مدونة المناهج السعودية

https://eduschool40.blog

الموقع التعليمي لجميع المراحل الدراسية

في المملكة العربية السعودية

الوحـدة الرابـعة

النغمات الصوتية والرنين

مميزات النغمات الصوتية:

النغمة الصوتية هي كل صوت له تردد محدد.

فهل الصوت الخارج من دق الطبول مثل الخارج من جرس المدرسة مثل الصوت الخارج من زئير الأسد لاشك أن هناك اختلاف في النغمات الصوتية نتيجة اختلافها في الأوجه التالية:

أولاً: درجة الصوت

بعض النغمات الصوتية تكون غليظة مثل صوت الطبول وصوت الرجال وزئير الأسد لأن ترددها منخفض.

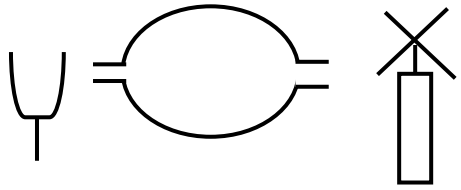
أما الأصوات الحادة فتكون عالية التردد مثل صوت النساء والأطفال ومواء القطة.

∴ **درجة الصوت:** هي خاصية النغمة التي تميز بها الأذن بين صوتين من حيث الحدة أو الغلظة.

∴ تتوقف درجة الصوت على التردد

ثانياً: شدة الصوت

سبق أن عرفنا أن الصوت ينشأ عن طاقة (شغل ميكانيكي) وينتقل خلال الوسط بنفس الطاقة ويمكن إثبات ذلك بالتجربة كالآتي:



1. عند وضع شوكة رنانة مهتزة عند الفوهة الضيق لإناء كروي من الزجاج.
2. إذا وضعنا مروحة ورقية خفيفة عند الفوهة المتسعة.

نلاحظ أن: المروحة تدور والسبب هو انتقال الطاقة من اهتزاز الشوكة خلال الهواء داخل الإناء الأسطواني ليدير المروحة.

∴ موجات الصوت هي طاقة ميكانيكية

شـدة الصوت : هي خاصية النغمة التي تميز بها الأذن بين صوتين من حيث القوة والضعف.

فمثـــلاً: عندما تنادي على شخص بعيداً عنك فأنك ترفع من شدة صوتك.

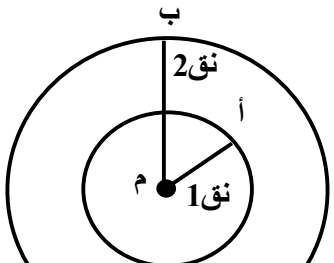
شدة الصوت عند نقطة: هي مقدار الطاقة الصوتية التي تعبر عمودياً وحدة المساحات حول نقطة ما.

العوامل التي تتوقف عليها شدة الصوت عند نقطة:

1) المسافة بين مصدر الصوت والسامع :

إذا كنت قريباً من مصدر الصوت فأنك تسمعه قوياً والعكس عندما تكون بعيداً عنه ويمكن إيجاد العلاقة كالآتي:

نفرض كرتين نصفا قطريهما نق 1 ، نق 2 وفي المركز مصدر الصوت الذي يصدر كمية من الطاقة في 1ث في جميع الاتجاهات.



∴ شدة الصوت على سطح الكرة الصغرى س$_1$

ش$_1$ = $\frac{\text{الطاقة الصوتية في الثانية}}{\text{مساحة سطح الكرة}} = \frac{\text{طا}}{4\pi \text{ نق}_1^2}$

ش$_2$ = $\frac{\text{طا}}{4\pi \text{نق}_2^2}$ بقسمة كل منهما على الآخر.

∴ $\frac{\text{ش}_1}{\text{ش}_2} = \frac{\text{نق}_2^2}{\text{نق}_1^2}$ ⇐ $\boxed{\frac{\text{ف}_2^2}{\text{ف}_1^2} = \frac{\text{ش}_1}{\text{ش}_2}}$ حيث ف$_1$ = نق$_1$ف$_2$ = نق$_2$

∴ $\boxed{\text{ش} \propto \frac{1}{\text{ف}^2}}$

قانون التربيع العكسي في الصوت: شدة الصوت تتناسب عكسياً مع مربع المسافة بين المصدر والسامع.

∴ شدة الصوت عند نقطة تزداد كلما اقتربت المسافة من المصدر وتقل كلما ابتعدت المسافة عن المصدر.

2) كثافة الوسط الناقل للصوت:

كلما زادت كثافة الوسط زادت شدة الصوت فمثلاً عند وضع جرس كهربي في ناقوس له هواء نسمع الصوت ولكن عند وضع غاز ثاني أكسيد الكربون الذي كثافته أعلى يقوي الصوت بعكس إذا وضعنا غاز الهيدروجين فإنها تقل الشدة أما إذا فرغنا الهواء فلا تسمع شيء.

ملاحظة: إذا كان الوسط الناقل صلباً نسمع الأصوات بوضوح عن السائل عن الغاز ويرجع ذلك لكبر كثافة الصلب عن السائل عن الغاز.

3) سعة اهتزازة المصدر:

إذا طرقنا شوكة رنانة أو جذبنا وتراً من منتصفة بقوة بسيطة فإن الصوت الصادر من كل منها له تردد معين ونسمع صوتاً ضعيفاً.

ولكن إذا عدنا التجربة مع طرق الشوكة بقوة أكبر وكذلك جذب الوتر من منتصفة بقوة أكبر من الأولى صدر منهما صوتاً أقوى من الأول.

∴ كلما زادت سعة الاهتزازة زادت طاقة حركة جزيئات الوسط المهتزة زادت شدة الصوت في نقطة معينة من الحيز المحيط بمصدر الصوت. ويكن إيجاد العلاقة من:

∴ المسافة = السرعة × الزمن

سعة الاهتزازة تتناسب طردياً مع "ع"

ولكن الطاقة الصوتية = $\frac{1}{2}$ ك ع^2 ، حيث أن ك ثابتة.

∴ شدة الصوت تتناسب طردياً مع مربع سعة الاهتزازة.

4) مساحة السطح المهتز:

تجربة:

أطرق شوكة رنانة وأستمع إلى صوتها ثم أطرق الشوكة ثانية وضع قاعدتها على سطح طاولة واستمع إلى صوتها تلاحظ أن الصوت في الحالة الثانية أقوى ويرجع ذلك لأنه في الحالة الأولى يؤثر الجسم المهتز على جزيئات الهواء المجاورة له فقط بينما في الحالة الثانية يؤثر الجسم المهتز على سطح الطاولة الملامسة لعدد أكبر من جزيئات الهواء فيزداد معدل انتشار الطاقة الصوتية.

∴ كلما زادت مساحة السطح المهتز تزداد شدة الصوت.

قياس شدة الصوت:

شدة الصوت هي الطاقة الصوتية التي تمر عمودياً خلال 1م^2 في 1ث.

$$\therefore \text{شدة الصوت} = \frac{\text{الطاقة}}{\text{الزمن} \times \text{المساحة}} = \frac{\text{القدرة}}{\text{المساحة}} \quad \text{وات/م}^2$$

ولكن هناك وحدات أصغر وهي ميكروات/م^2 حيث ميكروات= 10^{-6} وات وأدنى شدة صوت مسموع هو 10^{-6} ميكروات /م^2 = 10^{-12} وات/م^2.

وقيست شدة الأصوات بالنسبة لها.

