مذكرة تجارب الفيزياء

للمقررات 102فيز، 103فيز، 105فيز، 110فيز

1442 هـ

جامعة الملك سعود
كلية العلوم_قسم الفيزياء والفلك

المحتويات

قانون هوك _____ 2

قانون بويل _____ 4

السقوط الحر _____ 6

معامل اللزوجة _____ 8

طاولة القوى_____ 10

معامل يونج _____ 12

العربة الهوائية _____ 14

الحرارة النوعية _____ 16

مكافئ جول _____ 18

سرعة الصوت _____ 20

قانون هوك

الهدف من التجربة:

تحقيق قانون هوك وإيجاد ثابت النابض.

نظرية التجربة:

تعريف المرونة: هي ميل الأجسام للعودة إلى حالتها الأصلية بعد زوال القوى المؤثرة عليها. تصنف الأجسام من حيث مرونتها الى مرنة وهي التي تعود الى شكلها الأصلي بعد زوال القوة المؤثرة ولا تحتفظ بالتشوه مثل النابض وكرة التنس، وأجسام غير مرنة وهي التي تحتفظ بالتشوه بعد زوال القوة المؤثرة مثل الصلصال وعجينة الخبز.

نص قانون هوك: تحت حد المرونة، تتناسب الاستطالة الحاصلة للنابض طرديا مع قوة الشد المؤثرة.

من خلال العلاقة بين القوة المبذولة على نابض والاستطالة الناتجة فإن التناسب يبقى طردي. بشرط ألا تتجاوز القوة المطبقة حد المرونة (هي القوة التي عندها لا يعود الزنبرك إلى طوله الأصلي بعد زوال القوة المؤثرة عليه)

تتناسب قوة النابض (N) مع مقدار الإزاحة (m)

$$F_s \alpha \Delta l$$

أضاف هوك ثابت التناسب k لتحويل التناسب الى قانون كالتالي:

$$(1) \qquad F= - k \Delta l$$

يسمى الثابت k بثابت النابض أو ثابت هوك ووحدته يمكن استنتاجها من القانون مباشرتا (N/m). وتفسر إشارة السالب بأنها قوة إرجاع النابض باتجاه الأعلى المعاكسة لقوة الشد الناتجة عن تعليق كتلة (Kg) في النابض المعلق عموديا إلى أسفل، وفي هذه الحالة يكون النابض في توازن تحت تأثير قوتين متساويتين بالمقدار ومتعاكستين في الاتجاه وزن الجسم للأسفل F_1 وقوة إرجاع النابض للأعلى F_2 محصلتهما تساوي الصفر:

$$mg - k\,\Delta l = 0 \quad \leftarrow \quad F_1 + F_2 = 0$$

من المعادلة الأخيرة نستنتج أن: $mg = k\,\Delta l$

$$\textbf{(2)} \qquad \Delta \boldsymbol{\ell} = \frac{\boldsymbol{g}}{\boldsymbol{k}}\, \boldsymbol{m}$$

تمثل العلاقة (2) معادلة خط مستقيم، وبرسم العلاقة بين $\Delta \ell$ على محور y و m على محور x يمكن حساب الميل الذي يساوي $\Delta \ell / \Delta m$ ويكافئ الميل:

$$slope = g / k$$

ومنه نجد قيمة ثابت النابض بالصيغة التالية:

$$(3) \qquad k = g/slope$$

قانون بويل

الهدف من التجربة:

- تحقيق قانون بويل للغازات.
- قياس الضغط الجوي في المختبر.

نظرية التجربة:

الضغط الجوي هو وزن عمود من الهواء مقطعه العرضي هو وحدة المساحات، وارتفاعه من الأرض حتى نهاية الغلاف الجوي. أو هو وزن عمود رفيع من الزئبق مساحة مقطعه وحدة المساحات وارتفاعه 76 cm زئبق عند سطح البحر. وكلما ارتفعنا عن سطح البحر كلما قلَّ الضغط الجوي. والعكس صحيح.

تخضع حركة جزيئات الغازات لما يسمي بقانون الغازات العام الذي يعبر عن العلاقة بين الكميات الفيزيائية الثلاث الحجم، الضغط ودرجة الحرارة. ويختص قانون بويل بدراسة العلاقة بين حجم الغاز وضغطه عند ثبوت درجة الحرارة وينص على ما يلي:

قانون بويل: عند ثبوت درجة الحرارة، يتناسب حجم الغاز المحصور عكسيا مع ضغطه.

