاحظ وجود بوابتين ضوئيتين، و منزلقتين متحركتين.



الشكل (٢)

رقم التجربة	١	٢	٣	٤
v_1				
v_2				
v_1'				
v_2'				
P_1				
P_2				
P_1'				
P_2'				
ΔP				
k_1				
k_2				
k_1'				
k_2'				
K				
K'				
ΔK				
$Q / K\ \%$				

الجدول (١)

في هذا الجدول $m_1 = m_2 =$.

$\Delta P = (P_1' + P_2') - (P_1 + P_2)$ و $K = k_1 + k_2$ و $K' = k_1' + k_2'$ و

$\Delta K = K' - K$.

سجل في الجدول (٢) قيم السرعات في حالة كانت كتلة المنزلقة الثانية ضعف كتلة المنزلقة الأولى أو ثلاثة مرات منها أو مع إعطاء سرعة ابتدائية للمنزلقة الثانية (سجل جدولاً مناسباً في كل حالة).

ناقش نتائجك في كل حالة و حدد بصورة خاصة ما إذا كان التصادم مرناً أو غير مرن (مع حساب Q لكل منها).

رقم التجربة	١	٢	٣	٤
v_1				
v_2				
v_1'				
v_2'				
P_1				
P_2				
P_1'				
P_2'				
ΔP				
K_1				
K_2				
k_1'				
k_2'				
K				
K'				
ΔK				
$Q / K\ \%$				

الجدول (٢)

$m_1 =$ $m_2 =$

خلاصة:

اكتب مقالة من بضعة أسطر تقوّم فيها النتائج التي حصلت عليها و إذا ما تحقق الهدف أو الأهداف المرجوّة؟ فهل لديك اقتراحات عملية للتحسين؟

****

انتهت التجربة

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

III- التجربة (١٤) تحديد مركز الثقل (الكتلة)

- الغاية من التجربة.
- التمهيد النظري.

١- طريقة التجزئة

٢- طريقة الإضافة

- الأجهزة و الأدوات.
- مراحل العمل و النتائج.
- خلاصة.

Damascus University


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

III- التجربة (١٤) تحديد مركز الثقل (الكتلة)

(Centre of weight (mass) determination)

الغاية من التجربة

١- تحديد مركز كتلة أجسام مستوية ذات أشكال مختلفة هندسياً.

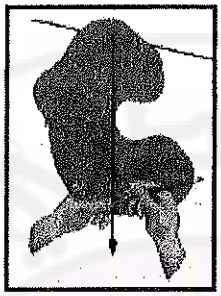
٢- تحديد إحداثيات مركز كتلة أجسام مستوية بطريقة تحليلية و المقارنة مع ١.

٣- التأكد من بعض خواص مركز الثقل (إن أمكن).

التمهيد النظري:

يعرف مركز الثقل (أو مركز الكتلة) لجسم بأنه النقطة الثابتة من الجسم و التي يمر بها حامل محصلة قوى الجاذبية الأرضية لجميع نقاط الجسم في أي وضع له بالفراغ. و نظراً لارتباط قوة الثقل مع الكتلة و تسارع الجاذبية الأرضية الذي يمكن أن يتغير من نقطة إلى أخرى على سطح الأرض، فهو أيضاً مركز الكتلة في حال كان الجسم ذا امتداد صغير بالمقارنة مع مسافات تغير تسارع الجاذبية، و هذه النقطة تبقى ثابتة مادام شكل الجسم لم يتغير حتى لو تحرك. من جهة أخرى يعرف مركز الكتلة (مركز الثقل) بأنه مركز اتزان الجسم. في الكثير من الحالات يمكن تحديد و إيجاد مركز الكتلة لجسم متجانس بسهولة دون تجربة أو حساب و ذلك اعتماداً على الخواص التناظرية للجسم. و هذا يتم عادة من أجل الأجسام ذات الأشكال الهندسية المعروفة، مثل الدائرة- المربع – المستطيل – الكرة - .... الخ. حيث يقع مركز الكتلة (مركز الثقل) لمثل هذه الأجسام في مركزها الهندسي. و المثلث يقع مركز الكتلة (مركز الثقل) له في نقطة تلاقي المستقيمات المتوسطة.

إن تحديد نقطة مركز الكتلة (مركز الثقل) للأجسام ذات الأشكال غير المعروفة يتم بعدة طرق منها الطريقة الهندسية و التي تعتمد على الإنشاء الهندسي الذي يتم شرحه لاحقاً، كما في الشكل (١).



الشكل (١)

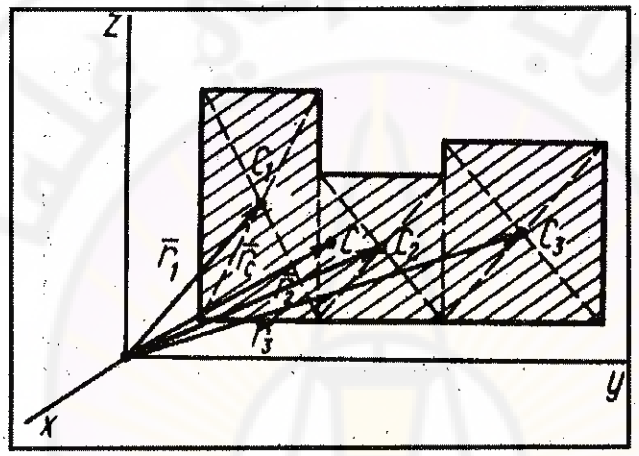
أما الطريقة التحليلية و التي تعتمد على تحديد إحداثيات مركز الكتلة (مركز الثقل) وفق الطرق الرياضية المتبعة: طريقة الإضافة (الكتلة السالبة) – طريقة التجزئة.

- طريقة التجزئة:

بعض الأجسام لها أشكال معقدة، لكن يمكن تجزئتها إلى أجزاء ذات أشكال محددة تكون مراكز ثقلها معلومة أو يمكن تحديدها بسهولة على فرض أن كل جزء من الجسم بمثابة جسيم عنصري. نوضح ذلك على الجسم المستوي المبين في الشكل (٢).

نقسم هذا الجسم إلى ثلاثة أجزاء كل واحد منها على شكل مستطيل كما في الشكل (٢) مراكز ثقلها معلومة هي c_1، c_2، c_3 على الترتيب ناجمة عن تقاطع أقطار

كل منها، وأشعة الموضع لكل منها هي $\vec{r}_1$ ، $\vec{r}_2$ ، $\vec{r}_3$ ومساحة كل جزء S_1 ، S_2 ، S_3 على الترتيب، ومجموع مساحات الأجزاء الثلاثة تساوي إلى مساحة الجسم الكلي $S = S_1 + S_2 + S_3$.ان شعاع الموضع لمركز الكتلة يعطى:



شكل (٢)

$$\vec{r}_c = \frac{\vec{r}_1 . s_1 + \vec{r}_2 . s_2 + \vec{r}_3 . s_3}{s_1 + s_2 + s_3}$$

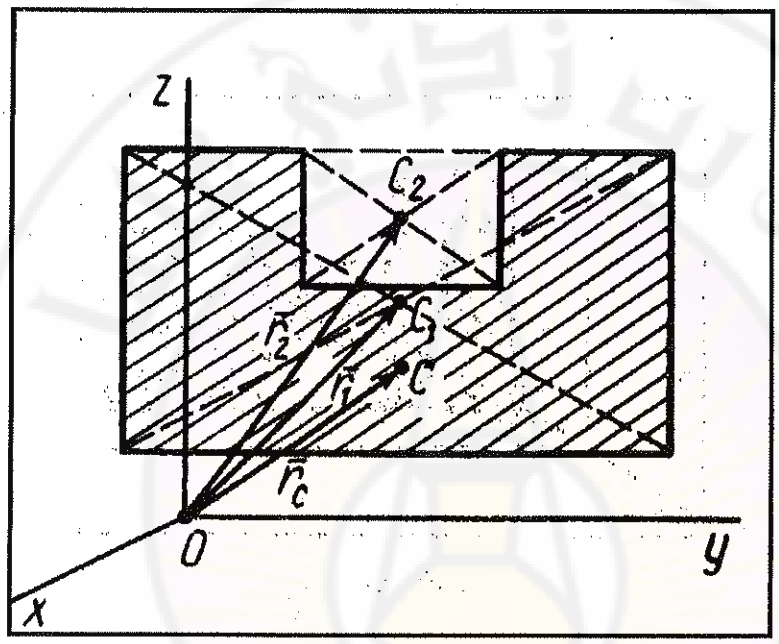
أو بالإسقاط نجد:

$$x_c = \frac{x_1 s_1 + x_2 s_2 + x_3 s_3}{s_1 + s_2 + s_3} \quad , \qquad y_c = \frac{y_1 s_1 + y_2 s_2 + y_3 s_3}{s_1 + s_2 + s_3}$$

وهي معادلات إحداثيات مركز ثقل الجسم.

ـ طريقة الإضافة:

خلافاً لطريقة التجزئة، تعد طريقة الإضافة أو الكتلة السالبة حالة خاصة من طريقة التجزئة. يمكن بيان ذلك على الجسم المبين في الشكل (٣).



شكل (٣)

لتحديد مركز ثقل هذا الجسم نكمله إلى متوازي أضلاع مساحته S_1 ومركز ثقله هو C_1 حيث تعد كتلة الجسم الكلية ومساحته أيضاً مقادير موجبة، بينما تعد مساحة وكتلة الجزء المضاف سالبة. فإذا كانت مساحة الجزء المضاف الذي مركز ثقله هو C_2 حسب الشكل (٣) هي S_2، فإن متجهة الموضع لمركز ثقل الجسم $\vec{r}_c$ تعطى بالعلاقة:

$$\vec{r}_c = \frac{\vec{r}_1.s_1 + \vec{r}_2(-s_2)}{s_1 + (-s_2)} = \frac{\vec{r}_1.s_1 - \vec{r}_2 s_2}{s_1 - s_2}$$

أو بالإسقاط:

$$x_c = \frac{x_1 s_1 - x_2 s_2}{s_1 - s_2} \quad , \quad y_c = \frac{y_1 s_1 - y_2 s_2}{s_1 - s_2}$$

تعد هذه الطريقة سهلة وملائمة لتعيين مركز ثقل الأجسام الحاوية على فتحات أو ثقوب.

الأجهزة و الأدوات:

حامل – خيط تعليق – أجسام مستوية ذات أشكال مختلفة – مسطرة

مراحل العمل و النتائج

أولا: تحديد مركز الكتلة (مركز الثقل) هندسياً:

أ- اختر أحد الأجسام من الأشكال المختلفة الموجودة، ثم ثبت ورقة شفافة على هذا الجسم، و قم بتعليق هذا الجسم من أحد الثقوب و ليكن O_1 إلى الحامل بواسطة الخيط. و ثبت ورقة شفافة على هذا الجسم.

ب- ضع إشارة (X_1) على الطرف المقابل لنقطة التعليق و على استقامة الخيط نفسه.

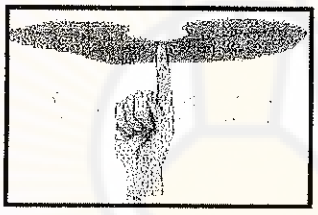
ت- قم بوصل خط مستقيم بين النقطتين O_1 و X_1.

ث- أعد الخطوتين ب و ت من أجل محوري تعليق آخرين O_2 و O_3، على الترتيب.

ج- حدد نقطة تقاطع الخطوط السابقة O_3X_3 ، O_2X_2 ، O_1X_1 ولتكن النقطة C التي تمثل مركز الكتلة للجسم. ثم قس إحداثيات هذه النقطة بالمسطرة بعد اختيار جملة احداثية تنسب لها جميع النقاط وفق الأسلوب الذي تراه مناسباً.

ح- حدد الارتياب المباشر المرتكب في تحديد نقطة مركز الكتلة.

خ- اختبر النقطة السابقة بأنها تمثل مركز اتزان للجسم كما هو مبين في الشكل (٤).



الشكل (٤)

د- أعد الفقرات السابقة من أجل الجسمين الآخرين، و حدد مركز الكتلة لكل منها.

ثانيا: تحديد و حساب إحداثيات مركز الكتلة (مركز الثقل) تحليليا:

١. اختر أحد الأجسام من الأشكال التي قمت بتحديد مركز الكتلة لها في البند السابق (أولا).

٢. حدد طريقة حساب إحداثيات مركز الكتلة (مركز الثقل) المناسبة.

٣. حدد المحاور الإحداثية المناسبة للجسم.

