جامعة الموصل كلية التربية للعلوم الصرفة
قسم الفيزياء

First grade mechanics lab

مختبر الميكانيك/ الصف الأول

المرحلة الأولى

كادر المختبر

استاذ مساعد دكتور مؤيد عبدالله أحمد

مدرس دكتور علي عباس محمد صالح

مدرس تغريد محمود يونس

مدرس زينة حميد

المحاضرة الأولى

التجربة الأولى : معامل الصلابة

التجربة الأولى : معامل الصلابة

الغرض من التجربة:- إيجاد معامل الصلابة لقضيب معدني رفيع بواسطة اللّي.

الأجهزة والأدوات المستخدمة:-

الجهاز يتألف من قضيب معدني مثبت من أحدى نهايتيه (A) والنهاية الأخرى مثبتة في مركز بكرة معدنية (B) لها أخدود يمر عليها خيط متين ويعلق أثقال في الطرف السائب من الخيط . وفي منتصف القضيب يثبت مؤشران عند نقطتين يتحرك كلاً منهما على قوس مقسم إلى درجات ستينية لقياس زاوية اللّي (θ1, θ2).

مايكرومتر مسطرة ، أثقال.

نظرية التجربة : -

يبحث موضوع المرونة في المتغيرّات التي تحدث في الأجسام بتأثير قوة عليها و هذه التغيرّات قد تكون طولية ، سطحيه أو حجمية. فإذا أثرت قوة متزنة على جسم ما يحدث لأجزاء هذا الجسم أزاحه نسبية مهما كان الجسم متماسكاً صلداً (Rigid) وأن الأجسام التي تعود لحالتها الطبيعية بعد زوال القوة المؤثرة عليها تسمى (Perfectly Elastic) كالفولاذ أما الأجسام التي لا تعود إلى حالتها الأصلية بعد زوال القوة المؤثرة عليها تسمى (Perfectly Inelastic). ويعبر عن المرونة لأي جسم بمفهومين فيزيائيين هما المفهوم الأول هو الإجهاد (Stress) والذي يعرّف بأنه القوة المماسية على وحدة مساحة المقطع العرضي للجسم ويكون على عدة أنواع :

1. الإجهاد التوتري (Tensile Stress)
2. الإجهاد ألكبسي (Compressive Stress)
3. الإجهاد القصي (Shear Stress)

أما المفهوم الثاني يسمى المطاوعة (Strain) والذي يمثل التغيّر النسبي في أبعاد الجسم ويكون على ثلاثة أنواع :

1. مطاوعة التوتر (Tensile Strain).
2. مطاوعة الكبس (Compressive Strain).
3. مطاوعة القص(Shear Strain).

ويعرف معامل المرونة (Elastic Modulus) بأنه النسبة بين الإجهاد إلى المطاوعة النسبية ضمن حدود المرونة إذا كان الإجهاد ناتجاً عن قوة سحب للجسم مولدا استطالة له أو يكون ناتجاً عن قوة كبس مولدا نقصان في طول الجسم والنسبة بين الإجهاد والمطاوعة تسمى معامل يونك (Young Modulus) والنسبة بين الإجهاد القصي والمطاوعة القصية تدعى معامل القص (Shearing Modulus) حيث:

$$M = \frac{F / A}{\theta} \qquad \text{.....(1)}$$

عند تثبيت قضيب طوله (L) ونصف قطره (r) من أحدى نهايتيه وبرم (لي) الطرف الأخر بزاوية (ϕ) فأن جزيئات مادة القضيب الاسطواني ستقاوم هذا اللّي بعزم ازدواج (couple) يساوي عزم الازدواج المطبق ويعاكسه في الاتجاه وأن هذا العزم يتناسب تناسباً طردياً مع زاوية اللّي

$$C \propto \phi$$

$$C = K\phi \qquad \text{.....(2)}$$

حيث K يمثل ثابت التناسب ويعتمد على معامل الصلابة η والأس الرابع لنصف القطر(r^4) وطول القضيب (L) حسب العلاقة التالية:

$$K = \frac{\pi \eta r^4}{2L}$$

$$C = \frac{\pi \eta r^4}{2L}\phi \qquad \text{.....(3)}$$

حيث ϕ مقاسة بالزوايا النصف قطرية (Radian) ولتحويلها إلى درجات ستينية فأن:

القوانين المستخدمة في التجربة:-
جدول البيانات: -

$$\phi = \theta \frac{\pi}{180}$$

$$C = \frac{\pi \eta r^4}{2L} \theta \frac{\pi}{180} \qquad \text{.....(4)}$$

$$\eta = \frac{360L}{\pi^2 r^4} \frac{C}{\theta}$$

since , $C = mgR$ and $R = \frac{D}{2}$

$$\therefore \eta = \frac{180LDg}{\pi^2 r^4} \frac{m}{\theta} \qquad \text{.....(5)}$$

حيث أن $\frac{m}{\theta}$ هو الميل ، L هو المسافة بين θ_1 & θ_2 ، و g هو التعجيل الأرضي ، D هي قطر البكرة ، r هي نصف قطر القضيب المعدني.