الشدة النسبية للصوت: هي النسبة بين شدة الصوت المطلوب وشدة أدنى صوت مسموع.

$$\text{الشدة النسبية} = \frac{\text{شدة الصوت المطلوب}}{\text{شدة أدنى صوت مسموع}}$$

فمثلاً: إذا كانت شدة صوت محرك سيارة 10^{-1} ميكروات /م^2.

$$\therefore \text{الشدة النسبية} = \frac{10^{-1}}{10^{-6}} = 10^5$$

وهو عدد كبير نسبياً ولجأ العلماء إلى أخذ لوغاريتم الطاقة الصوتية وسمي (البل).

البل: هو لوغاريتم الشدة النسبية للطاقة الصوتية.

∴ درجة ارتفاع صوت محرك السيارة = لو 10^5 = 5 بل.

وهو يساوي 50 ديسي بل حيث **البل = 10 ديسي بل**

- ما معنى قولنا أن النسبة بين شدة صوت الحديث العادي وأدنى حد للصوت المسموع 70ديسي بل.

معنى ذلك أن $\frac{\text{شدة الصوت العادي}}{\text{أدنى صوت مسموع}} = 10^7$

الصوت	شدة الصوت	منسوب شدة الصوت	
أقل حد مسموع للصوت	10^{-6} ميكروات /م^2	صفر بل	صفر ديسيبل
الحديث العادي	10 ميكروات/م^2	5 بل	50 ديسيبل
بداية حد لا يلاءم للأذن البشرية	10^7 ميكروات/م^2	13 بل	130 ديسيبل

مثـــال: مذياع يصدر صوتاً قدرته 6 ×10^4 ميكروات أدير المفتاح فزادت قدرته إلى 6×10^6 ميكروات، أحسب الشدة النسبية للصوتين بالديسي بل.

الحل:

$$\text{الشدة النسبية} = \frac{6\times10^6}{6\times10^4} = 10^2 = 2 \text{ بل} = 20 \text{ ديسي بل.}$$

ثالثاً: نوع الصوت

هي خاصية تميز بها الأذن بين صوتين متفقين في الدرجة والشدة ولكن مختلفين في المصدر.
فمثـلاً: عندما تستمع إلى أصوت أصدقائك يمكنك تمييز صوت كل منهم بمجرد سماعه، وهذه نعمة من الخالق سبحانه وتعالى. وإلا أصبح جميع أصوات البشر متشابهة.
والسبب في ذلك هو: أن كل شخص له نغمة أساسية (تردد معين) ويصاحب تلك النغمة نغمات توافقيه أعلى منها في التردد ولكن أقل في الشدة ويصبح له عدة نغمات متناسقة تميز صوته عن الآخر.

الأذن البشرية وسماع الأصوات:

1. عندما يهتز بندول في الهواء لا نسمع صوتاً لماذا؟ لأن تردده أقل من 20 هرتز وتبدأ الأذن سماع الصوت الذي تردده 20هرتز والأقل منه يسمى موجات تحت سمعية مثل صوت الهزات الأرضية والأعاصير.
2. عندما تقف قريباً من قطار يمر بسرعة كبيرة فتكون شدة الصوت عالية جداً ويمكن أن تسبب آلم للآذن ويكون تردد تلك الموجات 2000هرتز أما التي ترددها أعلى من ذلك تسمى موجات فوق سمعية ولا تستطيع الأذن سماعها مثل الأمواج التي يصدرها الخفاش عند طيرانه ليلاً.
3. المدى العادي التي تستطيع الأذن سماعة بوضوح هو بين تردد 20- 20.000 هرتز.

وتكون حساسية الأذن للأصوات أكبر ما يمكن عندما تكون تردداتها محصورة بين 600-700 هرتز.

خصائص الموجات فوق السمعية:

1) ترددها عالي فتزيد شدة الموجه ويقل طولها الموجي لذلك تسير في خطوط محددة فيستطيع الإنسان توجيهها في اتجاهات معينة.
2) طاقتها تتركز في حزم ضيقة فتكون شدتها عالية.

للموجات الفوق سمعية كثيراً من الاستخدامات وهـي:

1) في مجال الطب في تفتيت حصى الكلى والمرارة، وتحديد أماكن الأورام الخبيثة، وفي فحص القلب والرحم والأجنة أثناء الحمل.
2) قياس سرعة موجات الصوت في السوائل والغازات.
3) فحص لحام المعادن والكشف عن الشقوق فيها.
4) تعقيم المياه وقتل البكتيريا والميكروبات.
5) تنظيف الملابس الحريرية وصناعة أفلاح التصوير وإزالة الضباب في المطارات.

الضربـات:

عند صدور نغمتين متقاربان جداً في وتر في لحظة واحدة مثل 251 هرتز، 256هرتز فإنه يحدث تداخل بينهما ونسمع الصوت يقوي ويضعف عدة مرات ويسم ذلك بالضربات.
تعريف الضربات: ظاهرة التقوية والضعف الحادثين في شدة الصوت بصفة دورية عندما تتداخل نغمتان مختلفتان في التردد اختلافاً صغيراً.

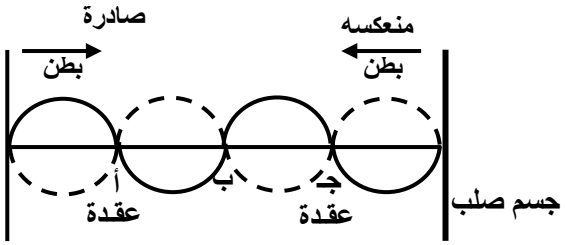
اهتـزاز الأوتـار:

المقصود بكلمة وتر هو عبارة عن خيط مرن مشدود بين نقطتين ويصنع من مواد معدنية مثل الحديد- النحاس أو من الحرير أو أمعاء الحيوانات وذيل الحصان.
استخداماتهـــا: في صنع الآلات الموسيقية مثل: البيانو – القانون – العود – الكمان.
الموجات الموقوفة:
سبق أن عرفنا أن هناك موجات طويلة ومستعرضة واهتزاز الوتر من النوع المستعرض.

- **ولكن ما معنى موجات موقوفة؟**

الموجات الموقوفة: هي الناتجة من تراكب موجتين متفقتين في التردد والسعة ولكن متعاكسين في الاتجاه.

مثـــال: عندما تصطدم موجه مستعرضة مع جسم صلب فإنها ترتد بحيث القمة تنعكس قاع والعكس.



وينتج نوع جديد من الموجات الموقوفة وتتكون من عقد وبطون.

العقـدة: هو الموضع الذي تكون عنده سعة الاهتزازة = صـفر وينـتج مـن تقابـل قمـة مـع قـاع أو تضاعف مع تخلخل.

البطـــن: هـو الموضــع الــذي تكـون عنــده ســعة الاهتزازة أكبر ما يمكن وينتج من تقابل قمة مع قمة أو قاع مع قاع أو تضاغط مع تضاغط.

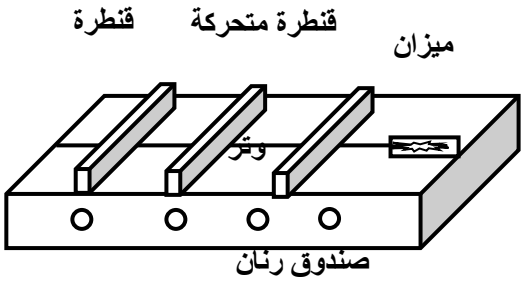
طول الموجه الموقوفة:

هو ضعف المسافة بين بطنين أو عقدتين متتاليين (أ جـ).