٤. أحسب إحداثيات مركز الكتلة (مركز الثقل) باستخدام معادلات الطريقة التي حددتها في الفقرة ٢. ولتكن النقطة C'.

٥. قارن نقطة مركز الكتلة التي حصلت عليها C' مع النقطة C التي حصلت عليها في القسم الأول.

٦. قم بحساب الارتياب المطلق غير المباشر في تحديد مركز الكتلة.

٧. ضع النتائج التي حصلت عليها في جدول كالتالي:

الجسم رقم ( )			
إحداثيات مركز كتلة الجسم cm	مساحة كل جزء من الجسم cm^2	إحداثيات مركز كتلة كل جزء cm	
$X_c =$	$S_1 =$	$Y_1 =$	$X_1 =$
$Y_c =$	$S_2 =$	$Y_2 =$	$X_2 =$
	$S_3 =$	$Y_3 =$	$X_3 =$

- أعد الفقرات السابقة من أجل أجسام ذات أشكال أخرى مختلفة، و حدد إحداثيات مركز الكتلة لكل منها، و أعط النتيجة في جدول كالسابق.

ملاحظة: ترفق الورقة الشفافة لكل جسم مع التقرير.

خلاصة:

اكتب مقالة من بضعة أسطر تقوّم فيها النتائج التي حصلت عليها و إذا ما تحقق الهدف أو الأهداف المرجوّة؟ فهل لديك اقتراحات عملية للتحسين؟

****

انتهت التجربة

III- التجربة (١٥) الحركة الاهتزازية التوافقية

- الغاية من التجربة.
- التمهيد النظري.

الحركة الاهتزازية التوافقية

- الأجهزة و الأدوات المستخدمة.
- مراحل العمل و النتائج.
- خلاصة.

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

III- التجربة (١٥) الحركة الاهتزازية التوافقية

(Simple Harmonic Motion)

١- الغاية من التجربة:

- التحقق من صحة قانون هوك.
- حساب ثابت صلابة نابض باستخدام الحاسوب.

٢- التمهيد النظري:

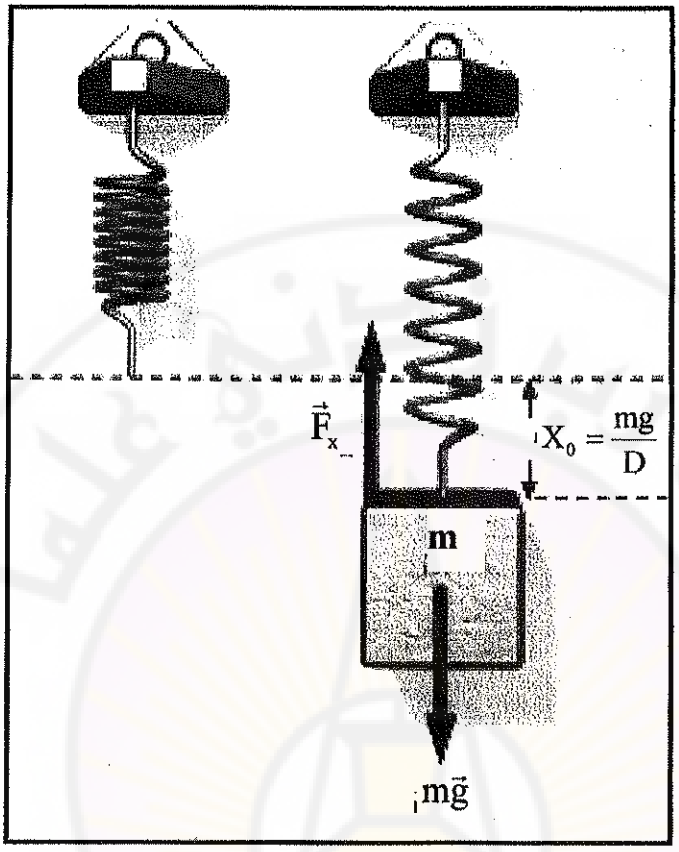
الحركة الاهتزازية التوافقية:

هي حركة كتلة مادية مقترنة بنابض مثالي عديم الكتلة ومرونته تامة، ولا يتأثر هذا النابض بقوى الاحتكاك أو الجاذبية الأرضية أو مقاومة الهواء. تخضع الكتلة المهتزة لقوة مرونة النابض. فعند إزاحة الجملة عن وضع توازنها فإنها تخضع لقوة المرونة ($\vec{F}$) والتي تتناسب مع مقدار الإزاحة X وتتجه دوماً نحو مركز التوازن ويعبر عن قوة الإرجاع هذه بقانون هوك:

$$\vec{F} = D\vec{X}$$

حيث: D ثابت صلابة النابض وهو عبارة عن قوة الشدة المقابلة لواحدة الاستطالة.

نختار جملة إحداثيات وحيدة البعد مكونة من الشاقول بحيث تكون الجهة الموجبة نحو الأعلى، انظر إلى الشكل ١.



الشكل (١)

وبالتالي تصبح العلاقة السابقة على الشكل:

$$\vec{F} = -D\vec{X}$$

إن ظهور الإشارة السالبة يدل على أن القوة تعاكس الإزاحة بحيث تحاول إعادة الكتلة إلى وضع التوازن لذلك تسمى $\vec{F}$ القوة المعيدة. تكتب صيغة $\vec{F}$ بالشكل : $\vec{F} = m.\vec{a}$ حيث: $\vec{a}$ التسارع و بالتالي نحصل:

$$\vec{F} = m.\vec{a} = -D\vec{X}$$

بالإسقاط على محور الحركة نجد:

$$F_x = ma_x = m\frac{d^2x}{dt^2} = -Dx$$

$$-DX = \frac{md^2x}{dt^2}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{D}{m}x = 0$$

بفرض أن $\frac{D}{m} = \omega^2$

بالتالي: $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$

وهذه معادلة تفاضلية حلها العام من الشكل:

$$X = X_0 \, sin(\omega t + \varphi)$$

تعبر هذه المعادلة الجيبية عن التابعية الزمنية لموضع الكتلة المهتزة و المقدار ω عبارة عن نبض الحركة؛ وبما أنه لدينا $\omega = \sqrt{\frac{D}{m}}$، نجد دور الحركة الاهتزازية التوافقية.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$$

أي أن دور اهتزاز النابض الحلزوني يتناسب طرداً مع الجذر التربيعي لكتلة الجسم (m) وعكساً مع الجذر التربيعي لثابت صلابة النابض (D)

٤ـ الأدوات والأجهزة المستخدمة:

- نوابض لولبية مختلفة
- وحدة أساسية COBRA 3
- مولد تغذية
- حامل أوزان $10\ g$
- أوزان مشقوقة $10\ g$
- أوزان مشقوقة $50\ g$
- حامل ثلاثة قوائم متداخلة
- خيط مع خطاف
- ملزمة ذات زاوية قائمة
- أسلاك توصيل حمراء وزرقاء وصفراء طول كل سلك $100\ cm$
- جهاز حاسب موصول بالأجهزة مع البرامج اللازمة.

٥ـ مراحل العمل و النتائج:

أولاً: التحقق من قانون هوك:

- علق النابض بحامله، ثم قس طول النابض L_0.
- علق في نهاية النابض كتلة m_1 فيستطيل النابض، نقيس الطول بعد الاستطالة ولنسمه L_1 ثم نحسب الإزاحة : $X = L_1 - L_0$. رتب جدولاً كما يلي:

$L_0 =$ m					
رقم التجربة	m (k.g)	m.g	L (m)	$X = L_1 - L_0$ (m)	D
١ ٢ . . .					
الوسطي					$\overline{D} =$

- علق بالنابض كتلاً متزايدة m_2، m_3، .....؛ واحسب X في كل مرة، يجب ألا يقل عدد التجارب عن ست تجارب.

ثانياً: الحركة الاهتزازية للكتلة في نهاية النابض:

- علق في نهاية النابض أصغر الكتل m المتوفرة، ثم أزحها عن وضع التوازن مسافة صغيرة، واتركها لتشرع بالاهتزاز. فإذا كانت الاهتزازات سريعة استبدل بالكتلة m كتلة أكبر منها. استعمل عداد الثواني لقياس زمن ٥٠ نوسة كاملة وليكن t. ثم احسب زمن النوسة الواحدة وهو الدور T. رتب جدولاً كما يلي:

رقم التجربة	m (kg)	t(s)	$T = \frac{t}{50}$	T^2	$\frac{T^2}{m}$
١					
.					
.					
.					
.					

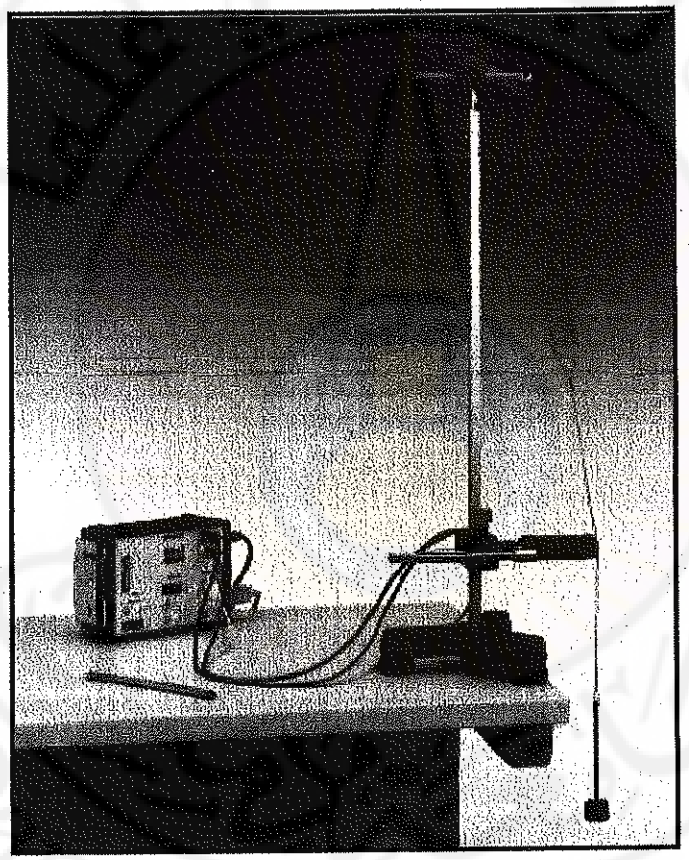
- أعد الفقرة السابقة من أجل عدة كتل مختلفة، وأيضاً يجب ألا يقل عدد التجارب عن ست تجارب.
- ارسم على ورقة ميلمترية المنحني البياني لتحولات T^2 بدلالة m، واستنتج من ميل المستقيم الناتج ثابت مرونة النابض D.
- ارسم على ورقة لغرتمية الخط البياني لتحولات T^2 بدلالة m وأوجد معادلة الخط المرسوم، واحسب ثابت مرونة النابض D.
- قارن القيمة التي تحصل عليها مع القيمة التي حصلت عليها في التجربة السابقة.
- قدر الارتياب في المقادير المستخدمة أي ΔT , Δm ثم احسب الارتياب لثابت مرونة النابض.
- سجل القيمة النهائية لـ D بالشكل:

$$D = \left(\bar{D} \pm \Delta D\right) \quad N / m$$

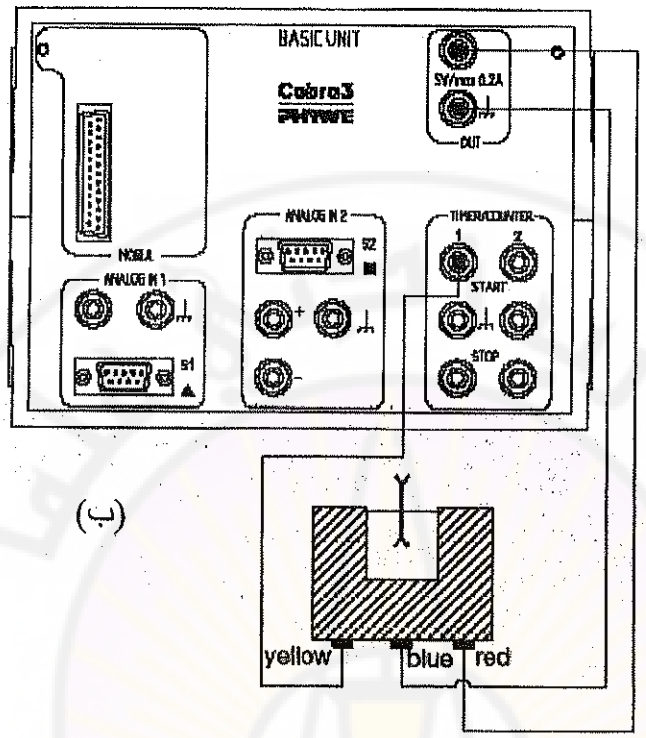
حساب ثابت صلابة النابض باستخدام الحاسوب:

- قم بتجهيز التجربة كما في الشكل (٢ أ) و الشكل (٢ ب) بإشراف أستاذ الجلسة.