جدول (2) يمثل قراءات تجربة معامل الصلابة

m (gm)	قراءة المؤشر بالدرجات الستينية						معدل قراءة المؤشر
	عند زيادة الأثقال			عند نقصان الأثقال			
	θ_1	θ_2	$X=\theta_1-\theta_2$	θ'_1	θ'_2	$X'=\theta'_1-\theta'_2$	$\theta = \frac{X+X'}{2}$

الأسئلة:

1. ماهي مصادر الخطأ في هذه التجربة؟
2. عدد انواع الاجهاد مع ذكر نوع الاجهاد المؤثر على القضيب المعدني في هذه التجربة؟
3. عرف معامل الصلابة مع ذكر وحدته؟
4. هل يعتمد معامل الصلابة على نوع المادة أم على الطول أم على نصف القطر أم على ماذا ؟
5. اذا كان معدل انحراف مؤشر الزوايا بالتجربة يساوي 2 درجة عند استعمال قضيب من الحديد عند وضع ثقل معين كم تتوقع ان يكون معدل الانحراف مؤشر الزوايا لنفس الثقل عند استعمال قضيب من البراص بدلاً من الحديد علماً بان معدل المرونة القصي للحديد هو ضعف معامل الصلابة للبراص؟
6. ما الفائدة العملية من معرفة معامل الصلابة؟

خطوات العمل:

1- تثبيت الزاويتان على بعد 20 سنتيمتر

2. ضع المؤشرين على الصفر قبل تعليق الأثقال.
3. علق حامل ثقل كتلته 1 kg (1000 gm) وسجل قراءة المؤشرين.
4. ضع ثقلاً كتلته (500غم) وسجل قراءة المؤشرين في هذه الحالة.
5. أبدأ بزيادة الإثقال تدريجياً (في كل مرة 500 gm) وسجل قراءة المؤشرين في كل حالة.
6. أعد العملية السابقة بنقصان الأثقال تدريجياً وسجل القراءات عند كل ثقل.
7. رتب النتائج التي حصلت عليها كما في الجدول رقم (2).
8. أرسم علاقة بيانية بين (m) على المحور y ، و θ على المحور x.
9. أوجد الميل للعلاقة البيانية والذي يمثل θ / m.
10. أحسب قطر البكرة (D) ونصف قطر القضيب (r).
11. استخدم العلاقة (5) لحساب معامل الصلابة لمادة القضيب المعدني.

المحاضرة الثانية
التجربة الثانية

تعيين الوزن النوعي باستخدام قاعدة أرخميدس

التجربة الثانية
تعيين الوزن النوعي باستخدام قاعدة أرخميدس

الأجهزة والأدوات المستخدمة : ميزان او قبان حلزوني ، دورق زجاجي ، سائل (نفط) ، قطع معدنية مختلفة ، قطعة من الخشب ، حامل تعليق .

النظرية :

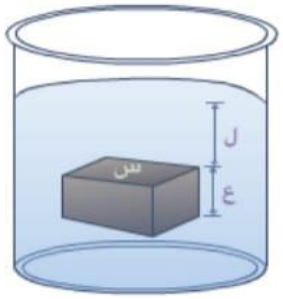
عند غمر جسم في مائع تؤثر عليه قوة دفع نحو الاعلى تساوي وزن المائع المزاح حسب قاعدة ارخميدس والتي تنص على ان كل جسم يغمر في مائع يفقد من وزنه بقدر وزن المائع المزاح .

الهدف من التجربة
الحالات الثلاثة للتجربة

الهدف من التجربة :

1. تعيين الوزن النوعي لجسم صلب كثافته اكبر من كثافة الماء.
2. تعيين الوزن النوعي لجسم صلب يطفو على سطح الماء.
3. تعيين الوزن النوعي لسائل كثافته اقل من كثافة الماء.

الحالة الأولى : إذا كان الجسم يغطس في الماء



شكل (1) يمثل جسم يغطس في الماء

إذا كان الجسم مغمور في الماء فان حجم الماء المزاح يساوي حجم الجزء المغمور وتكون قوة دفع الماء عليه تعادل وزن السائل المزاح ولإيجاد الوزن النوعي:

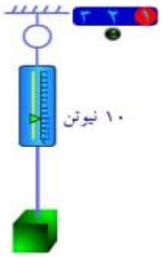
1. زن الجسم المعدني في الهواء وليكن وزنه ω_o .