الصونومتـر

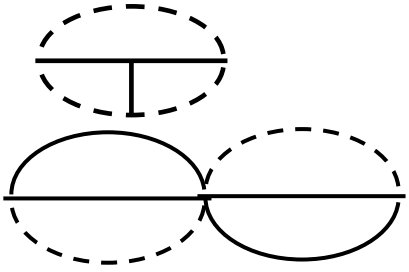
تـــركيبـــــه:

1. صندوق رنان من الخشب به فتحات لتقوية الصوت.
2. علـى سـطحه 2 قنطـرة ثابتـة تمـر عليهـا الأوتـار والوتر مثبت من أحد طرفيه بالصونومتر والآخر بميزان زنبركي ومفتاح لتغير قوة الشدة في الوتر.
3. قنطرة متحركة أسفل الوتر لتغيير الجزء المهتز.
4. يدرج السطح العلوي أو الجانبي له بالسنتيمترات أو البوصات لقياس طول الوتر المهتز.



ملحوظة: تختلف عدد القطاعات التي ينقسم إليها الوتر باختلاف قوة الشدة.

1. النغمة الأساسية لوتر هي عندما يهتز الوتر كله كقطعة واحدة مكوناً عقدتين وبطن كما بالشكل:



ويكون طول الوتر = $\frac{\lambda}{2}$ من الموجة الموقوفة وترددها (F)

2. النغمـة التوافقيـة الأولـى ينقسـم الـوتر إلـى قسـمين متسـاويين كمـا بالشكل ويكون طول الوتر = λ موقوفة وترددها (2F).
3. النغمة التوافقية الثانية ينقسم الوتر إلى 3 انقسامات كما بالشكل

ويكون طول الوتر = $\frac{3\lambda}{2}$ وترددها (3F)

∴ النسبة بين تردد النغمات كنسبة 1 : 2 : 3 : 4

4. في الآلات الموسيقية أو الإنسان يهتز الوتر بأكثر من صورة واحدة في وقت واحد لذا تكون النغمة الصادرة مركبة من نغمة أساسية وعدة نغمات توافقية ولهذا السبب يحدث اختلاف في نوع الصوت.

العوامل التي يتوقف عليها تردد وتر مهتز:

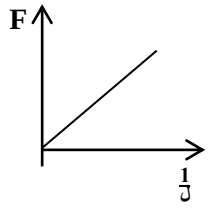
أولاً: طول الوتر (ل) متر:

لتحقيق العلاقة بين تردد الوتر وطوله نجري الخطوات التالية:

1. نحضر صونومتر وعدة أشواك رنانة معلوم ترددها $_1F$ ، $_2F$ ، $_3F$ ، $_4F$.
2. لابد أن يكون قوة الشد ثابتة في الوتر وكذلك نوع مادته.
3. نطرق الشوكة التي لها تردد $_1F$ ونضعها على الصونومتر.
ثم بواسطة القنطرة المتحركة نحركها يميناً ويساراً حتى يصبح تردد الوتر مساوياً لتردد الشوكة F ويكن معرفة ذلك بوضع (ركاب) قطعة ورق خفيفة جداً على منتصف الوتر فإذا أسقط الركاب كان تردد الوتر مساوياً لتردد الشوكة.
4. كرر نفس الخطوة (3) مع باقي الأشواك $_2F$ ، $_3F$ ، $_4F$ ثم قس في كل مرة طول الوتر بالمسطرة وسجل النتائج.

التكرار	$_1F$	$_2F$	$_3F$	$_4F$
$\frac{1}{ل}$				

5. يمكن تمثيل ذلك بيانياً بحيث $\frac{1}{ل}$ أفقياً ، F رأسياً.



$\frac{1}{ل} \propto F$ ∴

∴ التردد يتناسب عكسياً مع الطول.

يلاحظ من العلاقة أن:

كلما زاد التردد قل الطول عند ثبوت باقي العوامل

$\frac{ل_1}{ل_2} = \frac{F_1}{F_2}$ ∴ $\quad ل_2 F_2 = ل_1 F_1$

ملحوظة: يمكن بنفس التجربة إيجاد تردد شوكة مجهولة بمعلومية تردد شوكة أخرى بحيث يعين $ل_1$، $ل_2$ عملياً من الصونومتر.

1. يجب وضع عنق الشوكة الرنانة برفق على الصونومتر حتى لا يسقط الركاب نتيجة اصطدام الشوكة مع جسم الصونومتر.
2. يجب ملاحظة أن قوة الشد دائماً ثابتة أثناء التجربة.

ثانياً: قوة الشد (ش) نيوتن:

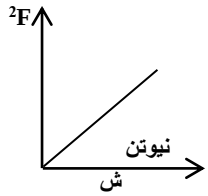
<u>لإيجادها عملياً:</u>

1- تحضر عدة أشواك ترددها 1F، 2F، 3F، 4F هرتز.

2- أطرق الشوكة الأولى وضعها على الصونومتر برفق وغير من قوة الشد حتى يقع الركاب وسجل ش1.

3- كرر نفس الخطوات مع 2F، 3F، 4F مع بقاء طول الوتر ثابت وسجل ش2 ، ش3 ، ش4، .....

4- نرسم العلاقة بيانياً بين مربع التردد وقوة الشد، نحصل على خط مستقيم.



نلاحظ أن $F^2 \times$ ش

$$\therefore \boxed{F \propto \text{ش}}$$

∴ تردد الوتر المهتز يتناسب طردياً مع الجذر التربيعي لقوة الشد عند ثبوت باقي العوامل.

$$\therefore \boxed{\frac{\text{ش}_1}{\text{ش}_2} = \frac{F_1}{F_2}}$$

ثالثاً: كتلة وحدة الأطوال (ك) كجم/ م:

$$\text{كتلة وحدة الأطوال} = \frac{\text{كتلة الوتر كله}}{\text{طولـه}}$$

لـــدراســة ذلـــك:

1. نحضر عدة أوتار مختلفة النوع ولكن لها نفس الطول وقوة الشد.
2. نحضر شوكة رنانة ونطرقها ونضعها على الصونومتر برفق ونغير من طول الوتر الأول حتى يتساوى ترددهما ويسقط الركاب ونكرر مع الوتر الثاني والثالث.
3. نرسم علاقة بيانية بين مربع التردد ، $\frac{1}{\text{ك}}$.

