مدونة المناهج السعودية

https://eduschool40.blog

الموقع التعليمي لجميع المراحل الدراسية

في المملكة العربية السعودية

الوحـدة الثالثة

الموجـات الصوتيـة

طبيعة الصـوت: عند سماعنا لأصوات الأشخاص والحيوانات نتساءل ما هو الصوت وكيف ينتقل إلينا وتفسير ذلك أن المصدر عندما يهتز يصدر صوت وعند توقفه ينعدم ولابد من وسط مادي لانتقاله قد يكون صلب أو سائل أو غاز.

∴ الصـــــــــــوت: شكل من أشكال الطاقة مرتبط باهتزاز وتذبذب المادة.

كيـف ينشـأ الصـوت: نتيجة اهتزاز جزيئات الوسط الناقل له (ليكن الهواء مثلاً) دون انتقال الجزيئات أي أن الطاقة الصوتية تنتقل في الوسط على هيئة موجات صوتية.

شـــروط إحـــداث الصـــوت:

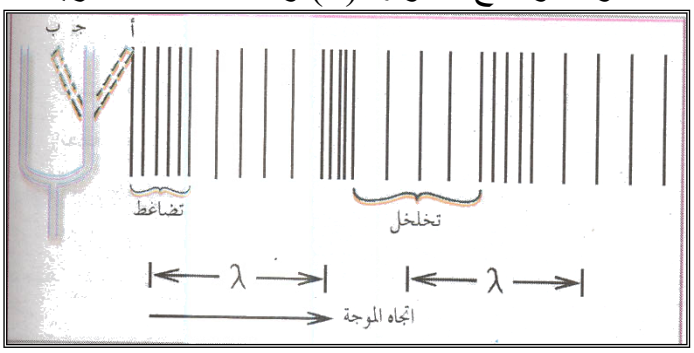
1) مصدر مهتز لإحداث موجات ميكانيكية صوتية.
2) وسط مادي لنقل هذه الموجات.

انتشـــار الصـــوت:

ينتشر الصوت على شكل موجات طولية وقد سبق دراستها.

توضيـــح لذلـــك:

عند اهتزاز فرع شوكة رنانة فإنها تتذبذب حول موضع سكونها (ج) وتتذبذب لذلك جزيئات الهواء حول موضع سكونها دون الانتقال وبما أن حركة جزيئات الهواء تكون موازية لاتجـاه الموجـه لـذلك تتكـون تضـاغطات وتخلخلات تسمى موجة طويلة.



∴ **موجات الصوت موجات طولية**

تعريف الطول الموجي (λ): هو المسافة بـين مركـزي تضـاغطين متتـالين أو مركزي تخلخلين متتالين.

تعريـف التـــردد (f) : هو عدد الذبذبات أو الاهتزازات التي يحدثها المصدر في الثانية.

سرعـة انتشـار الموجات الصوتية في وسط مـادي:

تعتمد سرعة انتشار الصوت على خصائص المواد التي ينتقل فيها ومنها:

1) مرونـة الوسط الناقل للصوت: حيث كلما زادت مرونـة الوسط زادت سرعة انتشـار الصـوت أي تتناسب السرعة طردياً مع الجذر التربيعي لمعامل مرونة الوسط.

ويفسر ذلك أن المادة مكونة من جزيئات بينها مسافات وعند اهتزازها تنشأ قوى تعبر الجزيئات إلى وضعها الأصلي وهذه القوى تعتمد على المرونة ولذلك فالمواد الصلبة أكبر مرونة من السائلة من الغازية فتكون سرعة الصوت في الصلب أكبر من السائل أكبر منها في الغاز.

2) كثافة الوسط الناقل للصوت: حيث كلما زادت الكثافة تقل سرعة انتشار الصوت أي تتناسب السرعة عكسياً مع الجذر التربيعي للكثافة عند ثبوت الضغط.

ويفسر ذلك أنه بزيادة الكثافة تزداد عدد جزيئات الوسط وتتزاحم فتأخذ وقت أكبر لنقل موجات الصوت من جزء لآخر في الوسط فتقل سرعة الصوت.

∴ سرعة الصوت (ع) = $\sqrt{\frac{\text{معامل مرونة مادة الوسط}}{\text{كثافة مادة الوسط}}}$ م/ث

3) درجة الحرارة: وجد أن سرعة الصوت تتناسب طردياً مع الجذر التربيعي لدرجة حرارة الوسط.