2. زن الجسم وهو مغمور في الماء وليكن وزنه ω_1 .
3. استخدم العلاقة آلاتية لإيجاد الوزن النوعي :

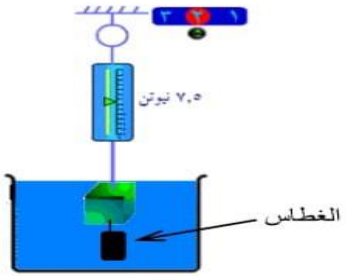
$$Specific\ \ gravity\ (\rho) = \frac{\omega_o}{\omega_o - \omega_1} \qquad \text{..... (1)}$$

الحالة الثانية : إذا كان الجسم يطفو على سطح الماء

عند وضع جسم خفيف في الماء (الخشب او الفلين) ، فيكون حجم الماء المزاح يساوي حجم الجزء المغمور فقط في الماء ، ولكي يغمر الجسم جميعه في الماء نستخدم مع الجسم الطافي جسم ثقيل يسمى الغطاس ولايجاد الوزن النوعي :



1. زن الخشب (او الفلين) في الهواء وليكن وزنه ω_o .
2. زن الخشبة والغطاس معا وهما مغمورين في الماء وليكن وزنهما ω_2 .
3. زن الغطاس لوحده في الماء ω_1 .
4. استخدم العلاقة الآتية لإيجاد الوزن النوعي للجسم الذي يطفو :



$$Specific\ \ gravity\ (\rho) = \frac{\omega_o}{\omega_o - (\omega_2 - \omega_1)}$$

..... (2)

الحالة الثالثة : تعيين الوزن النوعي لسائل كثافته أقل من كثافة الماء

2. زن الجسم وهو مغمور في الماء وليكن وزنه ω_1 .
3. زن الجسم المعدني في السائل وليكن وزنه ω_2 .
4. استخدم العلاقة آلاتية لإيجاد الوزن النوعي للسائل :

$$Specific\ \ gravity\ (\rho) = \frac{\omega_o - \omega_2}{\omega_o - \omega_1} \qquad \text{..... (3)}$$

الأسئلة :

1. ما المقصود بالوزن النوعي؟
2. ما هي مصادر الخطأ في هذه التجربة؟
3. هل يمكن التأكد من نقاوة المعادن باستخدام هذه التجربة؟ وكيف؟
4. بالنسبة للتجربة هل يمكن حساب الوزن النوعي لجسم يذوب في الماء؟
5. هل يعتمد الوزن النوعي لمادة معينة على كتلته، حجمه؟

المحاضرة الثالثة

التجربة الثالثة

سرعة الصوت

التجربة الثالثة
سرعة الصوت

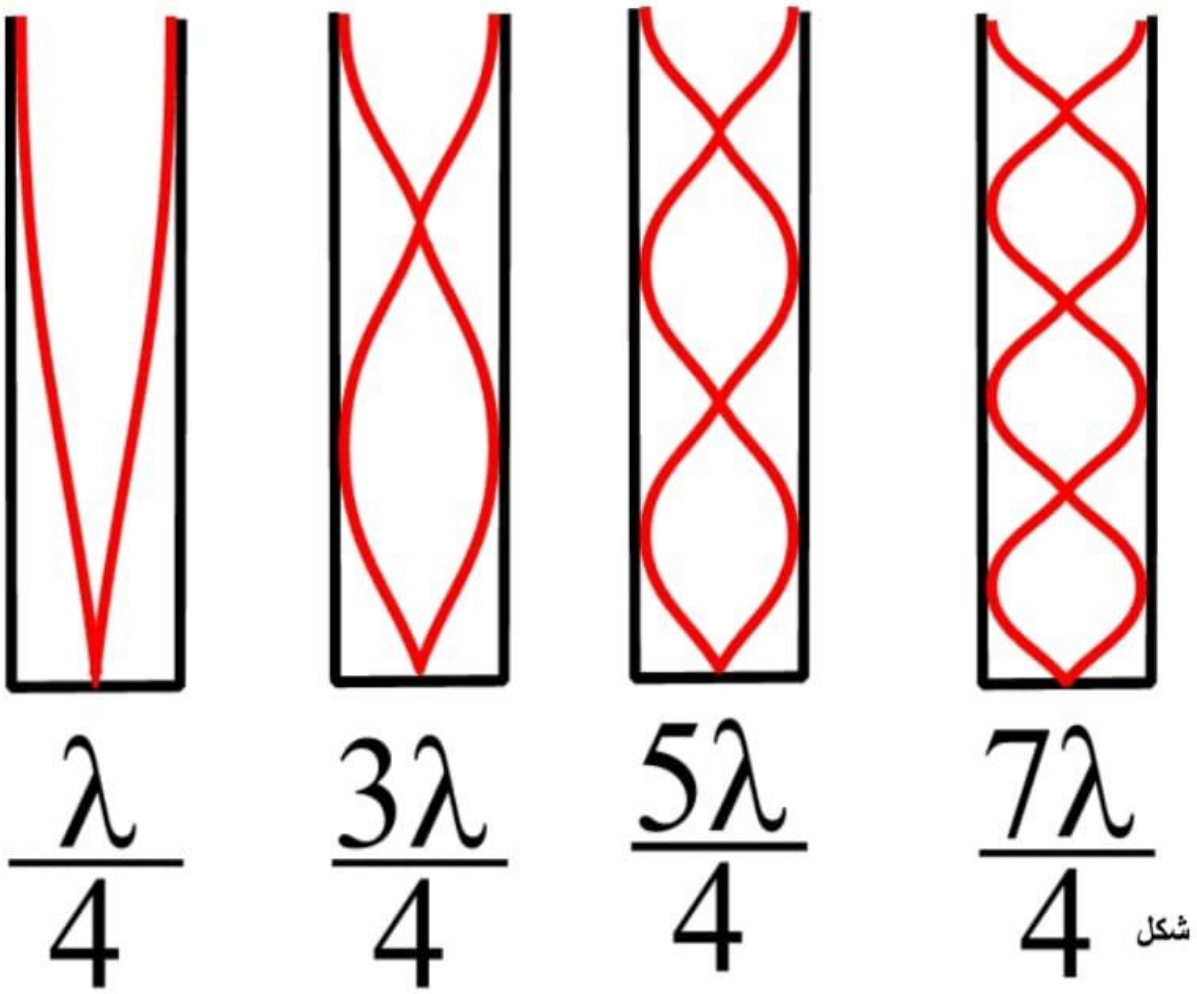
الغرض من التجربة:- قياس سرعة الصوت في الهواء باستخدام أنبوبة الرنين