- ضع الخيط الحريري على البكرة (الدولاب المثقب) بحيث تكون البكرة مثبتة بشكل تقريبي في منتصف الخيط الحريري مع حامل الوزن المعلق بشكل حر. إن النابض لم يعد شاقولياً، وهذا يسمح للخيط الحريري بالمرور على البكرة دون الانزلاق خارجها.



الشكل (٢ أ): النابض مع حامل التعليق



الشكل (٢ ب): العمل التجريبي لتحديد مرونة النابض. البوابة الضوئية و جهاز الربط مع الحاسب (Cobra)

<u>ملاحظة هامة:</u> طريقة تشغيل البرنامج Measure الذي يتحكم بالأجهزة مشروحة بشكل واضح و مفصل في التجربة رقم (٣) "استعمال الحاسوب في مواءمة النتائج"؛ فيجب عليك مراجعتها قبل البدء بتشغيل هذا البرنامج.

- بعد إقلاع الكمبيوتر شغل برنامج القائس (measure) وذلك بالنقر نقرتين على الأيقونة measure، ثم اضغط على File ثم New measurement (أو بالضغط على الزر الأحمر في شريط الأدوات) فتحصل على نافذة اختيار الوسطاء الشكل (٣).

- فعّل Light barrier و اختر القطر 25 mm.

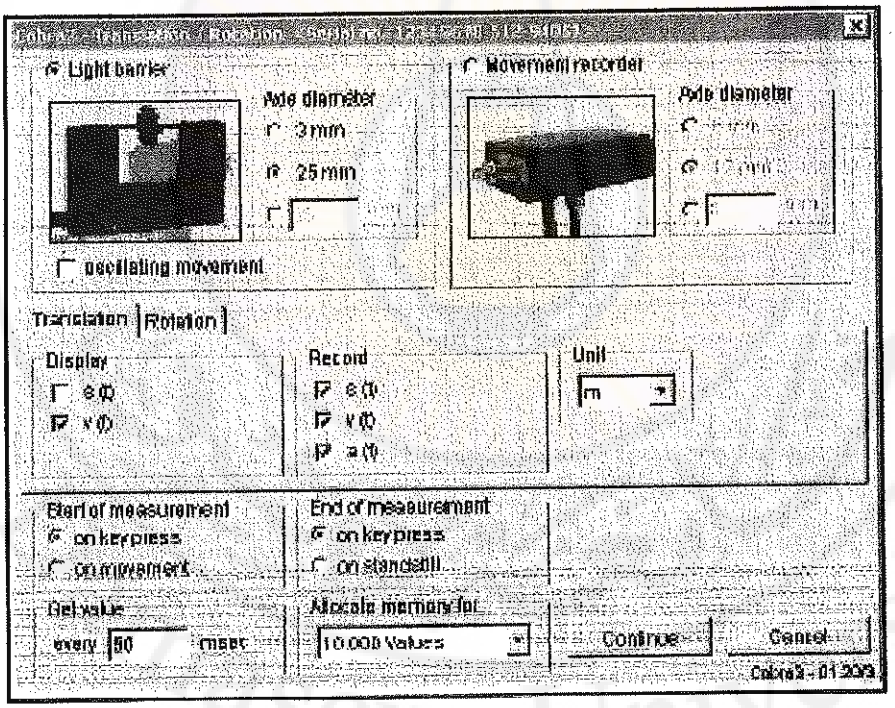
- اختر واحدة المتر من القائمة unit.

- في قائمة Record حفز S(t) و V (t) بالضغط بجانبهما.

- في القائمة Display حفز S(t) و V (t).

- ومن أجل اختيار بداية ونهاية الحركة حفز On movement في قائمة Start of measurement و حفز on standstill في قائمة End of measurement.

- اختر العدد 100 في قائمة Getvalue (يمكن تغيير هذه القيمة بحسب قساوة النابض و قصر الدور) والعدد 1000000 في خانة Allocate memory for.

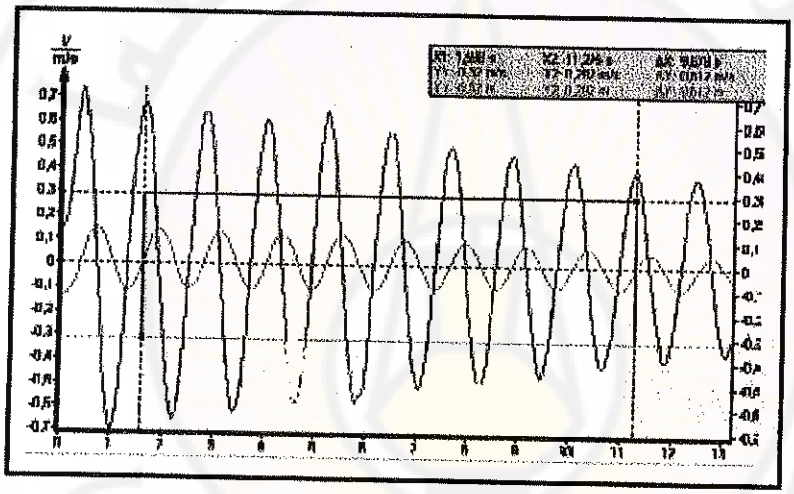


الشكل (٣): وصف تحديد القياس.

بعد الانتهاء من ذلك تكون نافذة الوسيط قد أعدت.

- ضع كتلة m على حامل التعليق، وادفع الحامل عدة سنتمترات للأسفل، فيبدأ النابض بالحركة ثم اضغط زر Continue فتبدأ عملية رصد الحركة.

- بعد مضي زمن مناسب (25 ثانية تقريبا) اضغط الزر Stop measurement فتحصل على منحني بياني يمثل تغيرات السرعة بدلالة الزمن V(t)؛ الشكل ٤ يظهر أحد نتائج القياس السابقة التي من المفروض أن تحصل على نفس الشكل.



الشكل ٤

- لقياس الدور، قس المسافة بين قمتين على المنحني الذي حصلت عليه و ذلك بمساعدة الفأرة (لزيادة الدقة نقوم بقياس المسافة بين خمس قمم أو أكثر و نقوم بقسمة هذه المسافة على عددها للحصول على الدور انظر على الشكل ٤).

- قم بإجراء التجربة من أجل ثلاثة أوزان مختلفة، وأدرج النتائج في الجدول التالي.

m (Kg)	T	D (N / m)
		D =

- أعد التجربة السابقة من أجل النابض الآخر، وأدرج النتائج في جدول مشابه.

خلاصة:

اكتب مقالة من بضعة أسطر تقوّم فيها النتائج التي حصلت عليها و إذا ما تحقق الهدف أو الأهداف المرجوّة؟ فهل لديك اقتراحات عملية للتحسين؟

****

انتهت التجربة

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

III- التجربة (١٦) تركيب القوى

- الغاية من التجربة.
- المبدأ النظري.

معامل الاحتكاك

- الأجهزة و الأدوات المستخدمة.
- مراحل العمل و النتائج.
- خلاصة.

Damascus University


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

III- التجربة (١٦) تركيب القوى

(Combination of forces)

الغاية من التجربة:

أ- تركيب قوتين غير متوازيتين تؤثران في النقطة نفسها للحصل على قوة مكافئة لهما.

ب- تحليل قوة إلى قوتين غير متوازيتين تعملان عند النقطة نفسها في اتجاهين مختلفين.

ت- تحديد مقدار القوتين الناتجتين عن التحليل بتابعية الزوايا.

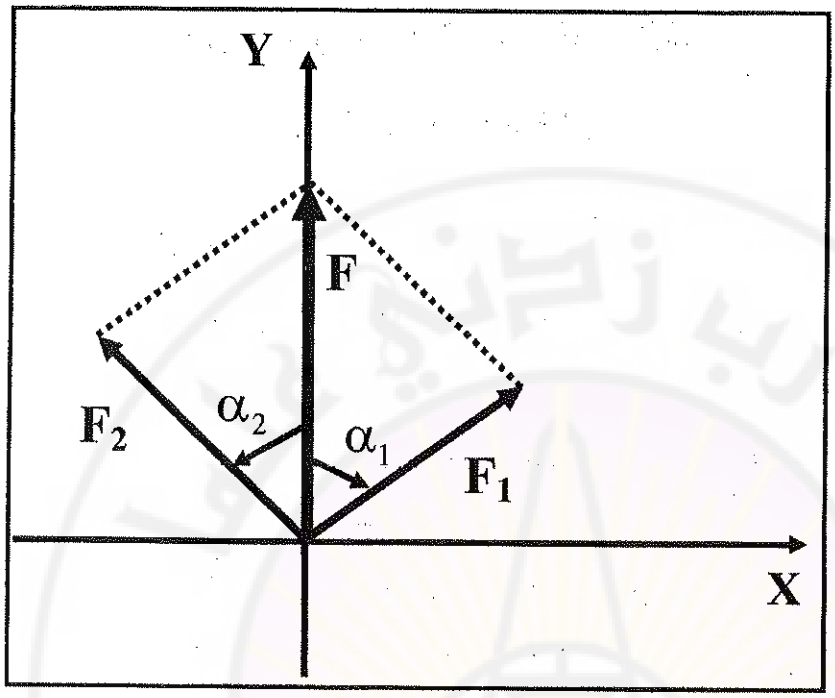
ث- قياس معامل الاحتكاك السكوني بين السطوح.

المبدأ النظري:

تمثل القوة بشعاع (أو متجهة)، إذ يتغير أثرها بتغير قيمة القوة، كما يتغيرالتأثير بتغير اتجاه القوة. فإذا أراد أحدنا رفع جسم مثلا، سيطبق قوة شاقولية تساوي ثقل الجسم، أما إذا أراد اثنان القيام بذلك برفعه بوساطة حبل مربوط فيه يصنع زاوية مع الشاقول فسيحتاجان إلى تطبيق قوة مقدارها أكبر من الثقل تختلف باختلاف الزوايا. نرمز للقوتين اللتين تطبقان على الجسم F_1 و F_2 و إلى محصلتهما التي تكافئهما F فنكتب رمز هذه العملية على الصورة:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \qquad (1)$$

كما يظهر في الشكل (١)،



الشكل (١)

حيث α_1 و α_2 الزاوية التي تصنعها كل منهما مع الشاقول. يصلح الشكل نفسه للقيام بتحليل قوة ما $\vec{F}$ إلى قوتين $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ بطريقة ما يعرف بتركيب أو تحليل القوى وفق متوازي الأضلاع. تكافئ العلاقة الشعاعية (1) علاقتين جبريتين، فإذا ما أخذنا المركبات الشاقولية لدينا:

$$F = F_1\cos\alpha_1 + F_2\cos\alpha_2$$

أما المركبات الأفقية فتحقق التالي:

$$0 = F_1\sin\alpha_1 + F_2\sin\alpha_2$$

معامل الاحتكاك:

كما هو معروف ان الجسم ذو الثقل G والموجود على مستو مائل يمكن تحليل قوة ثقله إلى قوتين وفق المستوي المائل F_1 و الناظم على المستوي F_2 (انظر إلى الشكل ٢)، حيث تعطى كل منهما بالعلاقة:

$$F_1 = G\sin\alpha \qquad (2)$$

$$F_2 = G\cos\alpha \qquad (3)$$

هذه التابعية لزاوية ميلان المستوي α يمكن استخدامها لتحديد قيمة معامل الاحتكاك السكوني للجسم μ و هو ثابت التناسب بين قوة الاحتكاك، و القوة الضاغطة عندما يبدأ الجسم بحركته من السكون. إن قوة الاحتكاك السكوني بشكل عام تكون متناسبة مع القوة F_2 أي:

$$F = \mu F_2 \qquad (4)$$

تزداد زاوية ميل المستوي بتحريك المسند باتجاه رأس الزاوية حتى يبدأ الجسم بالانزلاق هذا يعني أن المركبة F_1 مساوية لقوة الاحتكاك F الشكل (٢) و هما في حالة اتزان.