$ع \propto \sqrt{T}$ حيث T تقاس بالدرجة المطلقة.

4) اتجاه الرياح وسرعتها: وجد أن سرعة الصوت تزداد إذا كانت باتجاه الرياح وتقل إذا كانت عكس اتجاه الرياح.

تعيين سرعة الصوت في الأوساط المختلفة:

(1) سرعة الصوت في الهواء الطلق: وجد أن سرعة الصوت في الهواء الطلق عند درجة الصفر المئوي تساوي 331 م/ث
والزيادة تتعين من العلاقة.

ملاحظة: تزداد سرعة الصوت بمقدار 0.6م/ث كلما ارتفعت درجة الحرارة درجة مئوية واحدة.

والزيادة تتعين من العلاقة $ع = ع_0 + 0.6\ t$

حيث $ع_0$ = 331م /ث

T = درجة الحرارة المئوية.

ع= مقدار سرعة الصوت بعد الزيادة.

مثال: أحسب سرعة الصوت في الهواء في درجة حرارة 20^5م علماً بأن سرعة الصوت في درجة الصفر 331^5م/ث؟

الحل

∵ $ع = ع_0 + 0.6\ t$

$ع = 331 + 0.6 \times 20$

$ع = 331 + 12 = 343$ م/ث

(2) سرعة الصوت في الماء: وجد أن سرعة الصوت في الماء عند درجة الصفر المئوي حوالي 1430م/ث.

مثال: أحسب سرعة الصوت في الماء علماً بأن معامل المرونة الحجمي للماء = 2.044×10^9 نيوتن/م^2 وكثافة الماء =1000كجم/ م^3؟

∵ $ع = \sqrt{\frac{\text{معامل مرونة مادة الوسط}}{\text{كثافة مادة الوسط}}} = \sqrt{\frac{2.044 \times 10^9}{10^3}} = \sqrt{2.044 \times 10^6}$

$= \sqrt{1.43 \times 10^3} = 1430$م/ث

(3) سرعة الصوت في مادة صلبة: وجد أن سرعة الصوت تختلف في المواد الصلبة حيث سرعته في الحديد 5000م/ث تقريباً وفي الخشب 3400م/ث تقريباً.

مثـــال: أحسب سرعة الصوت في النحاس علماً بأن معامل المرونة الطولي للنحاس 13×10^{10} نيوتن/م^2 وكثافة مادة النحاس 8930 كجم/م^3؟

الحـــــل

$$ع = \frac{\text{معامل مرونة مادة الوسط}}{\text{كثافة مادة الوسط}} = \frac{13\times10^{10}}{8930} = 14.56\times10^{6} = 3.815\times10^{3}$$

= 3815 م/ث

وفي الجدول الموضح سرعة الصوت في أوساط مختلفة

الوســـط	سرعــة الصـــوت (م / ث)	درجــة الحـــرارة (درجة مئوية)
الهـــواء	331	صفراً
ثاني أكسيد الكربون	258	صفراً
الهيـــدروجيـــن	1269	صفراً
الأكسجيـــــن	317	صفراً
الألومنيـــوم	5100	20
الفضـــــة	2680	20
الـمـــــاء	1493	25
مـــاء البحـــر	1533	25
زيت الكيروسين	1315	25
بخار الماء	405	100

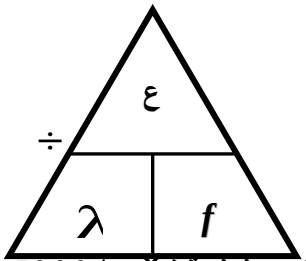
ومنه نستنتج أن سرعة الصوت في المواد الصلبة أكبر منها في السائلة في الغازية.

العلاقة بين سرعة الصوت والتردد والطول الموجي.

∵ ع = المسافة التي تقطعها الموجات في الثانية × طول الموجه الواحدة.