الأدوات المستخدمة:- أنبوب زجاجي (أنبوب رقيق) ، مجموعة من الشوكات الرنانة ذات ترددات مختلفة ، مسطرة مترية ، حامل وماسك ، مطرقة للشوكة.

نظرية التجربة:-

إذا وضع مصدر للصوت أحادي التردد كالشوكة الرنانة مثلا أمام فوهة الأنبوب فان الموجات الصادرة منه تنتقل عبر الوسط داخل الأنبوب فمتى ما وصلت نهايته المسدودة ، انعكست عنها وتداخلت مع الموجات الساقطة مكونة ما يسمى بالموجات الواقفة (Standing Waves) ، وهي موجات ناتجة من تراكب سلسلتين من الموجات متساوية في السعة والتردد وتسيران بالانطلاق نفسه في وسط واحد محدود وباتجاهين متعاكسين . وهذه الموجات ليس لها صفة الانتشار وتنعدم الحركة في بعض نقاط الوسط مكونة ما يسمى بالعقد (Nodes) ، وبين كل عقدتين تتحرك جسيمات الوسط حركة توافقية بسيطة حول مواضع استقرارها وبسعات مختلفة تزداد تدريجيا حتى تبلغ أقصاها عند منتصف البعد بين كل عقدتين متتاليتين فيها مكون ما يسمى بالبطون .

فجزيئات الوسط عند الطرف المسدود تكون ساكنة مكونة عقدة وتتكون عند نهايته المفتوحة بطن في حالة حدوث الرنين يكون الطول الانبوبة علاقة بطول الموجة للنغمة الصادرة ولكي يحصل الرنين يجب ان تكون الفوهة بطن من بطون الموجة الواقفة فيحل الرنين الاول عندما يكون طول الانبوبة ربع طول الموجة ($1/4\lambda$) ، ويحصل الرنين الثاني عندما يكون طول الانبوبة ($3/4\lambda$) ، والثالث ($5/4\lambda$) ، كما في الشكل (1) .



شكل (1) يمثل الرنين للموجة الواقفة في الأنبوبة الاختبارية

القوانين المستخدمة في التجربة

علما بان موضع البطن لا يكون عند فوهة الأنبوبة تماما ويقع خارج الأنبوبة وابعد من الفوهة بمسافة تسمى مقدار التصحيح لنهاية الأنبوبة (ε) وان لقطر الأنبوبة علاقة بهذه المسافة (ε=0.3d) حيث d تمثل قطر الأنبوبة أي أن الرنين الأول يحصل عنده.

$$l+\varepsilon=\frac{\lambda}{4} \qquad \text{.....(1)}$$

حيث λ هي طول الموجة الصوت ، l هي اقصر طول للأنبوبة لإحداث الرنين وباستخدام شوكة ترددها f فان

$$V=\lambda f \qquad \text{.....(2)}$$

حيث V هي سرعة الصوت في الهواء ، وبالتعويض في (1) عن قيمة λ فان

$$l+\varepsilon=\frac{V}{4f} \qquad \text{.....(3)}$$

طريقة العمل: -
جدول البيانات: -

نلاحظ من المعادلة (3) ان الخط البياني بين l ومقلوب التردد 1/f سوف يكون خطا مستقيما ميلة يساوي $\frac{V}{4}$ ومقطعه الصادي يساوي ε .