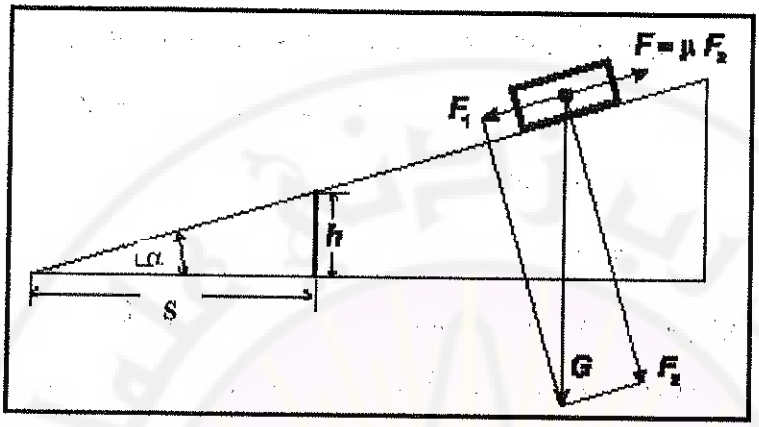
و عند وضع التوازن يكون: $\vec{F} = \vec{F}_1$ أي نستطيع كتابة المعادلة (4) بالشكل:

$$\vec{F}_1 = \mu \vec{F}_2 \qquad (5)$$

يعطى ظل زاوية الميل (الزاوية بين المستوي المائل و المستوي الأفقي) بحسب الشكل (٢) بالعلاقة:

$$\tan\alpha = \frac{h}{S} \qquad (6)$$

حيث h ثخن المسند، و S المسافة بين رأس الزاوية و موضع المسند الذي بدأ الجسم عنده بالحركة.



الشكل (٢)

من المعادلات السابقة نجد:

$$\mu = \frac{h}{S} \qquad (7)$$

الأجهزة و الأدوات المستخدمة:

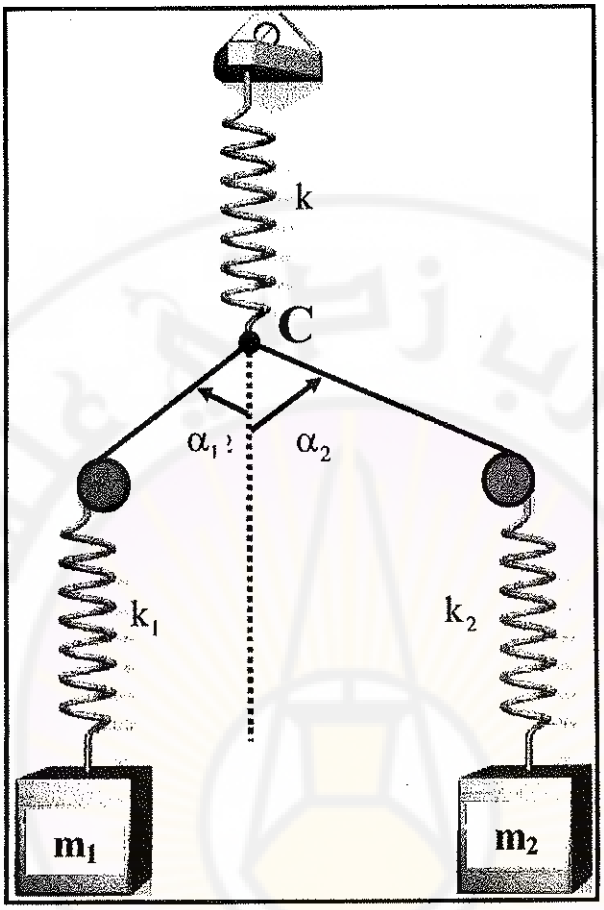
لوح مثقب، ثلاث ربائع، أثقال، خيط ، قلم ، ورقة شفافة، مسطرة. جملة مستويين متمفصلين – مسند ذو سمك ثابت و مناسب لجملة المستويين- مجموعة من السطوح مختلفة المواد- أجسام على شكل متوازي متطيلات.

مراحل العمل و النتائج:

<u>أولا تحليل القوى:</u> علق إحدى الربائع (و لتكن الربيعة ذات ثابت صلابة نابض k كما هو موضح على الشكل ٣) بوساطة مسمار مثبت في أحد الثقوب، ثم علق بطرف الربيعة الآخر ثقلا، واقرأ ما تشير إليه الربيعة. ضع الربيعتين الأخريين (و

لتكن الربيعتين لكل منها ثابت صلابة نابض k_1 و k_2 على التوالي كما هو موضح على الشكل ٣) بصورة متناظرة بالنسبة للشاقول، بربط كل منهما بحبل يمر على مسمار، ثم اربط هذين الطرفين بالربيعة الأولى مكان الثقل في النقطة C. علق أثقالاً متساوية في كل من الربيعتين حتى تقرأ الربيعة الأولى k الرقم نفسه عندما كان الثقل معلقاً فيها، كما في الشكل ٣. سجل في جدول كالتالي، قيم الأثقال الثلاث والزوايا التي يصنعها كل حبل مع الشاقول. أعد العملية من أجل ثلاث قيم للثقل الأول، وسجل النتائج في جدول كالتالي:

الثقل الأول (Kg)	الثقل في كل من الربيعتين (Kg)	الزاوية الأولى α_1	الزاوية الثانية α_2	قيمة F المحسوبة	قيمة المركبة الأفقية



الشكل (٣)

قدّر الارتيابات في القيم المقيسة جميعها، ثم صف مدى نجاح هذا الجزء من التجربة. أعد الإجراءات بعد تغيير مكان الربيعتين الثانية و الثالثة لتجعلهما غير متناظرتين مع المحافظة على ما يقابل قراءة أحد الأثقال على الربيعة الأولى فقط، سجّل النتائج في جدول كالتالي:

قيمة المركبة الأفقية	قيمة F المحسوبة	الزاوية الثانية α_2	الزاوية الأولى α_1	الثقل الثالث (Kg)	الثقل الثاني (Kg)	الثقل الأول (Kg)

ماذا تستخلص ؟

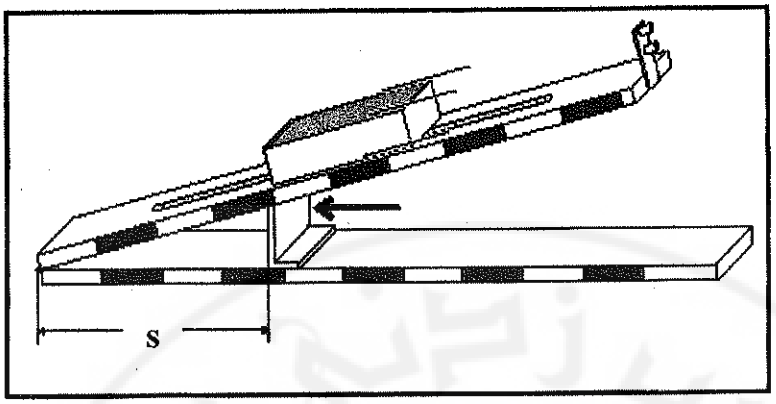
- مثل على ورقة ملصقة على اللوح المقوى :قيمها واتجاهاتها، وتحقق من صحة الجمع على طريقة متوازي الأضلاع.
- تركيب القوى: هل يمكن إعادة الإجراءات السابقة بصورة مقلوبة، كي نتحقق من صحة قانون تركيب القوى.

ثانيا- حساب معامل الاحتكاك:

١- ضع المسند الذي ارتفاعه h بين المستوي المائل، و المستوي الأفقي، و في أبعد نقطة عن رأس الزاوية.

٢- ضع الجسم المدروس (البلاستيكي) على المستوي المائل.

٣- قم بتحريك المسند ببطء نحو الداخل حتى يبدأ الجسم بالانزلاق، كما في الشكل (٤).



الشكل (٤)

٤- ثبت المسند عند هذه النقطة، و قم بقياس المسافة S بين هذه النقطة و رأس الزاوية. كرر العملية ثلاث مرات، و خذ الوسطي.

٥- احسب قيمة معامل الاحتكاك μ لهذا السطح من العلاقة (7). و اكتبها بالشكل:

$$\mu = \mu \pm \Delta\mu$$

٦- كرر الفقرات من ٢ و حتى ٥ من أجل جسم آخر مصنوع من الخشب و له أبعاد سطح الجسم الأول نفسه.

٧- كرر الفقرات من ٢ و حتى ٥ من أجل جسم آخر مصنوع من الخشب أو البلاستيك و لكن مساحة سطحه مختلفة عن الجسمين السابقين.

٨- ماذا تستنتج من هذه النتائج؟

خلاصة:

اكتب مقالة من بضعة أسطر تقوّم فيها النتائج التي حصلت عليها و إذا ما تحقق الهدف أو الأهداف المرجوّة؟ فهل لديك اقتراحات عملية للتحسين؟

****

انتهت التجربة

الملحق

- نموذج عن تقرير النتائج الذي سيقدمه الطالب.
- جداول الواحدات الأساسية في القياس و الثوابت الفيزيائية.
- المصطلحات العلمية.
- المراجع العربية.
- المراجع الأجنبية.

Damascus University


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

نموذج عن تقرير النتائج الذي سيقدمه الطالب

جامعة دمشق – كلية العلوم – قسم الفيزياء

تقرير عن تجربة في الفيزياء العملية (١)

لطلاب السنة الأولى فيزياء

اسم التجربة:

اسم الطالب:

السنة الدراسية: **الفصل:**
الفئة:

تاريخ تقديم التقرير (اليوم و الشهر):

ملاحظة هامة جدا: اذا وجد أن الطالب قد استخدم جزء أو كل من تقارير (ملخص أو نتائج) أحد من زملائه سواء كان في فئته أو في فئة أخرى فسيعطى علامة الصفر في التقارير.

١- الهدف من التجربة (ترقّم الأهداف في حال تعددها):

أ-

ب-

٢- تمهيد نظري لا يتجاوز عشرة أسطر: (يلخص الطالب بصياغته المفاهيم و العلاقات المذكورة في الهدف)

٣- الترتيبات التجريبية المتبعة و الأدوات المستخدمة و وظيفة كل منها مرقمة لتحقق الأهداف المرجّوة.

أ-

ب-

٤- الأحتياطات الواجب الأنتباه لها بخصوص الأدوات المستخدمة كل على حدة.

٥- إجراء القياسات و ملء الجداول مع ملاحظات خاصة بالطالب لما صادفه من مشاكل.

٦- تحليل النتائج وفق الوصول الى الأهداف التجريبية و حساب الأرتيابات. تضاف أوراق الرسم البياني حسب الحاجة التجريبية (من قبل الطالب).

٧- ملخص يبّين ما اذا تحقق الأهداف المرجوة أم لا و أسباب عدم تحققها برايك.