∴ ع = تردد الصوت × طول الموجه

∴ $ع = F \times \lambda$ م/ث



مثـــال(1): محطة تبث برامجها على موجات لاسلكية طولها الموجي 60 متر بذبذبة قدرها 5000 كيلوهرتز أحسب سرعة انتشار الموجات؟

الحـــــل

$\lambda = 60$ $\quad f = 5000$ كيلوهرتز $= 5000 \times 10^3$ هرتز $= 5 \times 10^6$ هرتز ع $= ؟$

$\because$ ع $= F \times \lambda$

$\therefore$ ع $= 5 \times 10^6 \times 60 = 300 \times 10^6 = 3 \times 10^8$ م/ث

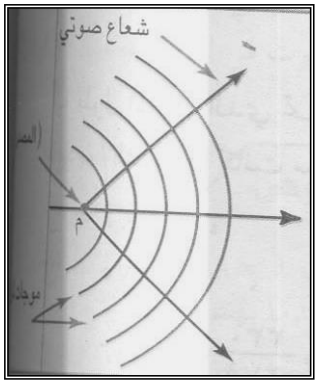
ملاحظة: سرعة انتشار الموجات هي سرعة الضوء 3×10^8 م/ث

مثال(2): أحسب تردد شوكة رنانة تهتز في الهواء إذا كان طول الموجه التي تحدثها 80سم وسرعة الصوت في الهواء 330م/ث؟

الحل: $\lambda = 80$ سم $= \frac{80}{100} = 0.8$ م $\quad$ ع $= 330$ $\quad f = ؟$

$\because f = \frac{ع}{\lambda} \Leftarrow$ $\quad \therefore f = \frac{330}{0,8} = 412.5$ ذ/ث (هرتز)

الموجات الكريـة:



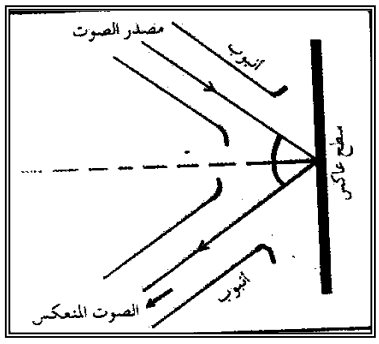
نلاحظ عندما يتكلم طالب في إذاعة المدرسة مثلاً فإن جميع الطلاب تسمعه وكذلك يسمعه الناس في المنطقة المحيطة بالمدرسة ويفسر ذلك بأن الصوت ينتشر في الوسط في جميع الاتجاهات وبنفس السرعة على شكل موجات كرية أو كروية مركزها هو الطالب أي مصدر الصوت كما بالشكل.

صـــدر الموجـــه: هو السطح الذي يمر بجميع نقاط الوسط المتذبذبة والتي لها نفس الطور.

ويعرف صدر الموجه عند نقطة معينة في الوسط: بأنه جزء من سطح كروي مار بتلك النقطة مركزه المصدر المهتز.

خـواص الموجات الصوتية

(1) الانعكـــاس:



عندما تنتشر موجات الصوت في الهواء قد تصادف سطح مستوى عاكس تصطدم به وترتد في الاتجاه المعاكس على شكل كرات تبدو وكأنها صادره من مصدر أخر يقع خلف السطح العاكس كما في الشكل وعليه فإن الصوت ينعكس كما ينعكس الضوء ويخضع لنفس قوانين انعكاس الضوء.

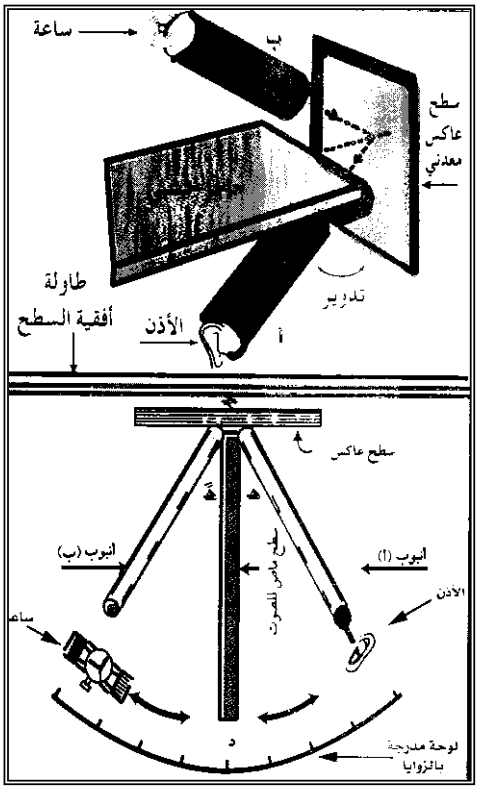
تعريف الانعكاس: هو ارتداد الموجات الصوتية في نفس الوسط عندما تقابل سطح عاكس.