خطوات العمل:-

1. رتب الشوكات الرنانة حسب التردد ، ثم ثبت الانبوبة في وضع عمودي داخل الدورق الزجاجي الذي يحوي علي الماء واجعلها في اوطا وضع ممكن.
2. خذ شوكة معلومة التردد واطرقها حتى تهتز ثم قربها من فوهة الانبوبة وابدا برفع الانبوبة الداخلية بالتدريج واصغي حتى تحصل على.
3. ثبت الأنبوبة وقس المسافة بين فوهة الانبوبة وسطح الماء.
4. اجري خطوات العمل السابق مع بقية الشوكات.
5. رتب النتائج التي حصلت عليها في الجدول وبالشكل التالي.

جدول (4) يمثل قراءات تجربة سرعة الصوت

f (Hz)	$1/f\ (Hz)^{-1}$	$\ell\ (cm)$

6. ارسم خطا بيانيا بين مقلوب تردد الشوكة (f) ، وطول انبوب الرنين (l) ، ومنها يمكن ايجاد سرعة الصوت في الهواء ومقدار التصحيح لنهاية الأنبوبة (ε) الذي يساوي مقدار المقطع على المحور الصادي.
7. احسب قيمة سرعة الصوت في الهواء نظريا من العلاقة التالية وقانها مع القيمة العملية

$$V_t = V_0\sqrt{\frac{273+t}{273}} \qquad \text{.....(4)}$$

حيث V_t هي سرعة الصوت عند درجة حرارة معينة ، V_0 هي سرعة الصوت عند درجة الصفر المئوي وتساوي (331 m/sec) ، t درجة الحرارة

الأسئلة

الأسئلة:

1. كيف تتغير سرعة الصوت في اختلاف الوسط (الصلب ، السائل ، الغاز).
2. ما الغاية من وجود الماء في الانبوبه وهل يمكن استبداله بسائل اخر.
3. كيف تتغير سرعة الصوت بزيادة درجة الحرارة ولماذا.
4. هل يحدث رنين في انبوبة مفتوحة الطرفين كيف تغسر ذلك.
5. وضح المعنى الفيزياوي للرنين.
6. ماهي الموجة الواقفة.

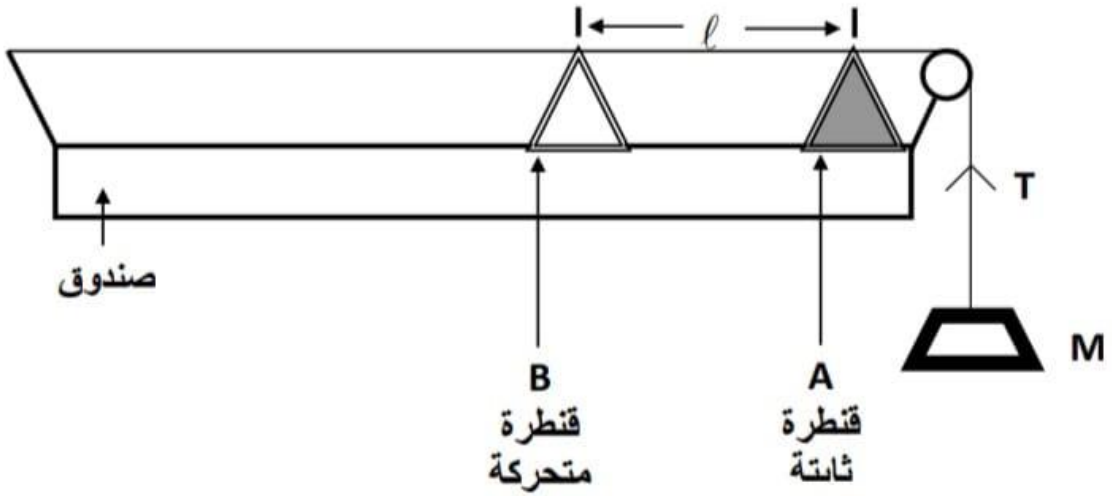
المحاضرة الرابعة

التجربة الرابعة :

إيجاد تردد شوكة رنانة مجهولة باستخدام الصونوميتر

التجربة الرابعة :
إيجاد تردد شوكة رنانة مجهولة باستخدام الصونوميتر

الأجهزة المستخدمة :- جهاز الصنوميتر ، أثقال ، شوكات رنانة ، مسطرة مترية ، بكرة.