بحيث أنه مهما تغير الضغط والحجم فإن حاصل ضربهما ثابت: $PV = C$

ولإثبات صحة قانون بويل، ندرس العلاقة بين ضغط الغاز المحصور وحجم أنبوبة الغاز، حيث تمثل المعادلة (1) ضغط الغاز المحصورP ويكافئ الضغط الجوي P_o مضاف له ضغط عمود الزئبق h ووحدته (cmHg):

$$(1)\ P = h + P_o$$

وأما حجم الغاز المحصور فيعبر عنه بقانون حجم الأسطوانة (2)، علما بأن المتغير الوحيد به هو طول عمود الغاز l ووحدته (cm):

$$(2)\ V = \pi r^2 . l$$

وتعويض المعادلة (1) والمعادلة (2) في قانون بويل $P = C/V$ نصل للعلاقة التالية:

$$\mathbf{(3)}\ \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{l}} = \boldsymbol{Dh} + \boldsymbol{DP_o}$$

حيث D ثابت يمثل $C/\pi r^2$. نستخدم لهذه الدراسة أنبوب على شكل حرف U مفتوح من طرف ومغلق من الطرف الاخر، يكون h فرق ارتفاع الزئبق بين الأنبوبين (ويمثل فرق الضغط) (cm Hg) l ارتفاع الهواء المحصور في الأنبوب المغلق (cm).

تمثل العلاقة (3) معادلة خط مستقيم وبرسم $\frac{1}{l}$ على محور y وh على محور x نحصل على خط مستقيم يقطع محور y الموجب في نقطة. وبحساب الميل $\Delta(1/l)$ / Δh وتحديد المقطع الصادي من الرسم البياني، نوجد قيمة الضغط الجوي في المختبر ويكون بوحدة (cmHg) من العلاقة:

$$P_0 = \frac{y-intercept}{slope}$$

السقوط الحر

الهدف من التجربة:

إيجاد تسارع الجاذبية الأرضية بطريقة السقوط الحر.

نظرية التجربة:

بدأت قصة السقوط الحر عندما سقطت التفاحة على رأس نيوتن فهي لم تسقط جانبا ولا الى الأعلى إنما نحو مركز الأرض واستنتج نيوتن أن سقوطها نحو الأرض سببه جذب الأرض لها ومن هنا أدخل نيوتن مفهوم الجاذبية الأرضية، فكل الأجسام مهما اختلفت كتلتها أو حجمها أو نوعها تصل الى الأرض في نفس اللحظة عندما تسقط من الارتفاع نفسه في حال عدم وجود الهواء (في الفراغ) ولكن تأثير مقاومة الهواء وقوة دفع الهواء إلى أعلى بسبب أن الهواء (الغازات بشكل عام) تضغط في جميع الاتجاهات.

عندما يسقط الجسم سقوطاً حراً، فإنه يسقط بحركة متسارعة بانتظام (تسارع ثابت) نتيجة قوة الجاذبية الأرضية ويسمي هذا التسارع بتسارع الجاذبية الأرضية. ويساوي تقريبا $9.8\ m/s^2$ وهذا يعني أن سرعة الجسم تزداد كل ثانية بمقدار $9.8\ m/s$ وتوصف حركة سقوط الأجسام تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية بالمعادلة التالية:

$$S= v_0\, t + 1/2\, g\, t^2 \qquad (1)$$

وعندما يكون السقوط حراً فإن الجسم ينطلق من السكون بسرعة ابتدائية تساوي الصف $v_0 = 0$ تصبح المعادلة:

$$S= 1/2\ g\ t^2 \quad (2)$$

وبالتالي فإن تسارع الجاذبية:

$$\boldsymbol{t^2 = \frac{2}{g} S} \quad \textbf{(3)}$$

وهذه معادلة خط مستقيم يمر بأصل المحورين، (عندما S = 0 فإن t = 0).

تمثل العلاقة (3) معادلة خط مستقيم وعند رسم S على محور x وt^2 على محمور y وحساب الميل الذي قيمته تساوي $\Delta t^2 / \Delta S$ فإنه يمكن إيجاد تسارع الجاذبية الأرضة بالعلاقة التالية:

$$slope = 2/g$$

وبالتالي تسارع الجاذبية الأرضية يصبح:

$$g = 2 / slope$$

معامل اللزوجة

الهدف من التجربة:

إيجاد قيمة معامل اللزوجة (η) سائل شفاف لزج بطريقة ستوكس.