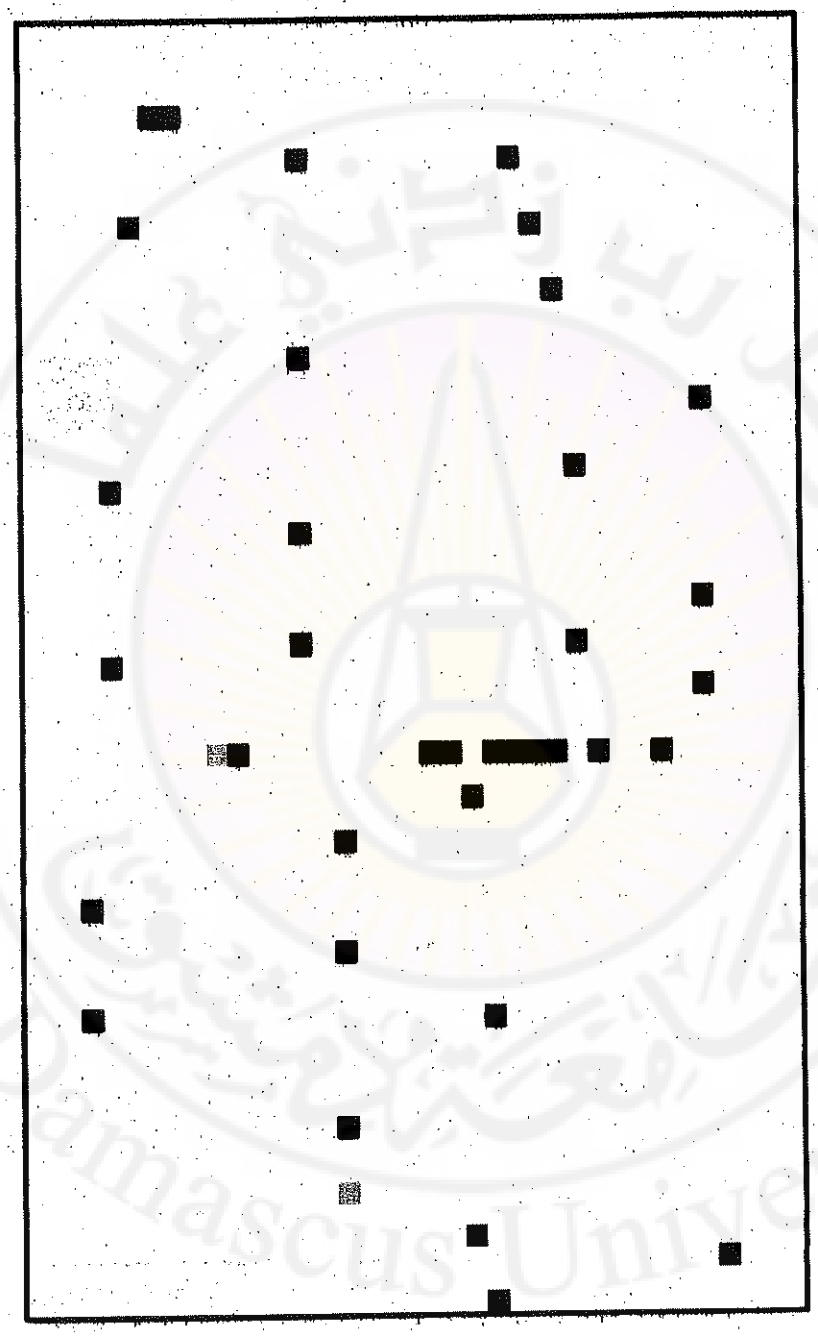
٨- الإجابة عن الاسئلة الواردة بخصوص التجربة في الكتاب.

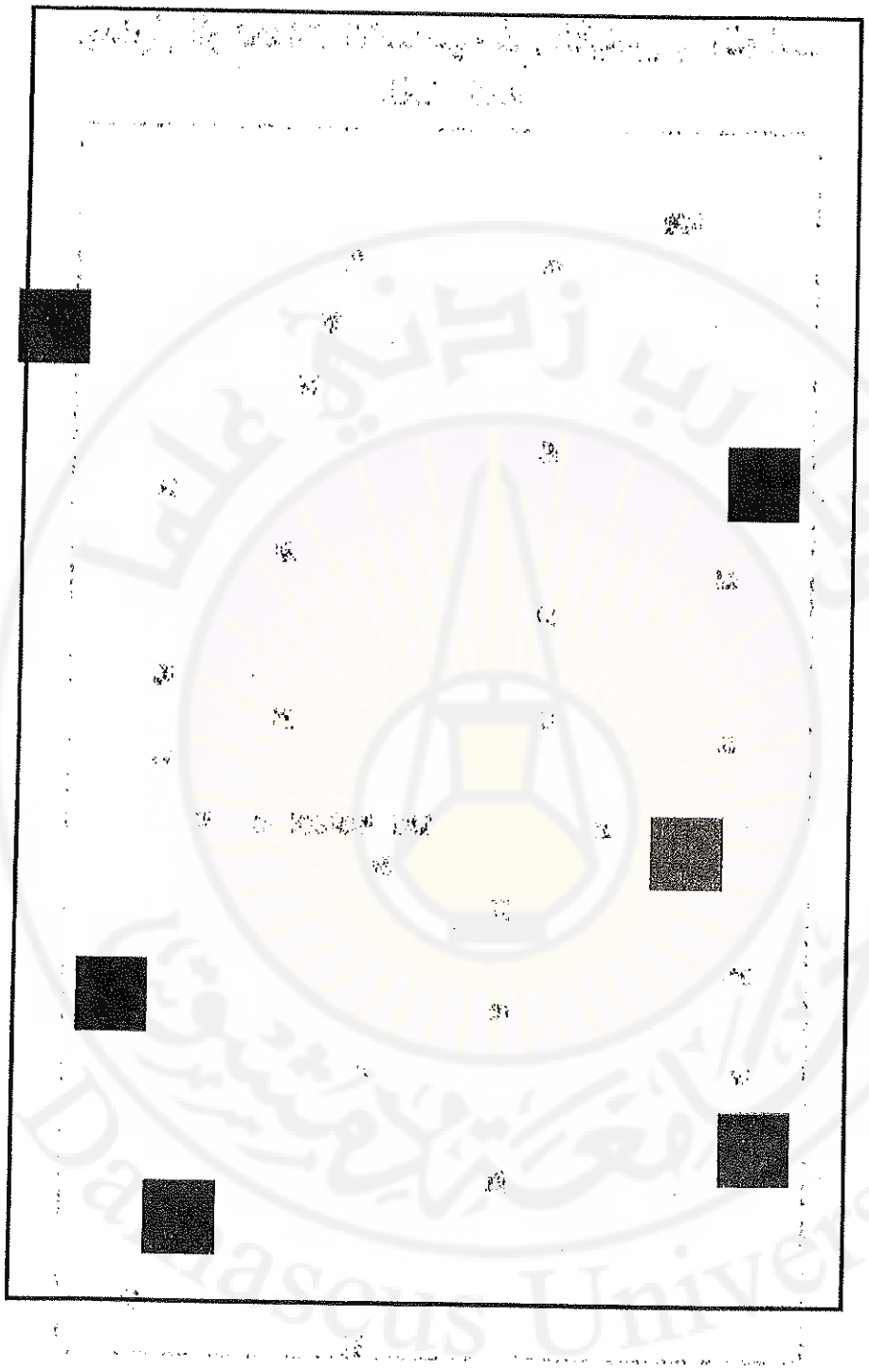
ملاحظة هامة جدا: اذا وجد أن الطالب قد استخدم جزء أو كل من تقارير (ملخص أو نتائج) أحد من زملائه سواء كان في فئته أو في فئة أخرى فسيعطى علامة الصفر في التقارير.

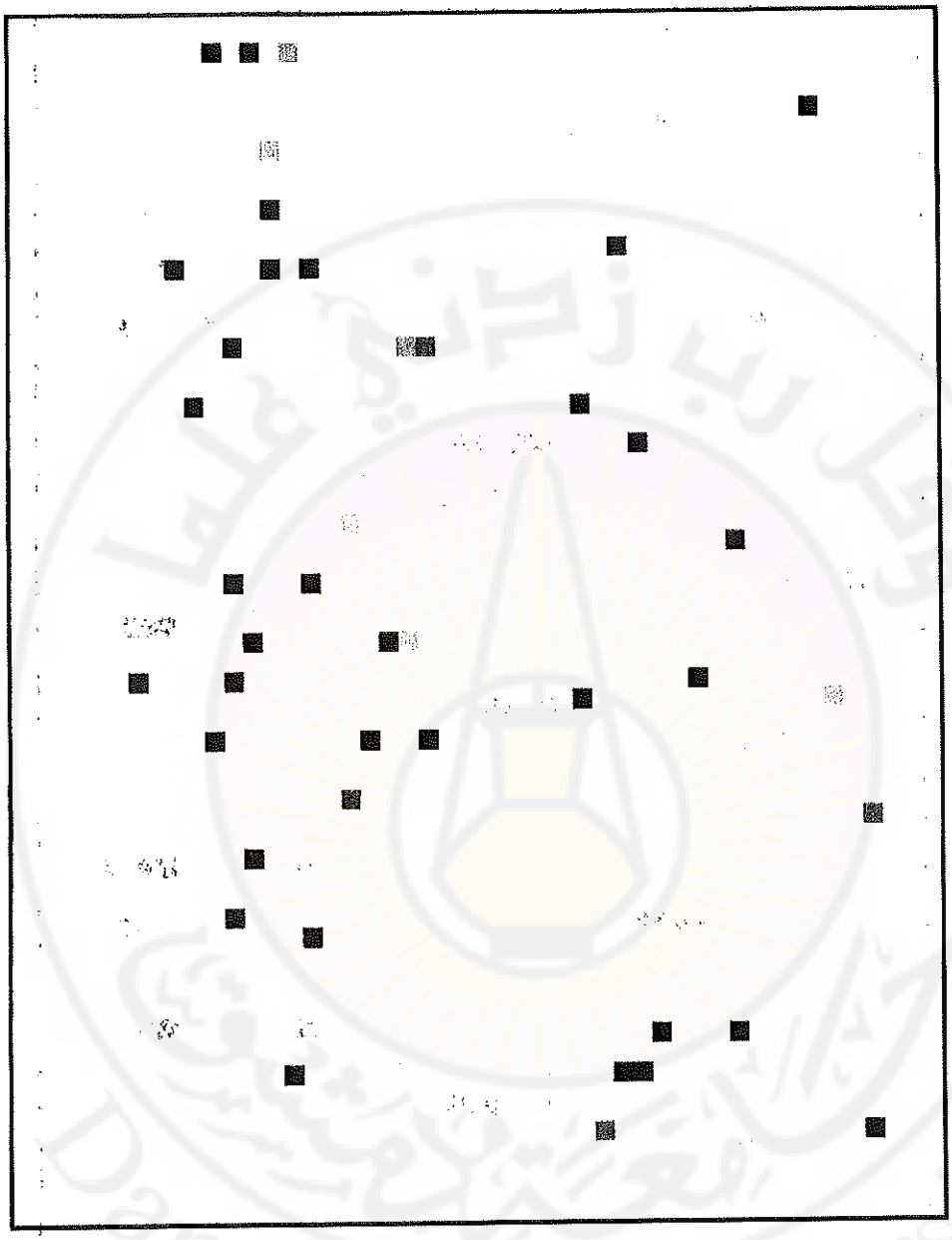
اسم و توقيع الطالب:

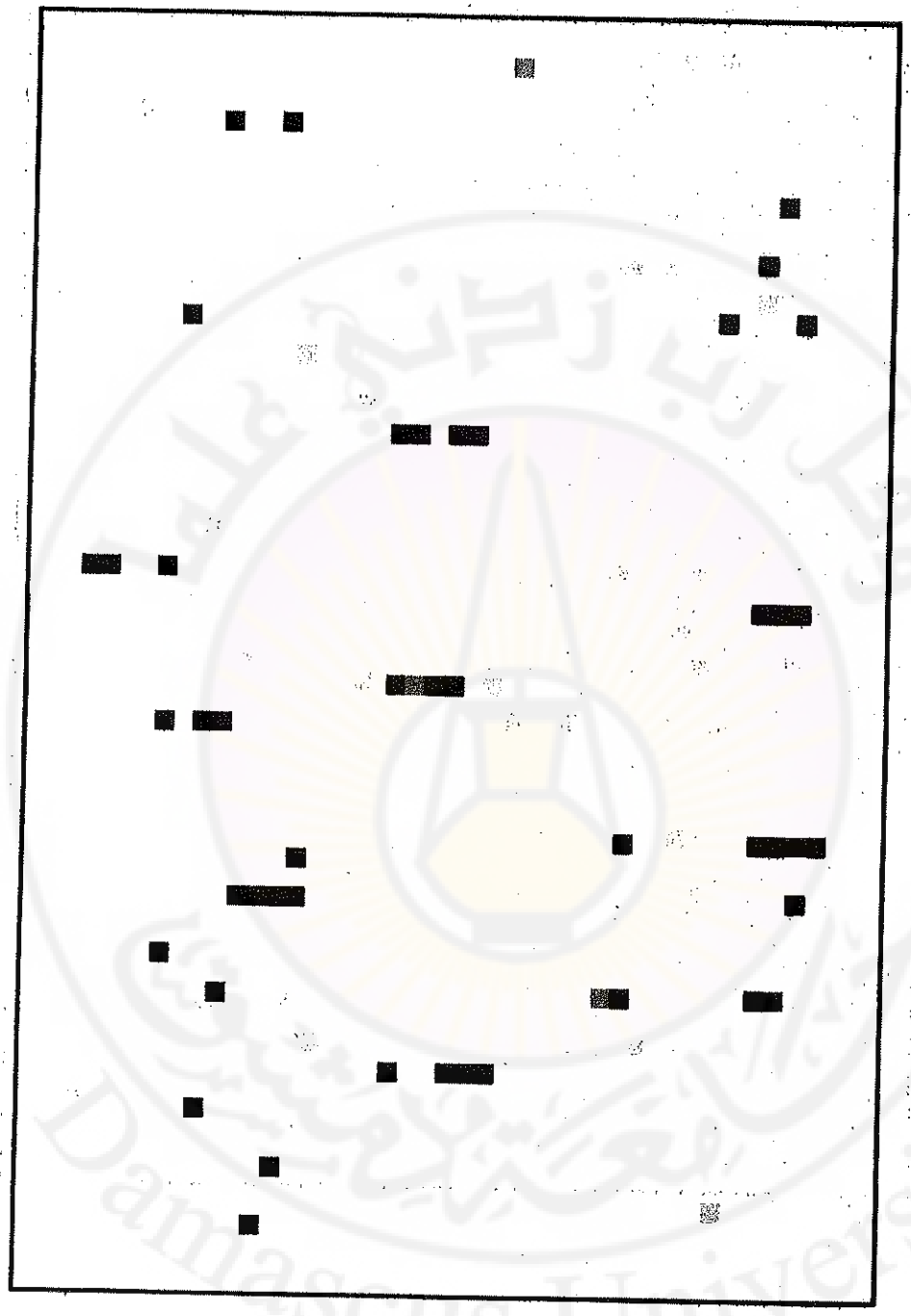

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

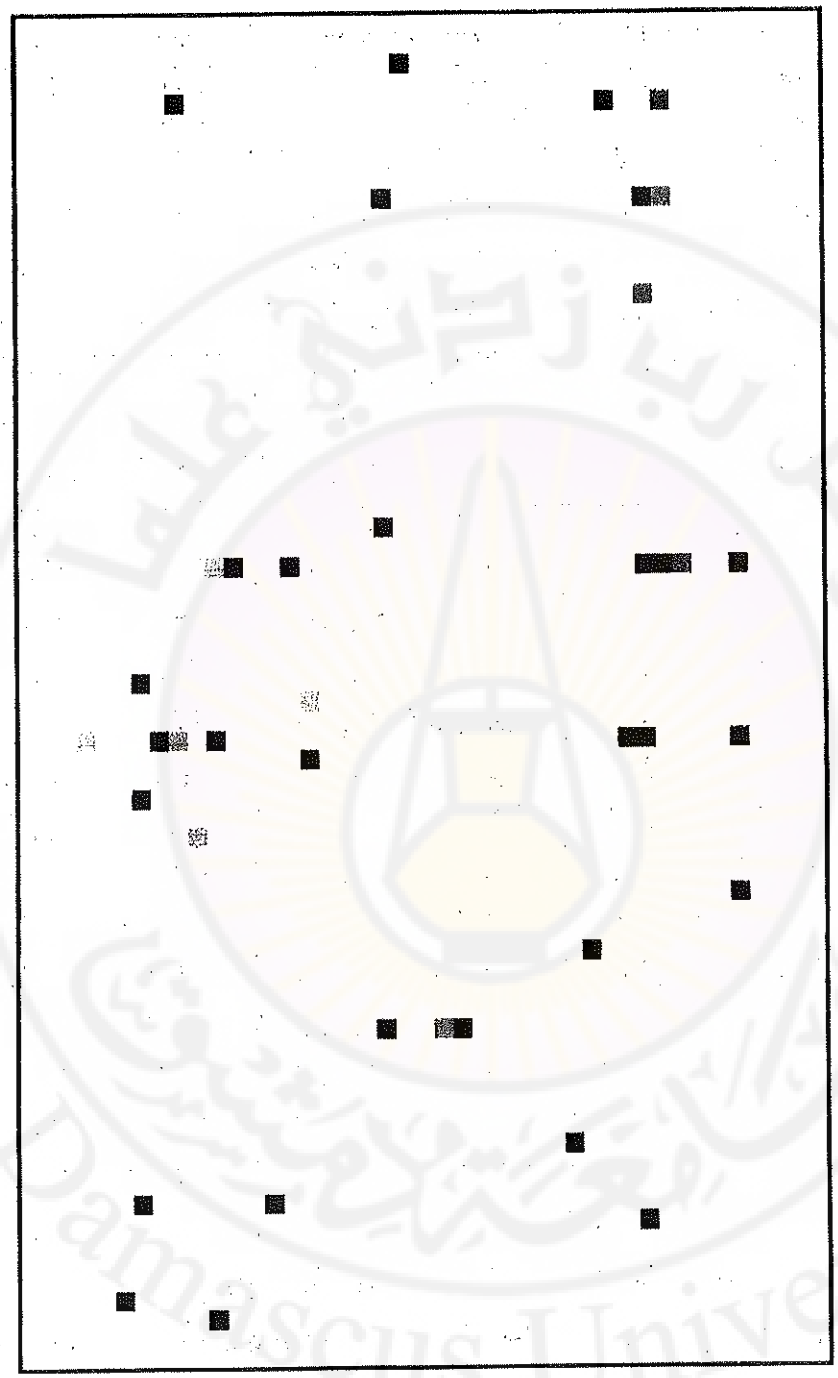
جداول الواحدات الأساسية في القياس و الثوابت الفيزيائية











أنبوب بخار الزئبق		أنبوب غاز الهليوم		أنبوب غاز النيون	
اللون	طول الموجة	اللون	طول الموجة	اللون	طول الموجة
أحمر	٦٩٠٨	أحمر ضعيف	٧٠٦٥	أحمر ١	٦٥٠٧
أحمربرتقالي	٦٢٥٤	أحمر ش	٦٦٧٨	أحمر ٢	٦٤٠٢
أصفر ١ش	٥٧٩٠	أصفر ش	٥٨٧٦	أحمر ٣	٦٣٨٣
أصفر ٢ش	٥٧٦٩	أخضر أزرق	٥٠١٦	أحمر ٤	٦٣٠٥
أخضر مصفر ش	٥٤٦١	أزرق مخضر	٤٩٢٢	أحمر ٥	٦٢٦٧
أزرق أخضر١	٤٩٦٠	أزرق ١	٤٧١٣	أحمر ٦	٦٢١٧
أزرق أخضر٢	٤٩١٦	أزرق ٢	٤٤٧١	برتقال ١	٦١٨٢
أزرق ١م	٤٣٥٨	أزرق نيلي	٤٣٨٧	برتقال ٢	٦١٦٤
أزرق ٢م	٤٣٤٧	بنفسجي ١	٤١٢١	برتقال ٣	٦١٤٣
أزرق ٣ م	٤٣٣٩	بنفسجي ٢	٤٠٢٦	برتقال ٤	٦١٢٩
بنفسجي ١	٤٠٧٨	بنفسجي ٣	٣٨٨٩	برتقال ٥	٦٠٩٦
بنفسجي٢	٤٠٤٧	أنبوب غاز الهيدروجين		برتقال ٦	٦٠٧٥
أنبوب بخار الكادميوم		اللون	طول الموجة	برتقال ٧	٦٠٣٠
اللون	طول الموجة			برتقال ٨	٥٩٧٦
		أحمر	٦٥٦٣	برتقالي ٩	٥٩٤٠
أحمر ش	٦٤٣٨	أزرق	٤٨٦١	أصفر ١	٥٨٨٢
أخضر ١	٥٣٧٩	أزرق نيلي	٤٣٤٠	أصفر ٢	٥٨٥٣
أخضر ٢	٥٣٣٨	بنفسجي ١	٤١٠٢	أصفر ٣	٤٧٦٥
أزرق مخضرش	٥٠٨٦	بنفسجي ٢	٣٩٧٠		
أزرق ش	٤٨٠٠				
أزرق نيلي	٤٦٧٨				
بنفسجي	٤٤١٣				

م: ترمز إلى الألوان المتراصة ش : ترمزو إلى الإضاءة الشديدة

جدول بأطوال أمواج خطوط الطيف المرئية لبعض العناصر مقدرة بالانغستروم

(A°)

المصطلحات العلمية

الإنكليزية	العربية
A	
Aberration	زيغ
Absolute	مطلق
Absolute Zero	صفر مطلق
Absolute error	ارتياب مطلق
Absolute Incertitude	ارتياب مطلق
Absolute Index of refraction	قرينة الأنكسار المطلقة
Accelerated motion	حركة متسارعة
Acceleration	تسارع
Accidental error	ارتياب طارىء
Accommodation	مطابقة
Accuracy	دقة
Achromatic	لالوني
Achromatic lens	عدسة لالونية
Action	فعل
Air	هواء
Air Resistance	مقاومة الهواء
Alternating current (AC)	تيار متناوب
Altitude	ارتفاع

Amplitude	مطال، سعة
Analytic	تحليلي
Anastigmatic	لا نقطي
Angle	زاوية
Angle of deviation	زاوية الانحراف
Angle of incidence	زاوية الورود
Angle of reflection	زاوية الانعكاس
Angular	زاوي
Angular Acceleration	تسارع زاوي
Angular Velocity	سرعة زاوية
Angular Frequency	تواتر زاوي
Anisotropy	تباين المناحي، لا متناحي
Antinode	بطن
Aperture	فتحة
Aplanatic lens	عدسة لازيغية
Aqueous humor	خلط مائي
Archmides Principle	مبدأ أرخميدس
Area	مساحة
Areas Law	قانون السطوح
Astigmatism	لانقطية
Astronomical	فلكي
Atmosphere	جو

Atom	ذرة
Attraction	تجاذب
Attraction Force	قوة جاذبة
Atwoods machine	آلة أتود
Average Acceleration	تسارع وسطي
Average value	القيمة الوسطية
Axis	محور
Axis fixed	محور ثابت

B

Balance	ميزان
Band spectrum	طيف شريطي
Bar	قضيب
Barrel distortion	تشوه برميلي
Barrier	حاجز
Base	قاعدة
Beam	حزمة
Bernoullis equation	معادلة برنولي
Biconcave lens	عدسة مقعرة الوجهين
Biconvex lens	عدسة محدبة الوجهين
Bifocal	ثنائي المحرق

Binding Force	قوة ترابط
Birefringence double refraction	انكسار مزدوج
Blind spot	بقعة عمياء
Boltzmann constant	ثابت بولتزمان
Boyles Law	قانون بويل
Branch	فرع
Brewster angle	زاوية بروستر
Bright	لامع
Brightness	لمعان
Buoyant force	قوة الطفو

C

Calculs	حصباب
Caliper Gauge	القدم القنوية
Calorie	جزيرة
Candle	شمعة
Capillarity	خاصية شعرية
Cartesian Coordinates	إحداثيات ديكارتية
Caustic surface	سطح كاو
Center	مركز
Center force	قوة مركزية

Center field	حقل مركزي
Central Force	قوة مركزية
Centred (coaxial) system	جملة متمركزة
Centrifugal force	قوة جاذبة
Centripetal Acceleration	تسارع جاذب
Chain	سلسلة
Change of state	تغير الحالة
Characteristic	خصائص
Chromatic aberration	زيغ لوني
Circle	دائرة
Circle of confusion	دائرة التشوش
Circle of diffusion	دائرة الانتشار
Circle of least confusion	دائرة التشوش الأصغري
Classical	تقليدي
Classical Mechanics	ميكانيك تقليدي
Clockwise	باتجاه عقرب الساعة
Coaxial system	جملة متمركزة
Coefficient	معامل
Coherence	ترابط
Collector	مجمع
Collimator	مجمع
Collision	تصادم

Color vision	إدراك اللون، رؤية لونية
Coma	تذنب (تندب)
Components	مركبات
Concave lens	عدسة مقعرة
Concavo convex lens	عدسة مقعرة محدبة
Condenser	مكثف
Conductor	ناقل
Cone	مخروط
Cone of light	مخروط الضوء
Cone of umbra	مخروط الظل
Conjugate	مترافق
Conservation	انحفاظ
Conservation	انحفاظ
Conservation of angular momontum	انخفاظ كمية الحركة الزاوية (الاندفاع الزاوي)
Conservation of energy	انخفاظ الطاقة
Conservation theorems	نظريات الإنحفاظ
Constant	ثابت
Constant Acceleration	تسارع ثابت
Contact Action	فعل التماس
Continuity	استمرار
Continuous spectrum	طيف متصل

Contrast	تباين
Converging lens	عدسة مقربة
Convex lens	عدسة محدبة
Convexo concave lens	عدسة محدبة مقعرة
Coordinates	إحداثيات
Core	لب
Coriolis Acceleration	تسارع كوريولس
Cornea	قرنية
Correction	تصحيح
Couple	مزدوجة
Coupling	الاقتران، التقارن
Cristalline (lens)	جليدية (عدسة العين)
Critical	حرج
Critical angle	زاوية حرجة
Cross	مقطع
Cross – wire	محكمة
Crown glass	زجاج تاجي
Curvature	إنحناء، اعوجاج
Curve	منحني
Cushion aberration	تشوه الوسادة
Cycle	حلقة، دورة
Cylindrical Coordinates	إحداثيات اسطوانية