شكل (8) يمثل جهاز الصنوميتر

شرح جهاز الصونوميتر

يتألف جهاز الصنوميتر بأبسط أشكاله من صندوق من الخشب مجوف ، طوله حوالي متر واحد فيه فتحات جانبية وعليه قنطرتان من الخشب احداهما ثابت (A) والاخر متحرك (B) ويمر فوقهما سلك معدني دقيق احد طرفي السلك مربوط بمسمار في نهاية الصندوق والطرف الاخر يمر فوق بكرة خفيفة ملساء مثبتة في النهاية الاخرى من الصندوق ومعلق في هذا الطرف من السلك ثقل يحدد مقدار قوة الشد فيه . وبتحريك القنطرة (B) يمكن تغيير طول الوتر (ℓ) وباختيار أثقال معلقة مناسبة يمكن تحديد مقدار قوة الشد (T) في السلك المعدني المستعمل . حيث ان الغرض من هذا الجهاز هو تحقيق قوانين الاوتار المهتزة باستخدام ظاهرة الرنين او ظاهرة الموجات الواقفة.

نظرية التجربة

يهتز السلك المعدني في الجهاز عندما نقرب شوكة رنانة من السلك ونحصل على حالة الرنين بين الشوكة والوتر عندما يهتز بنغمة اساسية والتي ترددها (نفس تردد الشوكة) وتتمثل هذه الحالة بالعلاقة الاتية:

$$f = \frac{1}{2\ell}\sqrt{\frac{T}{\mu}} \qquad \text{.....(1)}$$

حيث ان (T) عبارة عن الشد في السلك (الوتر).

(μ) كتلة وحدة الاطوال للوتر (gm/cm) .

(ℓ) طول الجزء المهتز من السلك بين العقد.

عند وصول الموجات الصادرة من الشوكة الى احدى النهايتين للوتر فانه تبدأ بالظهور . ان المعادلة الاساسية للحركة الموجية هي :

$$v = f\ \lambda \qquad \text{.....(2)}$$

حيث ان (v) سرعة الصوت ، (f) تردد الموجة ، (λ) طول الموجة.

اما بالنسبة للموجة المنتقلة في وتر مشدود بقوة (T) فان سرعة الموجة هي :

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \qquad \text{.....(3)}$$

حيث ان (μ) كتلة وحدة الاطوال من المعادلات (1) و (2) و (3) نجد ان :

$$f = \frac{v}{2\ell} = \frac{1}{2\ell}\sqrt{\frac{T}{\mu}} \qquad \text{.....(4)}$$

عند تربيع المعادلة (4) ينتج:

$$f^2 = \frac{1}{4\ell^2}\frac{Mg}{\mu} \quad \Longrightarrow \quad f^2 = \frac{g}{4\mu}\frac{M}{\ell^2} \qquad \text{.....(5)}$$

العمل

ضع اكبر ثقل ممكن بنهاية السلك واستخدم القنطرة المتحركة B لأجل تحديد طول السلك المتذبذب (ℓ) الذي تردده يساوي تردد الشوكة الرنانة المجهول(f) وذلك بطرق الشوكة بقطعة من المطاط ووضع نهاية الشوكة عل الصونومتر وتغيير القنطرة المتحركة إلى إن تحصل على الطول المطلوب من السلك المتذبذب ويمكن استخدام ورقة صغيرة على شكل (^) توضع وسط السلك (ℓ) لكي تساعدنا على معرفة احسن طول الذي يكون عنده السلك المتذبذب والشوكة الرنانة في حالة توافق فإذا كان هناك رنين فان الورقة تهتز اكثر ما يمكن وبعض الحالات تسقط. كرر التجربة عدة مرات بزيادة الأثقال بمقدار 0.5 kg في كل مرة وأوجد طول السلك المتذبذب دون نتائجك التي حصلت عليها كما في الجدول الآتي:

جدول البيانات والقوانين الخاصة بحسابات التجربة : لحساب تردد الشوكة المجهول

جدول (4) يمثل قراءات تجربة الصنوميتر

الثقل M (kg)	طول السلك المتذبذب ℓ (cm)			
	ℓ_1 (cm)	ℓ_2 (cm)	$\ell = \frac{\ell_1 + \ell_2}{2}$	ℓ^2 (cm)²
1.0				
1.5				
2.0				
2.5				
3.0				
3.5				
4.0				
4.5				

ارسم تخطيطاً بيانياً بين قيم M على المحور العمودي مقابل قيم ℓ^2 على المحور الأفقي.