نجد أن $F^2 \propto \frac{1}{\text{ك}}$ ∴ $F \propto \frac{1}{\text{ك}}$

أي تردد الوتر يتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي لكتلة واحدة الأطوال منه عند ثبوت باقي العوامل.

$$\boxed{\frac{\text{ك}_2}{\text{ك}_1} = \frac{F_1}{F_2}}$$

القانون العام لاهتزاز الأوتار:

∵ $F \propto \frac{1}{\text{ل}}$

$F \propto$ ش

$F \propto \frac{1}{\text{ك}}$

∴ $F \propto \frac{1}{\text{ل}} \times \frac{\text{ش}}{\text{ك}}$

∴ $F =$ مقدار لثابت $\frac{1}{\text{ل}} \frac{\text{ش}}{\text{ك}}$

حيث المقدار الثابت $= \frac{1}{2}$ في حالة النغمة الأساسية.

$$\therefore \quad F = \frac{1}{2ل}\sqrt{\frac{ش}{ك}} \text{ هيرتز (د / ث)}$$

ملاحظة: في النغمة الأساسية يكون طول الوتر (ل) $= \frac{\lambda}{2}$

$$\therefore \lambda = 2ل \qquad \therefore \quad F = \frac{1}{\lambda}\sqrt{\frac{ش}{ك}} \text{ هرتز}$$

مثال(1): وتر حوله 80سم يصدر نغمة ترددها 400 هرتز فإذا أصبح طوله 160سم أحسب تردده في تلك الحالة؟

الحل:

$ل_1 = 80$ $\qquad$ $ل_2 = 160$

$F_1 = 400$ $\qquad$ $F_2 = ؟$

$\because F \propto \frac{1}{ل}$

$$\therefore \frac{F_1}{F_2} = \frac{ل_2}{ل_1}$$

$$\therefore \frac{400}{F_2} = \frac{160}{80} \Leftarrow F_2 = \frac{400\times80}{160} = 200 \text{ هيرتز.}$$

مثال(2): وتران مشدودان لهما نفس الطول أثرت عليهما قوة شد متساوية فإذا كانت كتلة وحدة أطوال الأول 0.03كجم/م وتردده 100ذ/ث فأحسب تردد الوتر الثاني علماً بأن كتلة وحدة الأطوال له 0.12 كجم.

الحـــــــل

$ك_1 = 0.03$ $\qquad$ $ك_2 = 0.12$

$F_1 = 100$ $\qquad$ $F_2 = 2$

$$\frac{F_1}{F_2} = \sqrt{\frac{ك_2}{ك_1}}$$

$$\therefore \frac{100}{F_2} = \sqrt{\frac{0.12}{0.03}}$$

$$\therefore \frac{100}{F_2} = \sqrt{4}$$

$$\therefore \frac{100}{F_2} = 2$$

$$\therefore F_2 = \frac{100}{2} = 50 \text{ ذ/ث}$$

مثال(3): وتر طوله 90سم مشدود بقوة قدرها 4 ثقل كجم ويعطي نغمة أساسية ترددها 256 هرتز بين كيف تحصل منه على نغمة ترددها 384 هرتز.

الحـــــــــل

أولاً : بتغيير طول الوتر فقط $F_1 ل_1 = F_2 ل_2$

$256 \times 0.9 = 384 \times ل_2 \Leftarrow$ $ل_2 = \frac{256 \times 0.9}{384} \Leftarrow$ $ل_2 = 0.6$م $= 60$سم

ثانياً: بتغيير قـــوة الـشـد فقط

$\because \frac{F_1}{F_2} = \frac{ش_1}{ش_2}$ $\therefore \frac{4}{ش_2} = \frac{256}{384}$ $\therefore \frac{4}{ش_2} = \frac{2}{3}$ بتربيع الطرفين.

$\therefore \frac{4}{ش_2} = \frac{4}{9}$ $\therefore$ $ش_2 = 9$ ثقل كجم.

مثـــال: سلك من النحاس طوله متر وكتلته 2جم يهتز عندما تكون قوة الشد 1 ثقل كجم فما تردد النغمة الأساسية إذا كانت د = 9.8م/ث^2.

الحـــــــــل

ل = 1م ك= 2جم $= \frac{2}{1000} = 0.002$ كجم.

كتلة وحدة الأطوال $= \frac{0.002}{1} = 0.002$ كجم /م

قوة الشد$^{(ش)}$ = ك × د = 1 × 9.8 = 9.8 نيوتن.

$\because F = \frac{1}{2ل}$ $\frac{ش}{ك} = \frac{1}{1 \times 2}$ $\frac{9.8}{0.002}$

$= \frac{1}{2} \times 4900 = \frac{1}{2} \times 70 = 35$ هيرتز.

أنـواع الاهتـزاز

أولاً: الاهتزاز الحر:

عند الطرق على الباب أو النافذة أو كرسي خشب نسمع لكل منهم صوت مختلف لأن كل منهما يهتز بتردده الطبيعي الحر.

تعريف الاهتزاز الحر: هو اهتزاز الجسم بتردده الطبيعي.

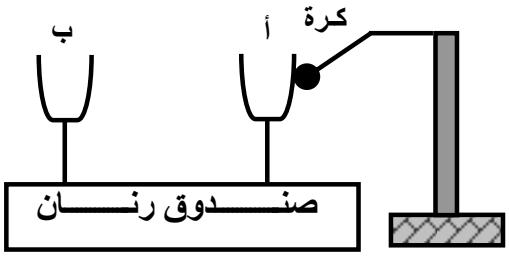
ثانياً: الاهتزاز القسري أو الاضطراري:

عند وضع شوكة رنانة مهتزة على منضدة فإنه يحدث تقوية للصوت ويقال أن المنضدة اهتزت اضطرارياً بنفس تردد الشوكة.

الاهتزاز القسري: هو اهتزاز جسم بتأثير جسم آخر مهتز وبتردد يساوي تردد الجسم المؤثر.

ثالثاً: الاهتزاز الرنيني:

نحضر شوكتين أ ، ب متساويتان في التردد وتطرق الشوكة (ب) ونضعها على الصندوق الرنان.



نشاهد أ، الكرة الخفيفة تهتز دليل على اهتزاز الشوكة (أ) بنفس تردد الشوكة (ب) وحدوث تقوية في الصوت. ولكن إذا كان تردد أ ≠ ب لا يحدث ذلك.

الرنيـــن: هو اتفاق جسمين في التردد وينتج عنه تقوية في الصوت.

أو هو تقوية الصوت الناتج عن اهتزاز جسم بتأثير جسم آخر مهتز لا يلامسها عندما يتساوى تردد الجسمين.

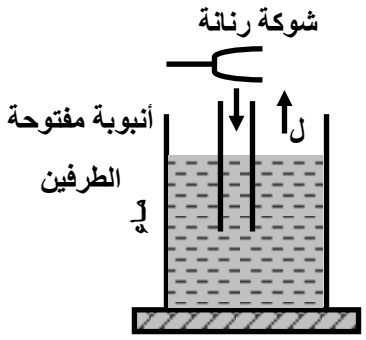
الأعمـدة الهوائيـة

سبق أن عرفنا أن اهتزاز الأوتار من النوع المستعرض بينما اهتزاز الأعمدة الهوائية من النوع الطولي.

وتنقسم الأعمدة الهوائية إلى:

1) الأعمدة الهوائية المغلقة.
2) الأعمدة الهوائية المفتوحة.

وسوف ندرس الرنين في كل نوع كما يلي:



أولاً: الأعمدة الهوائية المغلقة

الأعمـــدة المغلقـــة: هي أعمدة هوائية تكون مغلقة من أحد الطرفين ومفتوحة من الطرف الآخر.

العلاقة بين تردد العمود المهتز وطوله:

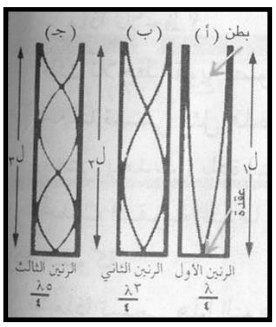
تـــجربـــة:

1. ضع أنبوبة معدنية في مخبار به ماء (عمود مغلق).
2. أطرق شوكة رنانة وقربها من فوهة العمود.
3. نرفع العمود أو نسقطه في الماء حتى نسمع أقوى صوت (حدوث رنين)
4. قس المسافة بين فوهة العمود وسطح الماء فيكون هو قصر طول العمود الذي يحدث الرنين الأساسي، وهذا يحدث عندما يتكون عند الطرف المغلق عقدة والطرف المفتوح بطن.
5. يمكن الحصول على نفس الرنين عند نفس الطول للعمود إذا استخدمنا أشواط ترددها F3، F5 ، F7.