نظرية التجربة:

تخضع الكرة التي تسقط داخل السائل الى ثلاث قوى:

1- وزن الجسم (ثقله) أو قوة جذب الأرض باتجاهه الأسفل:

$$(1) \quad F_1 = m_s g = \rho_s \, \mathrm{V} \, g$$

2- قوة دفع السائل (وزن السائل المزاح) حسب قاعدة أرخميدس باتجاه الأعلى:

$$(2) \quad F_2 = m_l g = \rho_l \mathrm{V} \, g$$

3- قوة الاحتكاك الناتجة عن لزوجة السائل وهي دائما بعكس الحركة وهي هنا الى أعلى.

$$(3) \quad F_3 = 6 \, \eta \, \pi \, r \, v$$

وبحسب ستوكس تصل الكرة إلى سرعة منتظمة بعد قطعها في السائل مسافة معينة بحدود 10 cm وتصبح في حالة توازن حركي وبالتالي تكون محصلة القوى تساوي صفر:

$$F_1 = F_2 + F_3$$

وبالتعويض عن القوى الثلاث كل منها بقيمتها، وتعويض قيمة حجم الكرة $V = \frac{4}{3} \, \pi \, r^3$ ثم حل المعادلة بالنسبة لمعامل اللزوجة يصبح لدينا:

$$\textbf{(4)} \quad \boldsymbol{\eta = \frac{2}{9}\frac{r^2}{v}\, g\,(\rho_s - \rho_l)}$$

η: معامل اللزوجة (Pa. s)، ρ_s : كثافة مادة الكرة ($kg/\ m^3$)، ρ_l : كثافة مادة السائل ($kg/\ m^3$)

v : سرعة الكرة في السائل ($m/\ s$)، r: نصف قطر الكرة (m)، g: تسارع الجاذبية ($m/\ s^2$).

وبالتمثيل البياني بين r^2 على محور x و v على محور y يصبح لدينا معادلة خط مستقيم ميله يساوي $\Delta v / \Delta r^2$ ومنه يمكن حساب معامل اللزوجة من المعادلة:

$$\eta = \frac{2}{9}\left(\frac{1}{slope}\right) g\,(\rho_s - \rho_l)$$

ملاحظة مهمة: وجد أن لزوجة السوائل تقل بزيادة درجة الحرارة وبعكسها الغازات التي تزداد لزوجتها بزيادة درجة الحرارة.

طاولة القوى

الهدف من التجربة:

تعيين محصلة قوتين مقداراً واتجاهاً بثلاث طريق عملية وبيانية وتحليلية.

نظرية التجربة:

أ ـ الطريقة العملية: وذلك عن طريق استعمال طاولة القوى وهي عبارة عن قرص مدرج 360 درجة له مركز تعلق عليه قوتان كل منهما قيمتها واتجاهها (زاويتها مع صفر القرص) معروفة. وعن طريق إيجاد قوة ثالثة موازنة بحيث يصبح مركز الحلقة منطبقا على مركز القرص، وبالتالي تكون المحصلة مساوية للقوة الثالثة بالمقدار ومتعاكسة معها بالاتجاه.

$$R = F_3 \quad , \qquad \theta_R = \theta_3 - 180 - \theta_1$$

ب ـ الطريقة البيانية: وذلك عن طريق تعيين مقياس رسم مناسب (بحيث لا يكون الرسم صغير بالنسبة للورقة التي نرسم عليها ولا كبير أكبر من ورقة الرسم) بحيث يعبر كل سنتيمتر في الرسم عن مقدار قوة معينة يتناسب مع القوى المعطاة (مثلا $1\ cm = 25\ gw$) ثم نقسم قيمة كل قوة على مقياس الرسم لنحصل على طول كل منهما بالسنتيمتر وبعد ذلك نقوم برسم القوة الأولى بزاويتها عن الأفقي (باستخدام المنقلة) ككمية متجهه ونرسم سهماً يعبر طوله عن مقدار القوة وزاويته عن اتجاهها، وبعدها نرسم القوة الثانية من نهاية السهم الذي يمثل القوة الأولي بنفس الطريقة بحيث نحدد زاويتها على خط أفقي ونرسم سهماً يعبر طوله عن مقدار القوة الثانية وزاويته عن اتجاهها، وبعد ذلك نقوم بالتوصيل بين بداية القوة الأولى ونهاية القوة الثانية بسهم ثالث، طول هذا السهم يساوي مقدار القوة المحصلة بوحدة السنتيمتر ثم بضرب النتيجة بمقياس الرسم للحصول على قيمة المحصلة بالوحدة الأصلية للمعطيات. أما زاوية المحصلة فنقيسها بالمنقلة مع اتجاه القوة الأولى ونسجل النتائج في جدول يلخص نتائج الطرق الثلاث لمقارنتها.