القانـون الأول للانعكـاس: **زاوية السقوط = زاوية الانعكاس.**

القانون الثاني للانعكاس: **الشعاع الصوتي الساقط والشعاع الصوتي المنعكس والعمود المقام عند نقطة السقوط على السطح العاكس تقع جميعها في مستوى واحد عمودي على السطح العاكس.**

استنتـاج قوانيـن الانعكـاس فـي الصـوت:

تجربـــة:



1) ضع لوحة مدرجة بالزوايا على المنفذة ثم ضع الأنبوبتين الزجاجيتين (أ،ب) على اللوحة أفقياً كما بالشكل.
2) أجعل طرفي الأنبوبتين ينتهي على السطح العاكس (جـ).
3) ضع بينهما لوح خشب (حاجز ماص للصوت) بحيث يكون عمودي على السطح العاكس.
4) ضع عند فوهة الأنبوبة (ب) ساعة وصل عند طرف الأنبوبة (أ) قمع متصل بأنبوبة مطاطية يتصل طرفها الآخر بالأذن لسماع الصوت المنعكس.
5) أدر الأنبوبة (أ) على اللوحة حتى تسمع صوت دقات الساعة المنعكس على السطح العاكس بوضوح.
6) قس الزاوية (ب جـ د) وهي تمثل زاوية السقوط هـ ثم قس الزاوية (د جـ أ) وهي تمثل زاوية الانعكاس هَ نلاحظ أنهما متساويتان.

∴ زاويـة السقـوط = زاويـة الانعكـاس

7) أجعل السطح العاكس يميل عن مستواه العمودي واستمع إلى الصوت الصادر عن الساعة نلاحظ أنه غير واضح.

∴ الشعاع الصوتي الساقط والمنعكس والعمود المقام على السطح العاكس يجب أن يكون مستواها عمودي على السطح العاكس.

الصـــــدى:

عرفنا أن الصوت ينعكس عندما يصطدم بسطح أو حاجز مثل صخرة أو جبل أو جدار عالي فيحدث تكرار للصوت الأصلي ويسمى ذلك بالصدى.

تعريف ظاهرة الصدى: هو ظاهرة عودة الصوت وإعادة سماعة بعد انعكاسه.

ويلاحظ أن الصدى يكون منخفض عن الصوت الأصلي. (علل)

لأن موجات الصوت الأصلية تفقد جزء كبير من طاقتها عند الانتقال ذهاباً وإياباً من مصدرها إلى الحاجز.

كما أن الأذن البشرية لا تستطيع التمييز بين صوتين الفترة الزمنية بينهما أقل من $\frac{1}{10}$ ثانية أي تكون المسافة بين مصدر الصوت والسطح العاكس 17 متر.

مثـــال: إذا كانت سرعة الصوت في الهواء 340 م/ث فما هي أقل مسافة بين مصدر الصوت والسطح العاكس حتى يمكن سماع الصدى بوضوح؟

الحل:

ز = $\frac{1}{10}$ ث = 0.1 ث ع = 340م/ث

ع = $\frac{ف}{ز}$ ⇐ 340 = $\frac{ف}{1و}$ ⇐ ف = 340× 0.1 = 34م وهذه المسافة تقطع ذهاباً وإياباً.

∴ المسافة بين مصدر الصوت والسطح العاكس = $\frac{34}{2}$ = 17م

ملاحظة هامة:

1) إذا كان بعد السطح العاكس أكبر من 17م فإن الصدى يصل إلى الأذن بعد زوال الصوت الأصلي أما إذا كان بعده أقل من 17 متر فإن الصدى يصل قبل زوال الصوت الأصلي فيختلط به ولا تميز الأذن بينهما.
2) البعد 17 متر ليس مقدار ثابت بل أيضاً يعتمد على سرعة الصوت في تلك اللحظة.