ويمكن تفسير حدوث الرنين في العمود المطلق كالآتي:

1. داخل العمود يوجد نغمات صادرة من الشوكة ونغمات منعكسة يحدث بينهما تداخل وتتكون موجات موقوفة.
2. عند صدور نبضة تضاغط عند فرع الشوكة يسري هذا التضاغط داخل العمود في صورة تضاغط صادر يصطدم مع قاعد العمود وينعكس في صورة تضاغط أيضاً.
3. هذا التضاغط المنعكس يحدث عند فوهة الأنبوبة تخلخل إذا صادف هذا التخلخل تخلخل صادر من الشوكة يحدث رنين.

النغمات الأساسية والنغمات التوافقيه في الأعمدة الهوائية:



تحدث النغمة الأساسية (الرنين الأول) عندما يتكون داخل العمود المغلق عقده واحدة وبطن واحد.

فإذا كان طول العمود الهوائي = $ل_1$ وطول الموجه الصادرة عن الشوكة = λ_1

$$\therefore \text{ل}_1 = \frac{\lambda_1}{4}.$$

أي أن الرنين يحدث عندما يكون طول العمود المغلق = $\frac{1}{4}$ طول الموجه.

وتحدث النغمة التوافقيه الأولي(الرنين الثاني): عندما يتكون داخل العمود المغلق عقدتان وبطنان.

$$\text{ل}_2 = \frac{3\lambda_2}{4}$$

وتحدث النغمة التوافقية الثانية (الرنين الثالث): عندما يتكون داخل العمود المغلق ثلاث عقد وثلاث بطون.

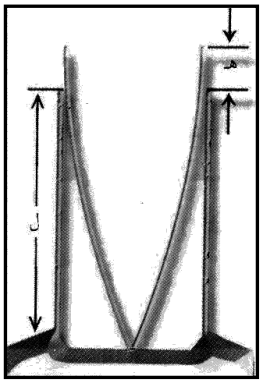
$$\text{ل}_2 = \frac{5\lambda_3}{4}$$

∴ بشكل عام لحساب طول العمود الهوائي (لن) داخل العمود المغلق في حالة الرنين.

$$\text{ل} = (2\text{ن} - 1)\frac{\lambda_\text{ن}}{4}$$

حيث (ن = 1 ، 2 ، 3 ، 4،.....)

تصحيح النهاية في قياس الأعمدة الهوائية المغلقة:



هناك خطأ في التجربة حيث أن الشوكة لا تلامس جدران الأنبوبة ولذلك عند الطرف المفتوح لها تندفع جزيئات الهواء نحو الخارج قليلاً أي أن البطن تتكون خارج الطرف لمسافة صغيرة (هـ) كما بالشكل.

ووجد أن الخطأ يساوي 0.6 نق حيث نق نصف قطر العمود.

∴ بعد إدخال التصحيح يكون $\lambda_1 = 4(\text{ل}_1 + 0.6\ \text{نق})$

ملاحظــة: يمكن التخلص من الخطأ بإيجاد الفرق بين طولي عمود الهواء في حالة حدوث رنينين متتاليين كما يلي:

طول العمود في الرنين الأول = $\text{ل}_1 + \text{هـ} = \frac{\lambda}{4}$ ⇐ (1) حيث

هـ = 0.6 نق

طول العمود في الرنين الثاني = $\text{ل}_2 + \text{هـ} = \frac{3\lambda}{4}$ ⇐ (2)

بطرح (1) من (2)

$$\therefore (\text{ل}_2 + \text{هـ}) - (\text{ل}_1 + \text{هـ}) = \frac{3\lambda}{4} - \frac{\lambda}{4}$$

$$\therefore \text{ل}_2 - \text{ل}_1 = \frac{2\lambda}{4}$$

$$\therefore \lambda = 2(\text{ل}_2 - \text{ل}_1)$$

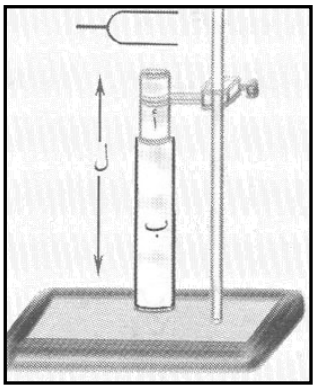
ثانياً: الأعمدة الهوائية المفتوحة:

العمود الهوائي المفتوح: هو أنبوبة مفتوحة الطرفين على شكل أنبوبين يتحرك أحدهما داخل الآخر للتحكم في طول العمود الهوائي زيادة أو نقصان.

العلاقة بين تردد العمود الهوائي المفتوح وطوله:

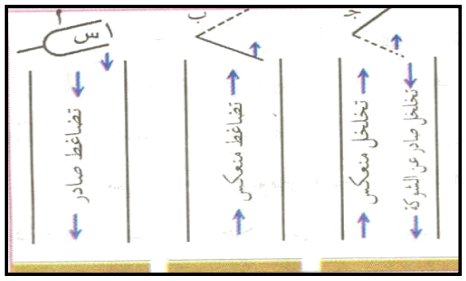
تـــجربـــــة:

1. نحضر أنبوبتان متداخلان يمكن زيادة طولها أو نقصه.
2. ندخل الأنبوبة الصغرى (أ) في الأنبوبة الكبرى (ب) بحيث يكون العمود المفتوح أقصر ما يمكن وثبتهما على حامل.



3. نطرق شوكة ترددها F ونقربها من فوهة العمود.
4. تزيد أو ننقص طول العمود بسحب الأنبوبة الكبرى تدريجياً حتى نسمع أقوى صوت وهذا يحدث عندما يتكون عند الطرف المفتوح بطن.
5. نقس بالمسطرة طول العمود الهوائي (ل) حيث أقصر طول يحدث عنده الرنين $= \frac{\lambda}{2}$.
6. يمكن الحصول على نفس الرنين وعند نفس الطول باستخدام أشواك ترددهـا F4,F3,F2.

تفسير حدوث الرنين في الأعمدة الهوائية المفتوحة: عندما يتحرك فرع الشوكة الرنانة يحدث نبضه تضاغط خلال الأنبوبة حتى الطرف المفتوح فينعكس على شكل نبضه تخلل نحو الفوهة القريبة من فرع الشوكة فينعكس على شكل نبضة تضاغط فإذا صادف والتعب مع التضاغط الصادر من الشوكة يحدث الرنين.



النغمات الأساسية والتوافقية في الأعمدة الهوائية المفتوحة:

تحدث النغمة الأساسية (الرنين الأول) في العمود المفتوح عندما يتكون بداخلة عقدة واحدة وبطنان.

فإذا كان طول العمود الهوائي $= ل_1$ وطول الموجة $= \lambda_1$

$$\therefore ل_1 = \frac{\lambda_1}{2}$$

أي أن الرنين يحدث عندما يكون طول العمود المفتوح $= \frac{1}{2}$ طول الموجة.