ج ـ الطريقة التحليلية: وهي الطريقة الحسابية باستخدام القوانين الخاصة بالمتجهات وبمعرفة مقدار القوة الأولى F_1 ومقدار القوة الثانية F_2 وزاوية كل منهما θ_1 و θ_2 ومعرفة الزاوية بين القوتين (θ) ،

$$\theta = \theta_2 - \theta_1$$

نحسب مقدار المحصلة R بالعلاقة:

$$\boldsymbol{R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta}}$$

حيث F_1 هي القوة الأولى (gw) وF_2 هي القوة الثانية (gw). ولمعرفة اتجاه المحصلة تحسب زاوية المحصلة θ_R مع إتجاه القوة الأولي من العلاقة:

$$\boldsymbol{\theta_R = tan^{-1}\left[\frac{F_2\sin\theta}{F_1 + F_2\cos\theta}\right]}$$

معامل يونج

الغرض من التجربة:

1. تعيين معامل يونج لسلك معدني بطريقة سريل.

ملخص النظرية:

ندرس في هذه التجربة خاصية مرونة المادة وتحديدا استطالة الأسلاك تحت تأثير قوة الشد مع الانتباه الى أن الاستطالة هنا صغيرة جدا لا يمكن قياسها بالمسطرة لذلك يستخدم المايكرومتر لقياسها.

اكتشف العالم يونج أن النسبة بين الإجهاد إلى الانفعال للمادة المرنة تساوي دائما مقدار ثابتا للمادة يتعلق بنوع المادة، ويسمى ثابت التناسب بمعامل يونج Y.

$$Y = \frac{\text{الإجهاد}}{\text{الإنفعال}}$$

تعريف الإجهاد: هو القوة المؤثرة عموديا على وحدة المساحات وحدته (N/m^2).

تعريف الانفعال: هو مقدار الاستطالة الحاصلة لوحدة الطول من السلك، ليس له وحدة.

تعريف معامل يونغ: هو الإجهاد الحاصل لوحدة الانفعال وحدته هي وحدة الإجهاد (لماذا؟). يسمى ثابت التناسب بمعامل يونج الذي وحدته تساوي وحدة الإجهاد لأن الانفعال ليس له وحدة.

$$Y = \frac{F/A}{\Delta l/L_o} = \frac{F\ L_o}{\Delta l\ \ A}$$

$$\boldsymbol{Y = \frac{mg\ L_o}{\Delta l\ \pi r^2}}$$

Y: معامل يونج (N/m^2).

F: القوة المطبقة على السلك المرن (N).

A: مساحة مقطع السلك (m^2).

Δl: التغير في طول السلك (m).

L_o: طول السلك الأصلي (m).

m: الكتلة المعلقة (kg).

r: نصف قطر مقطع السلك (m).

عند رسم العلاقة بين Δl على المحور y وm على المحور x نحصل عل خط مستقيم يمر بأصل المحورين لأنه منطقياً عندما لا يوجد كتلة معلقة لا يوجد استطالة وبحساب الميل الذي يمثلΔl / Δm يمكننا حساب معامل يونغ من المعادلة:

$$Y = \frac{gL_o}{\pi r^2 \cdot Slope}$$

حيث g عجلة الجاذبية الأرضية = 9.8 m/s^2

العربة الهوائية

الهدف من التجربة:

1) إيجاد مردود الطاقة من خلال تحويل الشغل المبذول بفعل الجاذبية الى طاقة حركية.
2) إيجاد النسبة المئوية للطاقة المفقودة.

نظرية التجربة:

يتم ربط عربة يمكنها التحرك على سكة مثقبة بخيط يربط طرفه الاخر بكتلة معلقة على بكرة، عند ترك العربة حرة الحركة تقوم الكتلة المعلقة بشغل بفعل قوة الجاذبية الأرضية فتنطلق العربة من السكون وتتسارع مكتسبتا بذلك طاقة حركية. ويمكن تخفيف قوة الاحتكاك من خلال ضخ الهواء في ثقوب السكة التي تسير عليها العربة ومن هنا أتى اسم العربة الهوائية.