1. ومن معرفة الميل الذي يساوي $\frac{M}{\ell^2}$.
2. يمكن استخراج قيمة التردد المجهول للشوكة الرنانة من العلاقة التالية

$$f^2 = \frac{g}{4\mu} \times \frac{M}{\ell^2} \qquad \text{.....(6)}$$

وكما في الحسابات التالية :

تكملة القوانين الخاصة بحسابات التجربة : لحساب تردد الشوكة المجهول

3. استخرج كتلة وحدة الطول (μ) لسلك الصونومتر المستخدم في التجربة وذلك بقياس معدل قطره d باستخدام المايكرومتر ومن عدة مواضع ومن معرفة كثافة مادة السلك المستخدم نجد التالي:
4. نجد كتلة وحدة الاطوال (μ) من المعادلة التالية:

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{V * \rho}{L} \quad \text{.....(7)}$$

L = طول السلك

ρ = كثافة السلك

V = حجم السلك

5. ومن المعادلة (7) نجد أن :

$$\mu = \frac{\pi\ r^2\ L \times \rho}{L} = \pi\ r^2\ \rho = \frac{\pi\ d^2\ \rho}{4} \quad \text{.....(8)}$$

حيث $A = \pi\ r^2$ هي مساحة مقطع السلك

r = نصف قطر السلك ، d = قطر السلك (2r)

6. وبالتالي نجد قيمة تردد الشوكة المجهولة (f) من المعادلة التالية:

$$f^2 = \frac{g}{4\mu} \times Slope \quad \text{.....(9)}$$

الأسئلة

1. عرف ظاهرة الرنين ، ما سبب اهتزاز السلك عندما نقربه من شوكة رنانة؟
2. ما سبب اختيار سلك رفيع في التجربة؟
3. بين مصادر الخطأ في التجربة؟
4. ما هي العوامل التي تحدد تردد الشوكة الرنانة؟
5. هل تهتز الشوكة الرنانة بتردد واحد أو أكثر؟ وضح ذلك؟
6. عند ثبوت قوة الشد في سلك معين ، ما هي العلاقة بين طول

المحاضرة الخامسة

التجربة الخامسة
عزم القصور الذاتي

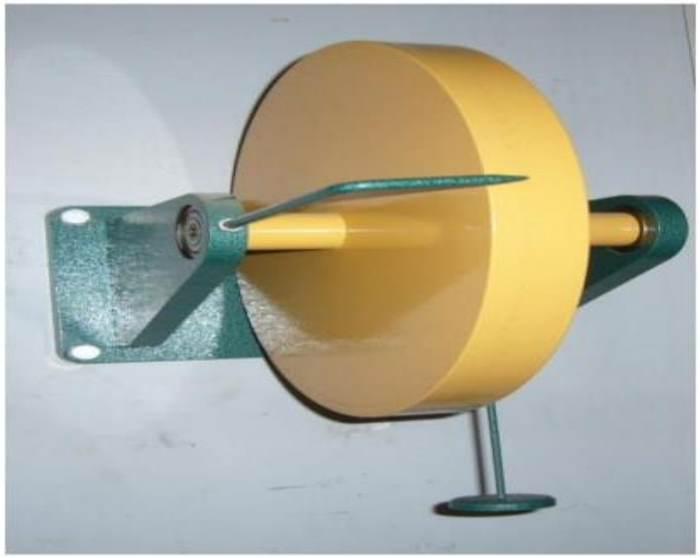
التجربة الخامسة
عزم القصور الذاتي

الغرض من التجربة:-

إيجاد عزم القصور الذاتي لعجله الموازنة عمليا ومقارنته بالقيمة النظرية

الأجهزة والأدوات المستخدمة:-

محمل جداري بمحامل كرويه و مؤشر ،حامل أثقال يزن 0.5 نيوتن ،خيط تعليق ،ساعة توقيت،قدمه قياس، مجموعه من الأثقال .



شكل يمثل عجله الموازنة

نظرية التجربة

من الشكل السابق يبين عجله موازنة معلق فيها خيط مثبت قي المحور والطرف الأخر من الخيط يتدلى ثقل ساقط، وكذلك اتجاهات القوى المؤثرة عليها و إن محصله القوى تساوي

$$Net(force) = mg - f \quad \text{.....(1)}$$

وإذا كان a يمثل التعجيل الذي يكتسبه الجسم فان

$$Ma = mg - f$$
$$f = m(g - a) \quad \text{.....(2)}$$

عند M ≈ m

وعلى شرط أن a تكون اصغر من g فان

$$F = mg \quad \text{.....(3)}$$

آما بالنسبة لعجلة الموازنة فان الإزاحة الزاوية تكون

$$\theta = 2\pi N \{rad\} \quad \text{.....(4)}$$

حيث N عدد الدورات لعجلة الموازنة

كذلك فان معدل السرعة الزاوية يساوي

$$\omega_{N_{av}} = \frac{1}{2}(0 + \omega_N) \quad \{rad/\sec\} \quad \text{.....(5)}$$