تحدث النغمة التوافقية الأولى (الرنين الثاني) عندما يتكون داخل العمود عقدتان وثلاثة بطون.

$$\therefore ل_2 = \frac{2\lambda_2}{2}$$

$$ل_2 = \lambda_2$$

وتحدث النغمة التوافقية الثانية (الرنين الثالث) عندما يتكون داخل العمود ثلاث وأربعة بطون.

$$\therefore ل_3 = \frac{3\lambda_3}{2}$$

∴ بشكل عام لحساب طول العمود الهوائي (لn) داخل العمود المفتوح في حالة الرنين.

$$\text{ل} = \text{ن}\ \frac{\lambda_{\text{ن}}}{2}$$

حيث (ن = 1 ، 2 ، 3 ،.....)

تصحيح النهاية في قياس الأعمدة الهوائية المفتوحة:

كما ذكرنا سابقاً أن البطن تحدث خارج الطرق المفتوح بمسافة صغيرة هـ حيث هـ = 0.6نق

∵ **العمود الهوائي المفتوح له بطنان** ∴ هـ = 0.6نق× 2 = 1.2 نق

∴ بعد إدخال التصحيح يكون $\lambda_1 = 2$ل$_1$

$$\boxed{\lambda_1 = 2\ (\text{ل}_1 + 1.2\ \text{نق})}$$

ملاحظة: يمكن التخلص من الخطأ بإيجاد الفرق بين طولي عمود الهواء في حالة حدوث رنين متتاليين كما يلي:

طول العمود في الرنين الأول = ل$_1$ + 2هـ = $\frac{\lambda}{2}$ ⇐ (1)

طول العمود في الرنين الثاني = ل$_2$ + 2هـ = λ ⇐ (2)

بطرح (1) من (2)

∴ (ل$_2$ + 2هـ) – (ل$_1$ + 2هـ) = $\frac{\lambda}{2}$ - λ

∴ ل$_2$ – ل$_1$ = $\frac{\lambda}{2}$

$$\boxed{\therefore\ \lambda = 2\ (\text{ل}_2 - \text{ل}_1)}$$

س/ أشرح تجربة عملية لتعيين سرعة الصوت في الهواء:

1- باستخدام عمود هوائي مغلق؟

2- باستخدام عمود هوائي مفتوح؟

ج/ <u>أولاً: باستخدام عمود هوائي مغلق:</u>

1. نحضر كأس مخبار به ماء وعمود هوائي ونضعه في الكأس.
2. نحضر شوكة رنانة معلوم ترددها F ونطرقها ونقربها من فوهة العمود.
3. نرفع العمود من الماء حتى نسمع أقوى صوت (نغمة أساسية)
4. نقيس بالمسطرة المسافة بين سطح الماء وفوهة العمود وليكن ل$_1$ وكذلك قطر المخبار ومنه تعيين نصف القطر نق.
5. نوجد سرعة الصوت من القانون:

∵ ع = F × λ = F × 4ل$_1$ = F × 4 (ل$_1$ + 0.6 نق)

<u>ملاحظة:</u> **بإهمال تصحيح النهاية لأنه صغير يمكن حساب سرعة الصوت من: ع =f2 (ل$_2$- ل$_1$)**

<u>باستخدام عمود هوائي مفتوح:</u>

1. نحضر مخبار به ماء وعمود هوائي مفتوح ونصفه في الكأس.
2. نطرق شوكة رنانة معلوم التردد F ونقربها من فتحة الأنبوبة.
3. نسحب الأنبوبة الكبرى تدريجياً حتى نسمع أقوى صوت (رنين).
4. نقس بالمسطرة العمود الهوائي ل$_1$ ونعين نصف قطر المخبار (نق)
5. نوجد سرعة الصوت من:

$$ع = F \times \lambda = F \times 2ل_1 = F \times 2 (ل_1 + 1.2 \text{ نق})$$

ملاحظة: بإهمال تصحيح النهاية يمكن حساب سرعة الصوت من: ع =F2 (ل2- ل1)

مثـــال(1): إذا كانت سرعة الصوت في الهواء 340م/ث فأوجد تردد النغمة الأساسية التي تصدرها أنبوبة طولها 2.5م إذا كانت (أ) مفتوحة (ب) مغلقة.

الحـــــــــل

أولاً: الأنبوبة مفتوحة $ع = F \times 2 ل$ $F = \frac{340}{2 \times 2.25} = 68$ هرتز

ثانياً: الأنبوبة مغلقة $ع = F \times 4 ل$ $F = \frac{340}{10} = 34$ هرتز

مثـــال(2): إذا كانت سرعة الصوت في الهواء 320م/ث فما طول اقصر عمود مغلق يحدث رنين مع شوكة ترددها 256 هرتز إذا كان قطر الأنبوبة 6سم.

الحـــــــــل

$ع = F \times 4 (ل + 1.2 \text{ نق})$

$320 = 256 \times 4 (ل + 1.2 \times 0.03) \Leftarrow 320 = 1024 (ل+0.036)$

$\therefore ل + 0.036 = \frac{320}{1024}$

$\therefore ل = 0.313 - 0.036 = 0.277$ م

مثـــال(3): شوكة رنانة ترددها 320 هرتز فإذا كان اقصر عمود هوائي مفتوح يحدث أقوي رنين منها هو 50سم فما تردد الشوكة التي يمكن أن تحدث أقوى رنين مع نفس الأنبوبة عندما نسد أحد طرفيها.

الحـــــــــل

واضح من المثال الأول أن النسبة بين التردد في حالة المفتوح إلي المغلق كنسبة 2 : 1

التردد في حالة المغلق $= \frac{320}{2} = 160$ هرتز

(حـــل آخـــر)

ع $= F \times 2$ ل مفتوح ع $= F \times 4$ ل مغلق

$F_1 \times 2 ل = F_2 \times 4ل$ ، $F_2 = F_2 = \frac{320}{2} = 160$ هرتز.

مثـــال(4): إذا علمت أن سرعة الصوت في الهواء 330م/ث فأحسب تردد النغمة الأساسية والتوافقية الأولي التي تصدرها أنبوبة طولها 1.1م.

أولاً: إذا كانت مغلقة. **ثانياً:** إذا كانت مفتوحة

الحـــــــــل

$\frac{330}{4 \times 1.1}$

إذا كانت مغلقة ع = F × 4 ل ∴ F = = 75 هرتز

∵ نسبة الترددات في المغلق 1 : 3 : 5

∴ النغمة التوافقية الأولي ترددها = F 3 = 3 × 75 = 225 هرتز.

إذا كانت مفتوحة ع = F × 2 ل ⇐ $F = \frac{330}{1,1 \times 2}$ = 150 هرتز

∵ نسبة التردد في المفتوح 1 : 2 : 3 ∴ النغمة التوافقية الأولي ترددها = 300 هرتز.

الآلات الموسيقية :

توجد منها أربعة أنواع هي:

1. آلات وترية مثل الكمان والعود والجيتار ولها صندوق رنان عليه أوتار عند اهتزازها يهتز الهواء داخل الصندوق ويحدث رنين ويمكن التحكم في تردد الصوت عن طريق تغيير قوة الشد أو سمك الوتر أو طول الوتر المهتز.
2. آلات النفخ: مثل المزمار والبوق وعليه ثقوب يمكن التحكم في طول العمود الهوائي المهتز وكلما كان الطول قصير كان لصوت حاد.
3. آلات النقر أو القرع مثل الطبول والأجراس والأكسيلفون فتعتمد قوة الأصوات الخارجة على قوة القرع.
4. الآلات الإلكترونية ويمكن الحصول منها على العديد من النغمات الموسيقية.