القوانين المستخدمة:

$$W=F.s \quad ، \quad \mathbf{W=mgs}$$

حيث W الشغل المبذول بوحدة الجول (J) وF هي القوة المبذولة على الكتلة المعلقة بوحدة نيوتن (N) و s هي الازاحة التي تقطعها العربة بوحدة (m) وm هي الكتلة المعلقة على البكرة (Kg) والتي تنتج الشغل وg تسارع الجاذبية الأرضية ($9.8\ m/s^2$).

هل يتحول الشغل المبذول الناتج عن سقوط الكتلة بالكامل الى طاقة حركية للعربة؟

تحسب الطاقة الحركية التي تكتسبها العربة بالعلاقة:

$$\boldsymbol{KE = \frac{1}{2}Mv^2}$$

حيث KE الطاقة الحركية بوحدة الجول (J) وM كتلة العربة بوحدة (kg) وv هي السرعة النهائية للعربة بوحدة (m/s).

لإيجاد السرعة النهائية للعربة نستخدم قانون الازاحة وهو:

$$v_{avg} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

وتعطى السرعة المتوسطة بالعلاقة:

$$v_{avg} = \frac{v_0 + v}{2}$$

وبما أن السرعة الابتدائية تساوي الصفر فإن السرعة النهائية

$$.v = \frac{2s}{t}$$

لحساب مردود الطاقة والنسبة المئوية للطاقة المفقودة نرسم العلاقة بين الشغل المبذول W على المحور x والطاقة الحركية KE على المحور Y فنحصل على خط مستقيم يمر بأصل المحورين (لماذا؟) قيمة ميله (مستحيل أن تكون أكبر من 1 ولا حتى 1 بل دائما أقل من 1 (لماذا؟) هذه القيمة تساوي مردود الطاقة:

$$slope = \frac{\Delta KE}{\Delta W}$$

بمكن إيجاد النسبة المئوية للطاقة المفقودة من العلاقة:

$$\boldsymbol{lost\ energy\ percentage\ \% = (1 - slope) \times 100\%}$$

الحرارة النوعية

الغرض من التجربة:

إيجاد الحرارة النوعية لكرة صلبة باستخدام المسعر.

ملخص النظرية:

تعريف الحرارة النوعية: هي كمية الحرارة اللازمة لزيادة درجة حرارة وحدة الكتلة من المادة بمقدار درجة مئوية واحدة، ووحدة قياسها J/Kg K. يمكن حساب كمية الحرارة ΔQ التي يكتسبها أو يفقدها جسم كتلته (m) وحرارته النوعية (C) عند تغير درجة حرارته بمقدار (ΔT) بالعلاقة التالية:

$$Q = mC\Delta T \quad (1)$$

إن إيجاد الحرارة النوعية لكرة صلبة يعتمد على مبدأ التوازن الحراري لجملة أجسام معزولة عن الوسط المحيط والذي ينص عل مايلي: كمية الحرارة المفقودة من الجسم الحار تساوي كمية الحرارة المكتسبة للجسم البارد. في حالة التجربة هذه الجسم الحار هو الكرة التي سنسخنها الى الدرجة T_2 (هي التي ستفقد طاقة حرارية) ثم نغمرها في مسعر يحتوي كمية من الماء درجة حرارتهما T_1 (بما أن المسعر معزول فإن الماء والمسعر معا هما فقط اللذان سيكتسبان الطاقة التي فقدتها الكرة) حيث تنخفض درجة حرارة الكرة تدريجيا وترتفع درجة حرارة المسعر والماء تدريجيا حتى نصل الى درجة حرارة التوازن الحراري T_f. وعندها نستطيع تطبيق مبدأ التوازن كمايلي:

$$\Delta Q_b = \Delta Q_w + \Delta Q_c \qquad (2)$$

ومن المعادلة (1) يمكن إعادة كتابة المعادلة (2) على الشكل التالي:

$$m_b C_b (T_2 - T_f) = m_w C_w (T_f - T_1) + m_c C_c (T_f - T_1) \qquad (3)$$

حيث:

m_w: كتلة الماء (Kg).

C_w: الحرارة النوعية للماء (J/Kg K)

m_c: كتلة المسعر (Kg).