كما إن الإزاحة الزاوية ممكن أن تكون بالصيغة التالية

$$\theta = \frac{1}{2}\omega_N t \quad \text{.....(6)}$$

حيث t تمثل زمن الدورات بـsec

أما العلاقة بين السرعة الزاوية والتعجيل الزاوي فتكون

استكمال القوانين لتجربة عزم القصور الذاتي

$$\omega_N = \alpha t \qquad \text{.....(7)}$$

حيث α التعجيل الزاوي $\left(\frac{rad}{\sec^2}\right)$

وبتعويض المعادلة (7) في المعادلة (6) ينتج:

$$\theta = \frac{1}{2}\alpha t^2 \qquad \text{.....(8)}$$

وبتعويض المعادلة (4) في المعادلة (8) ينتج:

$$\alpha = \frac{2\theta}{t^2}$$

$$\alpha = \frac{4\pi N}{t^2} \qquad \text{.....(9)}$$

وحسب قانون نيوتن الثاني في الحركة ألد ورانية فان العزم المولد للتعجيل يتناسب طردياً مع التعجيل الزاوي

$$Fr \propto \alpha$$

$$Fr = I\alpha \qquad \text{.....(10)}$$

حيث أن Fr يمثل العزم المولد للتعجيل و I يمثل ثابت التناسب آو عزم القصور الذاتي

وبتعويض المعادلة (9) في المعادلة (10) ينتج:

$$I = \frac{Mgt^2 r}{4\pi N} \qquad \text{.....(11)}$$

إن ثابت التناسب (I) يسمى عزم القصور الذاتي ومن الممكن حسابه نظرياً من أبعاد وكتلة عجلة الموازنة وحسب العلاقة:

$$I = \frac{1}{2}mR^2 = \rho\pi d\frac{R^4}{2} \qquad \text{.....(12)}$$

حيث:

R = نصف قطر عجلة الموازنة (0.125 m) ، d = سمك عجلة الموازنة (3cm)

ρ = كثافة مادة العجلة و هي Kg/m^3 (7850)

خطوات العمل: -

1. ثبت حامل الأثقال في النهاية السائبة لخيط السحب ثم ثبت النهاية الثانية في النتوء الموجود على محور عجلة الموازنة مع إضافة ثقل واحد نيوتن.
2. قم بلف الخيط على محور العجلة لعدد من اللفات (8 لفة) من اتجاه سقوط وتحرر حلقة الخيط المثبتة في النتوء الموجود في المحور.
3. ثبت العلامة الموجودة على العجلة بواسطة المؤشر المثبت على محور العجلة
4. بواسطة ساعة التوقيت احسب الزمن المستغرق من بداية حركة العجلة إلى حين سقوط الثقل على الأرض وكذلك احسب عدد الدورات التي تدورها العجلة في تلك الفترة الزمنية
5. كرر النقاط (3) و (4) مرتين وخذ معدل القراءة للزمن (t).
6. كرر النقاط أعلاه مع تغيير الثقل في كل مرة وحسب الجدول أدناه.
7. رتب جدولاً يمثل قيم الزمن (t) وكذلك الثقل المستخدم واحسب معدل الزمن (t_{av}) وكذلك $\frac{1}{t_{av}^2}$ مع العلم آن الثقل المستخدم يضاف له وزن الحامل 1/2 نيوتن.

جدول بيانات التجربة

جدول يمثل قراءات تجربة عزم القصور الذاتي

الوزن Mg (N)	الزمن (t_1)	الزمن (t_2)	معدل الزمن t_{av}	التعجيل الزاوي $1/t^2_{av}$

النتائج والحسابات

1. ارسم علاقة بيانية بين قيم الوزن (Mg(F)) على المحور (Y) وقيم $\frac{1}{t_{av}^2}$ على المحور(X) وجد قيمة الميل (Slope) للعلاقة البيانية.
2. جد قيمة عزم القصور الذاتي (I) العملي من العلاقة التالية

$I = slope \frac{r}{4\pi N_o}$ $(kg.m^2)$، حيث (r) نصف قطر محور العجلة.

3. استخرج قيمة عزم القصور الذاتي النظري من المعادلة رقم (12).

أسئلة التجربة

1. ما معنى عزم القصور الذاتي وعلام ماذا يعتمد؟
2. قارن بين القيم العملية والنظرية لعزم القصور الذاتي التي حصلت عليها؟ ناقش ذلك؟
3. ناقش قيمة عزم القصور الذاتي العملية عند تغير عدد لفات الخيط
4. ماهى كمية الطاقة الكامنة (المخزونة) التي يمتلكها الثقل المعلق في عجلة الموازنة
5. ماهى مصادر الخطاء في التجربة