تذكـر أن

من خواص النغمات الصوتية:

1. درجة الصوت. 2. شدة الصوت 3. نوع الصوت

الصوت الحاد عالي التردد مثل صوت النساء والصوت الغليظ صوت منخفض التردد صوت الرجل.

2. شدة الصوت هي خاصة تميز بينها الأذن بين صوتين من حيث القوة أو الضعف ولمها نفس التردد.

تتوقف شدة الصوت على :

1. البعد بين المصدر والسامع (قانون التربيع العكسي).
2. سعة اهتزازه المصدر تتناسب شدة الصوت طردياً مع مربع سعة الاهتزازة.
3. كتلة الطبقة المهتزة لذلك يستخدم صندوق رنان لزيادة شدة الصوت في العود والكمان وكثافة الوسط تؤثر على الشدة.

* الشدة النسبية البسيطة لصوت = شدة الصوت المطلوب / شدة الصوت بل

شدة أدنى صوت مسموع = 10^{-6} ميكروواط/م2

ما معني أن الشدة النسبية لصوت شاحنة = 90 ديسي بل.

معناها أن شدة الصوت الصادر من الشاحنة = 10^{9} قدر طاقة أدني صوت مسموع.

الأذن البشرية تسمع الأصوات التي يقع ترددها بين 20 – 20000 هرتز والذي له تردد أعلى من 20000 تسمي موجات فوق سمعية ولها استخدامات طبية وصناعية

* **الضربات:** عند تداخل صوتين متقاربان جداً في التردد نسمع حدوث تقوية وضعف عدة مرات.

***الموجات الموقوفة:** هي التي تنتج من تراكب موجتين متفقتين في التردد والسعة وفي اتجاهين متضادين وتتكون من عقد وبطون.

* **العقدة:** هو الموضع الذي تكون فيه سعة الاهتزازة = صفر (تداخل هدام).
* **البطن:** هو الموضع الذي تكون فيه سعة الاهتزازة أكبر ما يمكن
* **طول الموجة الموقوفة:** هو ضعف المسافة بين بطنين أو عقدتين متتاليتين
* **اهتزاز الأوتار:** من النوع المستعرض ويتوقف تردد الوتر المهتز على :

1. طول الوتر (يتناسب عكسياً) ، ويتناسب الطول عكسياً مع التردد.
2. قوة الشد F (تتناسب عكسياً) $\frac{1}{\sqrt{ك}}$ ، وتتناسب قوة الشد طردياً مع التردد ، ويتناسب التردد عكسياً مع ك.
3. كتلة وحدة الأطوال.

*** الصونومتر:** صندوق خشبي مشدود عليه أوتار مختلفة النوع وقوة الشد.

*** الأعمدة الهوائية:** اهتزاز من النوع الطولي.

في العمود الهوائي المفتوح دائماً عند الطرف المفتوح بطن والنسبة من الترددات الصادرة عند طول معين كنسبة 1 : 2 : 3 : 4 بينما في العمود المغلق دائماً عند الطرف المفتوح بطن والمغلق عقدة والنسبة بين الترددات فيه طوال ثابت كنسبة 1 : 3 : 5 : 7.

القوانيـن المستخدمـة

1- شدة الصوت= $\frac{\text{الطاقـة}}{\text{الزمن} \times \text{المساحة}} = \frac{\text{القدرة}}{\text{المساحة}}$ وات/ م^2

2- الشدة النسبية = $\frac{\text{شدة الصوت المطلوب}}{\text{شدة أدنى صوت مسموع}}$

3- $F = \frac{\text{ن}}{2\text{ل}} = \frac{\text{ش}}{\text{ك}}$

4- كتلة وحدة الأطوال = $\frac{\text{كتلة الوتر كله}}{\text{طولـه}}$

5- ل ع = F × 4(ل+ 0.6 نق) م/ث

6- ع = F × 2ل

7- ع= F × 2 (ل + 1.2 نق)

8- λ = 2 (ل$_2$+ ل$_1$)

9- ع = F× 4ل = 4(ل+0.6نق)

أسئلة تقويـم الوحدة

س1/ أكمل العبارات التالية:

1- تسمع الأذن البشرية الأصوات التي يقع ترددها بين.....و.....

2- المسافة بين أي عقدتين متتاليتين تساوي.....

3- تستطيع الأذن البشرية أن تميز بين نغمتين صوتيتين وذلك من خلال اختلافهما في.....و.....و.....

4- عندما يحدث تقوية وضعف في شدة الصوت بصفة دورية يسمى ذلك.....

5- تتكون الموجات الموقوفة نتيجة.....

س2/ أي العبارات التالية صواب وأيها خطأ- حدد ذلك بين القوسين.

1- تهتز جزيئات الوسط الناقل للأمواج الصوتية بحركة اهتزازية حول جانبي موضع سكونها فقط. ( )

2- شدة الصوت تتناسب عكسياً مع مربع المسافة بين المصدر والسامع ( )

3- تردد صوت الرجل أعلى من تردد صوت الطفل. ( )

س3/ أختر الإجابة الصحيحة بوضع الإشارة (✓) أمامها.

1- ما تردد وتر طوله متران مع العلم أنه يصدر نغمة ترددها 250 هيرتز عندما كان طوله 100سم: جـ

أ) 250 هيرتز ( ) جـ(200 هيرتز ( )

ب) 225 هيرتز ( ) د) 125 هيرتز ( )

2- وتر طوله 100 سم وكتلته 4جم، ومشدود بقوة مقدارها 9 ثقل كيلوجرام أحسب تردد نغمته الأساسية، مع العلم أن عجلة الجاذبية الأرضية = 10م/ث^2:

أ) 150 ذ/ث ( ) ب) 100 ذ/ث ( )

جـ(75 ذ/ث ( ) د) 50ذ/ث ( )

س4/ ما معنى قولنا أن النسبة بين شدة الصوت للحديث العادي وأدنى حد للصوت المسموع تساوي (70) ديسيبل.

س5/ ما العوامل التي يعتمد عليها تردد الوتر المهتز مع إثبات ذلك عملياً ورياضياً.

س6/ وضح معنى الموجات الموقوفة مع الرسم.

س7/ مما يتركب الصونومتر وفيما يستخدم وضح ذلك علمياً.

س8/ أختر الإجابة الصحيحة بين الإجابات.

1- اهتزاز الجسم بتردده الطبيعي يعرف بـ:

أ) الاهتزاز الرنيني ( ) ب) الاهتزاز القسري ( )

جـ(الاهتزاز الحر ( ) د) لا شيء مما سبق ( )

2- إذا تكوّن داخل العمود الهوائي المغلق بطنان وعقدتان فإن النغمة تكون:

أ) أساسية ( ) ب) توافقيه أولى ( )

جـ(توافقيه ثانية ( ) د) جميع ما ذكر ( )

3- إذا كان طول العمود الهوائي المغلق الذي يحدث النغمة التوافقية الثانية هو 15سم فإن طول الموجة تساوي:

أ) 12سم ( ) ب) 4/3سم ( )

جـ(60سم ( ) د) 5سم ( )

س9: أ- أحسب طول أقصر عمود هوائي مغلق ثم مفتوح يحدث رنيناً مع شوكة رنانة ترددها 320ذ/ث علماً بأن سرعة الصوت في الهواء 320م/ث

ب- أحسب طول العمود في الحالتين عندما يكون نصف قطر الأنبوبة 5سم.