C_c: الحرارة النوعية للمسعر (J/Kg K)

m_b: كتلة الكرة (Kg).

C_b: الحرارة النوعية للكرة (J/Kg K)

T_f: درجة الحرارة النهائية للنظام بعد الخلط. (^oC)

T_1: درجة الحرارة الابتدائية للماء والمسعر (^oC).

T_2: درجة حرارة الكرة بعد التسخين (^oC).

ولإيجاد الحرارة النوعية للكرة، نعيد ترتيب المعادلة (3) لنحصل على الصيغة النهائية التالية:

$$\boldsymbol{C_b = \frac{(m_w C_w + m_c C_c)(T_f - T_1)}{m_b(T_2 - T_f)}} \qquad (\mathbf{4})$$

مكافئ جول

الغرض من التجربة:

تعيين قيمة (مكافئ جول) باستخدام مبدأ حفظ الطاقة

ملخص النظرية:

تقاس الطاقة بجميع أنواعها (ميكانيكية، كهربائية، كيميائية، حرارية، ...) بوحدة الجول بأجزائها ومضاعفاتها أما الطاقة الحرارية فالإضافة الى قياسها بوحدة الجول تقاس بوحدة السعر الحراري الكالوري (cal) وهي ليست من مضاعفات ولا من أجزاء الجول، ولمعرفة العلاقة بين الجول والكالوري (السعر) قام جول بتجربته الشهيرة بأن يحول الطاقة الكهربائية المقاسة بوحدة الجول الى طاقة حرارية يقيسها بوحدة السعر.

يستخدم المسعر في التجربة لجعل الجملة معزولة لكي يضمن أن كل الطاقة الكهربائية تحولت الى طاقة حرارية وليس هناك تسرب للطاقة) وبالتالي مكافئ جول يمثل نسبة الطاقة الكهربائية المطبقة المستخدمة في التسخين بوحدة الجول الى الطاقة الحرارية الناتجة عنها بوحدة السعر.

$$J = \frac{W}{Q}$$

بتوليد طاقة كهربائية من خلال تطبيق فرق الجهد V على طرفي مقاومة (ملف التسخين) وذلك بمرور تيار كهربائي شدته I خلال فترة زمنية t فإن الطاقة الكهربائية المبذولة على السلك تعطى بالعلاقة التالية تساوي

$$W = IVt$$

وهذه الطاقة ستعمل على تسخين كل من الملف نفسه والمحرك والماء والمسعر ولكون النظام معزول يمكن اعتبار أن الطاقة الكهربائية تحولت بالكامل إلى طاقة حرارية.

$$Q = Q_w + Q_C + (Q_{\text{ملف}} + Q_{\text{محرك}})$$

$$Q = m_w C_w \Delta T + M_C \Delta T + M_S \Delta T$$

حيث:

m_w: كتلة الماء (g)

C_w: الحرارة النوعية للماء(Cal/g.c)

M_c: المكافئ المائي للمسعر (Cal/c)

M_s: المكافئ المائي للمحرك والملف (Cal/c)

ΔT: التغير في درجة الحرارة (c).

ومن المعادلات السابقة نجد أن مكافئ جول (J) يساوي:

$$\boldsymbol{J = \frac{IVt}{(m_w C_w + M_c + M_s)(T_f - T_i)}} \quad \mathbf{(3)}$$

حيث: T_f درجة الحرارة النهائية للنظام (^oC) وT_i درجة الحرارة الابتدائية للنظام (^oC).

ملاحظة: قيمة مكافئ جول تقريباً (4.18 J/cal) وهذا يعني أن: 1 **C**al = 1 kcal = 4.18 kJ

سرعة الصوت

الغرض من التجربة:

1. دراسة ظاهرة الرنين في الأعمدة الهوائية المغلقة.
2. إيجاد سرعة الصوت في الهواء عند درجة حرارة المعمل.
3. معرفة العلاقة بين سرعة الصوت ودرجة حرارة المعمل.

ملخص النظرية:

ظاهرة الرنين: هي ظاهرة اهتزاز جسم قابل للاهتزاز متأثرا بجسم آخر مهتز وبنفس التردد، يمكن حساب سرعة انتشار الموجات v التي طولها الموجي λ وترددها f من المعادلة التالية:

$$v = \lambda f \qquad (1)$$

فعند اقتراب شوكة رنانة مهتزة ترددها f من طرف أنبوبة هوائية مغلقة من طرفها السفلي بالماء وتحريك الأنبوبة بحيث يتغير طول عمود الهواء فوق سطح الماء فإننا نحصل على أوضح صوت عندما يحدث الرنين (أي عندما يهتز عمود الهواء بنفس تردد اهتزاز الشوكة الرنانة).