Cylindrical lens	عدسة اسطوانية

D

Data	معطيات
Density	كثافة
Depth	عمق
Depth of field	عمق الحقل
Deviation	انحراف
Diagram	رسم بياني - مخطط
Diameter	قطر
Diaphragm	حجاب
Differential	تفاضل
Differential element	عنصر تفاضلي
Diffraction	إنعراج
Diffusion (of light)	انتشار الضوء
Dimensions	أبعاد
Dioptre	كسيرة
Direct current (DC)	تيار مستمر
Direction	إتجاه
Direction cosines	جيوب تمام الاتجاه
Disk	قرص
Dispersion	تبديد
Displacement	إزاحة

Displacement	إزاحة
Displacement Vector	شعاع الإزاحة
Distortion	تشوه
Distribution	توزع
Distribution of kinetic energy	توزع الطاقة الحركية
Distribution of velocities	توزع السرع
Diurnal vision	رؤية نهارية
Divergence	تفرق
Divergent	مبعدة، متباعدة
Diverging lens	عدسة مبعدة
Division	قسمة
Double	مضاعف
Dynamic	تحريك
Dynamic of Particles	تحريك الجسيمات
Dynamics	تحريك
Dyne	دينة

E

Earth magnetic field	الحقل المغناطيسي الأرضي
Eclipse	كسوف، خسوف
Ecliptic	مدار الشمس

Effective	فعال
Elangation	استطالة
Elastic	مرن
Elastic Collision	تصادم مرن
Elastic Force	قوة مرنة
Elastic limit	حد المرونة
Ellipse	إهليلجي، قطع ناقص
Emergence	بروز
Emission	إصدار
Energy	طاقة
Entrance pupil	بؤبؤ الدخول
Entropy	انتروبية
Equation	معادلة
Equation of Propagation	معادلة الانتشار
Equation of state	معادلة الحالة
Equi-concave lens	عدسة متماثلة الوجهين المقعرين
Equi-convex lens	عدسة متماثلة الوجهين المحدبين
Equilibruim	توازن
Equilibruim of bodies	توازن الأجسام
Equilibruim of Particle	توازن الجسيم
Equilibruim Position	وضع التوازن
Equinox	نقطة الاعتدال

Equivalent	مكافئ
Erect image	خيال صحيح
erg	الأرغة
Error	خطأ - ارتياب
Ether	أثير
Exit pupil	بؤبؤ الخروج
Exponential	أسيّ
Eye accommodation	تكيف العين
Eyepiece	عينية
Eyepupil	بؤبؤ العين

F

Factor	عامل
Fall	سقوط
Far point	مدى (نقطة)
Fatigue	كلال، تعب
Field	حقل
Filter	مرشح
Flame	لهب
Flint glass	زجاج صخري
Flow	جريان

Fluid	مائع (سائل)
Fluid Pressure	ضغط السائل
Flux	تدفق
Focal length	بعد محرقي
Focal point	نقطة المحرق
Focussing	إحكام
Force	قوة
Force of interaction	قوة تفاعل
Formation	تشكيل
Formula	صيغة
Fovea centralise	نقيرة مركزية
Frame	جملة
Frame of reference	جملة مقارنة
Free	حر
Free Fall	سقوط حر
Frequency	تواتر
Friction	احتكاك
Friction Coefficient	معامل الاحتكاك
Friction Force	قوة احتكاك
Function	تابع، دالة
Fuse	فاصمة، قادحة

G

Galaxy	مجرة
Gas	غاز
Gradient	تدرج
Gradient vector	شعاع التدرج
Graph	خط بياني، مخطط
Gravitaitional Field	حقل الثقالة
Gravitational	ثقالي
Gravity acceleration	تسارع الجاذبية الأرضية
Gravity Center	مركز الثقل
Gyroscope	جيروسكوب

H

Harmonic	توافقي
Harmonic motion	حركة توافقية
Harmonic Oscillations	اهتزازات توافقية
Head – on collision	تصادم رأسي
Heat	حرارة
Heavy	ثقيل
Height	ارتفاع
Helical	لولبي

Helical motion	حركة لولبية
Helical orbit	مدار لولبي
Helicoidal Path	مسار لولبي
Hertz	هرتز
Hole	ثقب
Hollow	أجوف
Hook's Law	قانون هوك
Horizontal	أفقي
Hydrostatic	توازن السوائل
Hyperbola	قطع زائد
Hyperbolic	زائدي
Hypermetropia	طول النظر، مد البصر، بعد البصر
Hypothese	فرضية

I

Ideal Fluid	سائل مثالي
Ideal gas	غاز كامل
Image	خيال
Impulse	الدفع
Incidence	سقوط، ورود
Incident	وارد

Incoherence	غير مترابط
Incompressible Fluid	سائل غير قابل للإنضغاط
Independent	مستقل
Index	معامل، قرينة، دليل
Index of refraction	قرينة الأنكسار
Indirect lighting	إضاءة غير مباشرة
Inelastic	غير مرن
Inelastic Collision	تصادم غير مرن
Inertia	العطالة
Inertia Center	مركز العطالة
Infrared	تحت الأحمر
Inhomogeneous	غير متجانس
Initial	ابتدائي
Initial Energy	طاقة ابتدائية
Initial Particle	جسيم بدئي
Initial Speed	سرعة ابتدائية
Inner product	جداء داخلي
Instability	غير مستقر
Integral	تكامل
Intensity	شدة
Interaction	تفاعل متبادل
Interface	سطح بيني

Interference	تداخل
Internal Energy	طاقة داخلية
Internal Force	قوة داخلية
Interpolation	استقراء داخلي
Invariant	لا متغير
Inversaly proportional	تناسب عكسي
Inverted image	خيال مقلوب
Invisible spectra	أطياف غير مرئية
Ions	إيونات
Iris	قزحية
Irregular (diffused) reflection	انعكاس غير منتظم، انعكاس منتشر
Isolated	معزول
Isolated System	جملة معزولة
Isotopes	نظائر
Isotropic	متماثل المناحي
Isotropic	متناهي
Isotype	متماثل
Joule	جول

J

Junction	وصلة
Jupiter	المشتري
Jurassic	جوراسي
Juxta	مجاور

K

Karat	قيراط
Kelvin	كلفن
Keplerian motion	حركة كبلرية
Keplers Laws	قوانين كبلر
Kick	دفعة
Kilo	كيلو
Kilo bar	كيلو بار
Kilo calorie	كيلو حريرة
Kilo gram	كيلو غرام
Kilo meter	كيلو متر
Kinematics	علم الحركة
Kinematics behaviour	سلوك حركي
Kinetic energy	طاقة حركية
Kinetic equation	معادلة حركية

Kinetic Friction	احتكاك حركي
Kinetic pressure	ضغط حركي
Kinetic theory	نظرية حركية

L

Lability	قابل للتغيير
Laboratory	مخبر
Laboratory	مختبر
Landslide	انزلاق
Laplace	لابلاس
Laser	لايزر
Latent	كامن
Latent energy	طاقة كامنة
Latent Heat	حرارة كامنة
Lateral	جانبي
Lateral aberration	زيغ عرضاني
Lateral collision	تصادم جانبي
Latitude	خط العرض
Lattice	شبكة، شبيكة
Launching	قذف، إطلاق
Law	قانون

Law of conservation	قانون الإنحفاظ
Layer	طبقة
Length	طول
Lens	عدسة
Level	مستوى
Light	ضوء
Light source	منبع ضوئي
Limit	حد
Limited	محدود
Line of action	خط الفعل
Line of force	خط القوة
Linear	خطي
Linear accelerator	مسرع خطي
Linear correlation	ارتباط خطي
Linear dependence	تابعية خطية
Linear equation	معادلة خطية
Linear momentum	اندفاع خطي
Linear spectrum	طيف خطي
Lines	خطوط
Lines of field	خطوط الحقل
Lines of force	خطوط القوة
Liquid	سائل (مائع)

Liquid fuel	وقود سائلة (مائع)
Local	موضعي
Location	موضع
Log – Log paper	ورق لغريتمي
Logarithmic	لوغارتمي
Longitudinal aberration	زيغ طولاني
Loss	ضياع
Low	منخفض
Luminance	استنارة
Luminous intensity	شدة الأضاءة
Lunar eclipse	خسوف القمر

M

Machine	آلة
Macroscopic	جهري
Macroscopy	دراسة جهرية
Magnet	مغناطيس
Magnetic	مغنطيسي
Magnification	تجسيم، تكبير
Magnified image	خيال مكبر
Magnifier	مكبرة

Main	رئيسي
Main path	مسار رئيسي
Major axis	المحور الكبير
Major diameter	القطر الأكبر
Marginal rays	أشعة طرفية
Mars	المريخ
Mass	كتلة
Mass center	مركز الكتلة
Mass density	كثافة الكتلة
Mass point	كتلة نقطية
Mass spectrum	طيف الكتلة
Mass Velocity	سرعة الكتلة
Massless	عديم الكتلة
material	مادي، مادة
Matrix	مصفوفة
Maximum	أعظمي، نهاية عظمى
Mean	متوسط، وسطي
Mean energy	طاقة وسطية
Mean value	قيمة وسطية
Mean velocity	سرعة وسطية
Measure	قياس
Measurment	قياس

Mechanic	ميكانيك
Mechanical	ميكانيكي
Mechanical Energy	طاقة ميكانيكية
Mechanical force	قوة ميكانيكية
Mechanical stress	إجهاد ميكانيكي
Medium	وسط
Mega hertz	ميغا هيرتز
Meridian	خط الزوال
Metal	معدن
Metastable	شبه مستقر
Metastable equilibrium	توازن شبه مستقر
Meter	مقياس
Method	طريقة
Method of least squares	طريقة أصغر المربعات
Metric	متري
Metric system	نظام متري
Metrology	علم القياس
Micro – photographic	تصوير مجهري
Micrometer Screw	الدوارة اللولبية
Microscope	مجهر
Microscopic	مجهري
Milli liter	ملي لتر

Minimum	أصغري، نهاية صغرى
Minimum deviation	انحراف أصغري
Minute	دقيقة
Mirror	مرآة
Missile	صاروخ
Mixed	مختلط
Mobile	متحرك
mode	نمط
Model	نموذج
Mole	مول
Molecular	جزيئي
Moment	عزم
Moment of force	عزم القوة
Moment of Inertia	عزم العطالة
Moment of momentum	عزم الإندفاع
Momentum	الاندفاع
Momentum conservation	انحفاظ الاندفاع
Momentum vector	متجهة (شعاع) الإندفاع
Monochromatic	وحيد اللون
Moon	قمر
Motion	حركة
Mounting	تركيب

Myopia	حسر البصر

N

Nabla	نبلا
Nano meter	نانو متر
Natural	طبيعي
Natural logarithm	لغاريتم طبيعي
Natural numbers	أعداد طبيعية
Nautical mile	ميل بحري
Near (point)	كثب (نقطة)
Negative	سلبي
Negative lens	عدسة سالبة
Negligence	اهمال
Network	شبكة
Newton	نيوتن
Newtonian mechanics	ميكانيك نيوتن
Newton's laws	قوانين نيوتن
Night vision	رؤية ليلية
Nocturnal vision	رؤية ليلية
Nodal point	نقطة عقدية
Noise	ضجيج

Non – central force	قوة لا مركزية
Non – centrosymmetric	تناظر لامركزي
Non - conservative	لا محافظة
Non – equilibrium state	حالة لا متوازنة
Non – inertial	لا عطالي
Non – linear	لا خطي
Non – relativistic	لا نسبوي
Non – stationary	غير مستقر
Non – uniform	غير منتظم
Nonconervative Force	قوة غير محافظة
Nonlinear equation	معادلة لاخطية
Normal	عادي، عمودي، ناظمي
Normal Acceleration	تسارع ناظمي
Normal component	مركبة ناظمية
Normal distribution	توزع نظامي
Normal stress	إجهاد نظامي
Nuclear Force	قوة نووية
Nucleus	نواة
Number	عدد
Numerical constant	ثابت عددي
Numerical value	قيمة عددية