جـ- أحسب الطول المقاس لأقصر عمود هوائي مغلق يحدث رنيناً مع شوكة رنانة ترددها 512 ذ/ث علماً بأن قطر العمود الهوائي 5سم وأن سرعة الصوت في الهواء 320م/ث

س10: كيف تستخدم ظاهرة الرنين في عمود هوائي مغلق في تعيين سرعة الصوت في المعمل بدقة.

س11: ما العلاقة بين تردد العمود الهوائي المفتوح وطوله؟

س12: ماذا تعرف عن الصندوق الرنان وضح إجابتك بالرسم؟

إجابات تقويـم الوحدة

جـ1/

1- 20 هرتز و 2000 هرتز.

2 - $\frac{\lambda}{2}$

3- درجة الصوت، شدة الصوت، نوع الصوت.

4- الضربات.

5- تراكب موجبتين متفقتين في التردد والسعة ومتعاكستين في الاتجاه.

جـ2/

1- ✓ 2- ✓ 3- ×

جـ3 : 1. $1F \text{ ل}1 = 2F \text{ ل}2$ $2 \times 2\ F = 1 \times 250$ $2F = 125$ هرتز

2. $F = \frac{1}{\text{ل}2}$ $= \frac{\text{س}}{\text{ع}}$ $\frac{1}{\text{ل}2} = \frac{\text{س}}{\text{ع}}$ $\frac{1}{1} = \frac{75}{10 \times 9}$ هرتز

جـ4 : أن شدة الصوت الحديث العادي = 10^{-7} وات/م^2 أدنى صوت يسمع = 10^{-12} وات/م^2.

جـ5: أنظر داخل الكتاب.

جـ6: أنظر داخل الكتاب

جـ7: أنظر داخل الكتاب

جـ8: 1- الاهتزاز الحر 2- توافقيه أولى 3- 12سم

جـ9/ (أ) ∵ $\lambda = \frac{\text{ع}}{F}$ ∴ $\lambda = \frac{320}{320} = 1$م

في حالة العمود المغلق: ∵ $\lambda = 4$ل

∴ ل $= \frac{\lambda}{4} = \frac{1}{4}$ م $= 25$سم (دون تصحيح)

في حالة العمود المفتوح: ∴ $\lambda = 2$ل

∴ ل $= \frac{\lambda}{2} = \frac{1}{2}$م $= 50$سم (دون تصحيح)

(ب) في حالة العمود المغلق:

ل بعد التصحيح= ل + 0.6 نق.

$= 25 + 0.6 \times 5$

$= 25 + 3 = 28$سم

في حالة العمود المفتوح:

ل بعد التصحيح= ل + 1.2 نق

$= 50 + 1.2 \times 5$

$= 50 + 6 = 56$ سم

(جـ) نق $= \frac{5}{2} = 2.5$ سم.

ل = $\frac{ع}{F}$ = $\frac{320}{512}$ = 0.625م = 62.5 سم.

∵ λ = 4 (ل + 0.6 نق)

∴ 62.5 = 4 (ل + 0.6× 2.5)

62.5 = 4ل+ 6

4ل = 62.5 – 6 = 56.5

∴ ل = $\frac{56,5}{4}$ = 14.125سم

جـ10/ أنظر داخل الكتاب.

جـ11/ ع = f× 2ل ⇐ ∴ f = $\frac{ع}{2ل}$

جـ12/ أنظر الكتاب.

أسئلة عامة على الوحدة

س/ أختار الإجابة الصحيحة :

1. قوة شدة الوتر تقاس بوحدة (مجم/م – نيوتن – م/ث)
2. عندما يهتز الوتر كنقطة واحدة يكون طوله (2λ - λ - $\frac{\lambda}{2}$ - $\frac{\lambda}{4}$)
3. عمودان هوائيان أحدهما مغلق والأخر مفتوح يصدران نغمتين أساسية لهما نفس التردد ويكون النسبة بين طولهما ($\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{2}$ ، $\frac{1}{3}$ ، $\frac{2}{1}$).
4. عندما ترتفع درجة النغمة (يقل التردد – تزداد سرعة الصوت – يزداد الطول الموجي).
5. عندما يهتز الوتر على هيئة5 قطاعات فإن يصدر نغمة توافقية(رابعة- ثانية-ثالثة-خامسة).
6. طول العمود الهوائي المفتوح الذي يصدر النغمة الثالثة يرتبط بالطول الموجي.

(L = 2 λ ، L = $\frac{3\lambda}{2}$ ، L = $\frac{7\lambda}{2}$ ، L = $\frac{5\lambda}{2}$)

7. طول الموجه الموقوفة يساوي (المسافة بين عقدتين – المسافة بين بطنين – ضعف المسافة بين عقدتين).

س2/ كيف تستطيع الأذن البشرية أن تميز بين نغمات صوتية مختلفة؟

س3/ أذكر العوامل التي تتوقف عليها شدة الصوت عند نقطة؟ أذكر العلاقة بينهما وبين كل عامل؟

س4/ أذكر قانون التربيع العكس في الصوت؟ أثبت ذلك رياضياً؟

س5/ أذكر العلاقة بين تردد الوتر المهتز وكل من طوله وكتلة وحدة الأطوال منة وقوة شد الوتر؟

س6/ ما هو الرنين؟ أشرح تجربة توضح ذلك؟

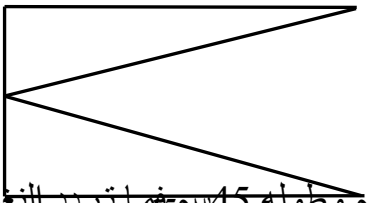
س7/ عرف كلٍ مما يأتي: (درجة الصوت- شدة الصوت – الضربات- الاهتزاز الحر-الاهتزاز القسري- الاهتزاز الرنيني- العمود الهوائي المغلق- العمود الهوائي المفتوح)

س8/ أذكر أنواع الآلات الموسيقية؟ وأعطي مثال لكل نوع؟

س9/ أذكر خصائص الموجات فوق السمعية ثم أذكر استخدامها في الحياة؟

مسائـــل

1) في الشكل المرسوم عمود هوائي مغلق وسرعة الصوت 320م / ث، أوجـد:



1. النغمة الصادرة في هذه الحالة.
2. طول الموجة.
3. تردد النغمة التوافقية الأولي والثانية.

2) وتر مشدود بقوة 81 نيوتن وكتلة وحدة الأطوال منه 0.01 كجم/ م وطوله 45سم فما تردد النغمة الأساسية والتوافقية الثانية.

3) وتر طوله 80سم وتردده 384 هرتز كم يصبح طوله إذا أريد أن يكون تردده 512 (60سم).

4) شوكة رنانة ترددها 320 هرتز فإذا كان اقصر عمود هوائي مفتوح يحدث أقوي رنين معها = 50سم فما تردد الشوكة التي يمكن أن يحدث نفس العمود الهوائي معها أقوي رنين إذا سد الطرف البعيد للعمود (160 هرتز)

5) في تجارب الرنين وجدان أقصر طول لعمود هوائي داخل إناء من الزجاج يحدث أقوي رنين مع شوكة معينة هو 22سم وعند إعادة التجربة والمخبار مملوء بغاز ثاني أكسيد الكربون كان أقصر طول يحدث رنين مع نفس الشوكة هو 17سم فإذا كانت سرعة الصوت في الهواء 341م/ث فكم تكون في ثاني أكسيد الكربون (263.5).