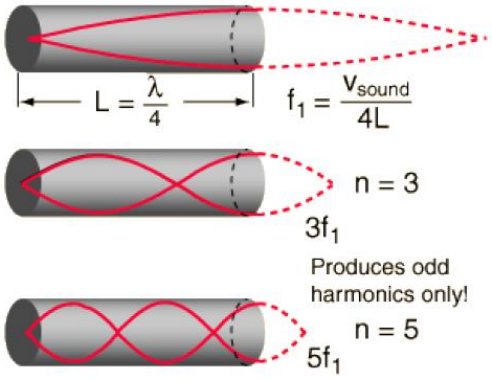
عند حدوث الرنين تتشكل في الأعمدة الهوائية المغلقة موجات تعرف بالموجات الموقوفة الساكنة نتيجة تداخل الموجات اللاحقة الصادرة مع الموجات السابقة المنعكسة. إن الموجات الموقوفة الساكنة تحتوي على عقد (هي الأماكن التي تكون عندها سعة الاهتزاز أقل ما يمكن) وبطون (هي الأماكن التي تكون عندها سعة الاهتزاز أكبر ما يمكن) بحيث يتشكل عند الطرف المغلق عقدة وعند الطرف المفتوح بطن مفتوح وبالتالي يحصل الرنين الأساسي أول رنين عندما يكون طول عمود الهواء (طول الرنين L) مساوياً لربع طول الموجة:

$$L = \frac{\lambda}{4} \qquad (2)$$

بينما تحدث النغمات التوافقية الأخرى عندما يكون طول الرنين مساوياً لعدد فردي من ربع الطول الموجي $L = n \frac{\lambda}{4}$ حيث: $n = 1,3,5,\ldots$

وبتعويض الطول الموجي من المعادلة (1) في العلاقة (2) للرنين الأساسي:

$$L = \frac{v}{4f} \quad (3)$$



في الواقع أن طول الأنبوبة l ووحدته (cm) ينقصه مقدار التصحيح Δl ليساوي طول الرنين L حيث تكون أكبر سعة لبطن الموجة عند الرنين خارج فوهة الأنبوبة:

$$l = L - \Delta l \quad (4)$$

ووجد أن مقدار التصحيح هذا Δl يعتمد على نصف قطر الأنبوبة r ويساوي:

$$\Delta l = 0.6\, r$$

بتعويض المعادلة (3) في المعادلة (4) نصل إلى العلاقة التالية:

$$\boldsymbol{l = \frac{v}{4}\frac{1}{f} - 0.6\, r} \quad \boldsymbol{(5)}$$

l: طول الأنبوبة (cm)

v: سرعة الصوت في المعمل (m/s)

f: تردد الشوكة الرنانة (s^{-1})

r: نصف قطر الأنبوبة (cm)

تمثل العلاقة (5) معادلة خط مستقيم ومن خلال تمثيل المعادلة بيانيا بحيث يكون 1/f على محور x و l على محورy، يمكن إيجاد الميل الذي يساوي $\Delta l / \Delta(1/f)$ ويكافئ بالمعادلة (5):

$$slope = v/4$$

إذا فإن سرعة الصوت بالمعمل تساوي:

$$v = 4\ slope$$

كما يمكن حساب سرعة الصوت نظريا من العلاقة التي تربط بين سرعة الصوت عند درجة حرارة معينة v_T (T) ودرجة الحرارة المعمل وهي:

$$\mathbf{v_T = v_o + 0.6T} \qquad \mathbf{(6)}$$

حيث v_o سرعة الصوت في الهواء عند درجة الصفر المئوي وتساوي 331 m/s.

ملاحظات مهمة:

1. إن عدم مرور الخط المستقيم بنقطة الأصل عند رسم العلاقة بين مقلوب التردد 1/f وأطوال الأعمدة الهوائية في حالة الرنين سببه هو مقدار التصحيح 0.6r.

2. من العلاقة (6) نجد أن سرعة الصوت تزداد بمقدار0.6 كلما زادت درجة الحرارة درجة مئوية واحدة.