O

Object	جسم
Object point	نقطة جسمية
Objective	العدسة الجسيمية
Oblique	مائل
Oblique coordinates	إحداثيات مائلة
Oblique rays	أشعة مائلة
Observer	مراقب
Octahedral	ثماني وجوه
Ocular (eyepiece)	عينية
Odd	فردي
Odd function	تابع فردي
Odd number	عدد فردي
Ohm	أوم
One dimensional	أحادي البعد
One-dimensional motion	حركة مستقيمة وفق خط مستقيم
Opacity	عتمة
Opaque	عاتم
Optical axes	المحور الضوئي
Optical glass	زجاج بصري
Optical instruments	الأجهزة الضوئية
Optical path	مسار ضوئي

Optical system	جملة ضوئية
Optical, Visual	بصري
Optics	علم الضوء - بصريات
Orbit	مدار
Orbital angular momentum	اندفاع زاوي مداري
Orbital moment	عزم مداري
Orbital velocity	سرعة مدارية
Order	مرتبة
Ordinary	عادي
Ordinary ray	شعاع عادي
Ordinate	ترتيب
Origin	مبدأ
Original	أصلي
Orthogonal	متعامد
Oscillating motion	حركة اهتزازية
Oscillation	اهتزاز
Oscillation (or Vibration)	اهتزاز
Oscillator	هزازة
Oscilloscope	راسم الأهتزاز المهبطي
Output	حاصل، ناتج، خرج
Oval	بيضوي
Overlapping	تراكب

Ozone	أوزون

P

Parabola	قطع مكافئ
Parallel	موازي
Parameter	وسيط
Parametric	وسيطي
Parametric equation	معادلة وسيطية
Paraxial rays	أشعة محورية
partial	جسيم
Partial pressure	ضغط جزئي
Partical	جسيم
Particle mass	كتلة الجسيم
Path	مسار
PC or Personal Computer	حاسب شخصي
Peak	ذروة
Pendulum	نواس
Perihelion	نقطة الرأس
perimeter	محيط
Period	دور
Periodic	دوري

Periodic oscillation	اهتزاز دوري
Persistence of vision	بقاء الصورة
phase	طور، مرحلة
Phase difference	اختلاف الطور، فرق الطور
Phase reversal	انقلاب الطور
Phase slowness	إبطاء الطور
Phenomenon	ظاهرة
Photon	فوتون
Pincushion distortion	تشوه هلالي
Plane	مستو (مستوي)
Planet	كوكب
Plano concave lens	عدسة مستوية مقعرة
Plano convex lens	عدسة مستوية محدبة
Plasma	بلازما
Plate	صفيحة
Plot	رسم بياني
Polar	قطبي
Polar axis	محور قطبي
Polar coordinates	إحداثيات قطبية
Polar vector	شعاع قطبي
Pole	قطب
Polishing	صقل

Position	موضع
Position vector	شعاع الموضع
Positive lens	عدسة موجبة
Potential	كمون، كامن
Potential Energy	طاقة كامنة
Potential field	حقل كمون
power	استطاعة، قدرة
Practical Physics	الفيزياء العملية
Presbyopia	قدع (قصور البصر)
Pressure	ضغط
Pressure	ضغط
Pressure difference	فرق الضغط
Principle	مبدأ
Principle lateral aberration	زيغ عرضاني اصلي
Principle longitudinal aberration	زيغ طولاني اصلي
Prism	موشور
Projectile	قذيفة
Projection	مسقط
Property	خاصية
Proportion	تناسب
Proportional	تناسب طردي
Pulse	نبضة

Punctual	نقطي
Pupil	بؤبؤ

Q

Quadrangle	رباعي الأضلاع
Qualitative	كيفي
Quality	خاصية
Quantitative	كمي
Quantity	كمية (مقدار)
Quantity of motion	كمية حركة
Quasi-	شبه
Quasi - particle	شبه جسيم
Quasi static	شبه سكوني

R

Radian	راديان
Radiation	إشعاع
Radius	نصف قطر
Rainbow	قوس قزح
Random	عشوائي
Random motion	حركة عشوائية

Range	مجال
Rate	سرعة ، معدل
Rate of approach	سرعة الاقتراب
Ratio	نسبة
Ray tracing	رسم الأشعة
Rays	أشعة
Real	حقيقي
Real Fluid	سائل حقيقي
Real Gas	غاز حقيقي
Real image	خيال حقيقي
Real object	جسم حقيقي
Rectangle	مستطيل
Rectangular projection	اسقاط قائم
Rectilinear motion	حركة مستقيمة
Reduced image	خيال مصغر
Reduced mass	كتلة مختزلة
Referance	مرجع
Reflecting	عاكس
Reflecting telescope	نظارة فلكية عاكسة
Reflection	انعكاس
Refracting telescope	نظارة فلكية كاسرة
Refraction	انكسار

Refractive	كاسر
Refractive index	قرينة انكسار
Regular	منتظم
Regular reflection	انعكاس منتظم
Relation	علاقة
Relative	نسبي
Relative Acceleration	تسارع نسبي
Relative Incertitude	ارتياب نسبي
Relative Index of refraction	قرينة الأنكسار النسبية
Relative velocity	سرعة نسبية
Relativity	النسبية
Resistance	مقاومة
Resolving power	مقدرة الفصل
Resultant	ناتج، محصلة
Resultant Acceleration	تسارع محصل
Retina	شبكية
Retina fatigue	كلال الشبكية
Reversibility	عكوسية الضوء
Ring	حلقة
Rocket	صاروخ
Rods	قضبان
Rotary	دوار

Rotation	دوران
Rotational Energy	طاقة دورانية
Rough	خشن
Rule	قاعدة

S

S. I. units	النظام الدولي للواحدات
Sagittal	سهمي
Sample	عينة
Scalar	سلمي
Scalar field	حقل سلمي
Scalar potential	كمون سلمي
Scalar quantity	مقدار سلمي
Scalar quantity	كمية سلمية
Scale	سلم تدريج
Scattering	استطارة، تبعثر
Sciences	علوم
Scientific	علمي
Scintillation	تلألؤ، وميض
Screen	شاشة، حاجز
Sea level	مستوى البحر

Second	ثانية
Self – energy	طاقة ذاتية
Self - field	حقل ذاتي
Semi-log paper	ورق نصف لغريتمي
Sensitivity	الحساسية
Shape	شكل
Shear modulus	معامل القص
Shear strain	انفعال القص
Shear strees	إجهاد القص
Shearing	قصي، عرضي
Shutter	حاجب، مغلاق
Sidereal	نجمي
Sign convention	اصطلاح الأشارة
Signal	إشارة
Simple	بسيط
Simple harmonic motion	حركة توافقية بسيطة
Simple pendulum	نواس بسيط
Simulation	محاكاة
Sine condition	شرط الجيب
Slide	منزلقة
Sliding Friction	احتكاك بدون انزلاق
Slit	شق

Slope	الميل
Smoothing	صقل، تنعيم
Software	برمجيات
Solar	شمسي
Solar day	يوم شمسي
Solar eclipse	كسوف شمسي
Solar system	المنظومة الشمسية
Solid	جسم صلب
Source	منبع
Space	فضاء، مكان
Specific	نوعي
Specific Heat	حرارة نوعية
Spectra	طيوف
Spectral lines	خطوط طيفية
Spectroscope	مطياف
Spectrum	طيف
Speed	سرعة
Sphere	كرة
Spherical	كروي
Spherical aberration	زيغ كروي
Spherical coordinates	إحداثيات كروية
Spherical dioptre	كاسر كروي

Spiral	لولبي
Spiral path	مسار لولبي
Spring	نابض
Spring constant	ثابت صلابة النابض (ثابت المرونة)
Stability	استقرار، ثبات
Stable	مستقر
Stable Equilibruim	توازن مستقر
Stable orbit	مدار مستقر
Stand	حامل، منصب
Standard	نظامي ، معياري
Static	ساكن
Static Friction	احتكاك سكوني
Stationary	استقراري
Stereoscopic vision	رؤية مجسمة
Stop	كوة
String	خيط
Sum	مجموع
Surface	سطح
Surface tension	توتر سطحي
Symmetry	تناظر، تماثل
System	منظومة، مجموعة
Systematic error	خطأ نظامي

T

Table	جدول، قائمة
Tangent	مماس
Tangential	مماسي
Tangential Acceleration	تسارع مماسي
Technology	تقانة
Telescope	تلسكوب، نظارة فلكية
Temperature	درجة الحرارة
Tensile	شد
Tensile strain	انفعال الشد
Tensile strength	مقاومة الشد
Tensile stress	إجهاد الشد
Tension	توتر
Theoretical	نظري
Theory	نظرية
Thick lens	عدسة سميكة
Thickness	سماكة ـ ثخانة
Thin lens	عدسة رقيقة
Threshold	عتبة
Time	زمن
Time dilation	تمدد الزمن
Timer	مؤقت

Torque	عزم الفتل
Torsion	فتل
Total	كلي
Total Energy	طاقة كلية
Total reflection	انعكاس كلي
Track	مسار، أثر
Trajectory	مسار
Trajectory	مسار
Transformation	تحويل، تحول
Transition	إنتقال
Transmission	إرسال، نقل
Transparent	شفاف
Triangle	مثلث
Tube	أنبوب
Tube Capillary	أنبوب شعري

U

Ultramicroscopic	فوق مجهري
Ultrasonic	فوق صوتي
Ultraviolet	فوق بنفسجي
Undamped oscillation	إهتزازة غير متخامدة

Undetermined	غير محدد
Uniform	منتظم
Uniform acceleration	تسارع منتظم
Uniform motion	حركة منتظمة
Uniform velocity	سرعة منتظمة
Unit	واحدة
Univcrsal	عام، شامل
Unstable	غير مستقر، قلق
Unstraceable string	خيط غير قابل للامتطاط

V

Vacancy	شاغر، ثغرة
Vacuum	فراغ، خلاء
Vapor	بخار
Variable	متحول، متغير
Vector	شعاع، متجه
Vector quantity	مقدار شعاعي
Vectorial Division	قسمة شعاعية
Velocity	سرعة
Velocity of light	سرعة الضوء
Vernier	فرنية

Vertex	رأس
Vertical	شاقولي
Vibration	اهتزاز
Virtual image	خيال وهمي
Virtual object	جسم وهمي (خيالي)
Viscosity	لزوجة
Viscosity coefficient	معامل اللزوجة
Viscous Coefficient	معامل اللزوجة
Viscous Fluid	سائل لزج
Visible rays	أشعة مرئية
Vision	رؤية
Visual acuity	حدة الإبصار
Visual angle	زاوية الإبصار
Vitreous humour	خلط زجاجي
Volume	حجم

W

Wave	موجة
Wave front	صدر الموجة
Wave guide	دليل الموجة
Wave length	طول الموجة

Weight	ثقل
Width	عرض
Wire	سلك
Work	عمل

Y

Yellow spot	بقعة صفراء

Damascus University

المراجع العلمية

المراجع العربية:

١- لبيب بيضون، عماد قدسي، عمر طه، مصطفى حامد، محمد صفوح الموصللي، "***الفيزياء العملية للسنوات الجامعية الأولى***"، منشورات جامعة دمشق، ١٩٨٢-١٩٨٣.

٢- الدكتور طاهر تربدار، "***الضوء الهندسي***"، منشورات جامعة دمشق، ١٩٨٦ – ١٩٨٧.

٣- محمد صفوح الموصللي، محمد توفيق سويد، محمد السعيد، كمال كايد، مجد حمادة، "***الفيزياء العملية***"، منشورات جامعة دمشق، ٢٠٠٥ – ٢٠٠٦.

٤- الدكتور مكي الحسني، "***القياسات الفيزيائية و تحليل نتائجها***"، مطبعة زيد بن ثابت، ١٩٧٤ – ١٩٧٥.

٥- الدكتور كنج الشوفي، "***الميكانيك الفيزيائي (١)***"، منشورات جامعة دمشق، ٢٠٠٤ – ٢٠٠٥.

المراجع الأجنبية:

1- Raymond A. Serway, and Robert J. Beichner, "***Physics for scientist and engineers with modern physics***", Fifth edition, Saunders college publishing, 2000.

2 - Hugh D. Young, Roger A. Freedman, "***University Physics with modern physics***", 12th Edition, Pearson Addison-Wesley, 2007.

3- Fancis A. Jenkins, Harvey E. White, ***"Fundamentals of Optics"***, Third Edition, McGraw – Hill Book Company, 1957.

Damascus University

اللجنة العلمية:

- الأستاذ الدكتور محمد سعيد محاسنة
- الأستاذ الدكتور محمد قعقع
- الأستاذ الدكتور فوزي عوض

المدقق اللغوي:

- الأستاذ الدكتور فخري بوش

حقوق الطبع و الترجمة و النشر محفوظة لمديرية الكتب و المطبوعات

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University