مثال: شخص على بعد 1400 متر من جبل أصدر صوت سمع صداه بعد 8 ثوان من إصداره أوجد سرعة الصوت في الهواء في تلك اللحظة؟ ثم أحسب درجة حرارة الهواء؟

الحل:

زمن الذهاب = $\frac{8}{2}$ = 4 ث

1) ∵ ع = $\frac{ف}{ز}$ = $\frac{1400}{4}$ = 350 م/ث

2) ∵ ع = ع$_5$ + 0.6 **t**
350 = 331 + 0.6 **t**

∴ 0.6 **t** = 331 - 350 ⇐ 0.6**t** = 19 ⇐ **t** = $\frac{19}{,6}$ = 31.6= م^5

(2) الانكسار:

عند انتقال الصوت من وسط إلى آخر مختلف عنه في الكثافة فإن موجات الصوت تنكسر لأن سرعة الصوت في الوسطين مختلفة وذلك مشابه للضوء.

ولكن ما الفرق بين انكسار الصوت وانكسار الضوء؟

انكسار الصوت يحدث بوضوح عند وجود فرق ضئيل بين سرعتي الصوت في الوسطين المختلفين ولذلك لا يحدث انكسار ملحوظ عند انتقال الصوت من الهواء إلى الماء لأن الفرق بين سرعتي الصوت في الهواء والماء كبير ولذلك تنعكس معظم طاقة الصوت على سطح الماء ولا ينفذ منها إلا مقدار بسيط.

(3) التداخل:

ظاهرة التداخل: هي الأثر الناتج من التقاء موجتين أو أكثر.

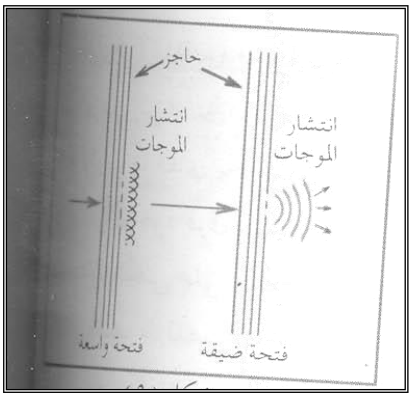
وسبق معرفة أنه عند اتحاد موجتين متفقتين في الطور يحدث تداخل بناء فتقوى كل منهما الأخرى ويحدث تقوية للصوت أما إذا كانا مختلفتين في الطور فإنه يحدث تداخل هدام فتضعف كل منهما الأخرى وقد يحدث تلاشي لهما.

(4) الحيـود:

يحدث أن تسمع صوت خارج غرفتك أو صادر من مصدر خلف حاجز ويسمى ذلك بالحيود.

ظاهرة الحيـــود: هو انحراف الطاقة الصوتية المصاحبة لانتقال الحركة الموجية عن مسارها في خط مستقيم في الوسط نفسه.

ويفسر الحيود بأن كل نقطة على صدر الموجه تعمل كمصدر ثانوي يصدر موجات كروية ثانوية تنتشر في اتجاهات مختلفة.



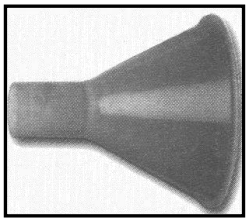
ويتوقف الحيود على علاقة الطول الموجي باتساع فتحة الحاجز كما في الشكل حيث كلما اتسعت الفتحة تحافظ الموجة على شكلها.

وكلما ضاقت الفتحة تنتشر الموجات في منطقة أوسع خلف الحاجز.

ملاحظة: الحيود يختلف عن الانكسار حيث أنه يحدث في نفس الوسط أما الانكسار فيحدث بين وسطين مختلفين.

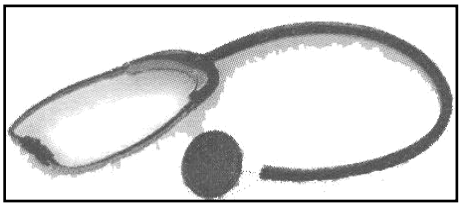
تطبيقات على الصوت والظواهر الصوتية

1) البوق:



يعتبر تطبيق لظاهرة الانعكاس ويستخدم في تقوية الموجات الصوتية وفكرته تعتمد على أن الشخص يتحدث من الفتحة الضيقة فتحدث انعكاسات متكررة للصوت داخلة فتهتز جزيئات الهواء داخل البوق بشدة فتزداد شدة الصوت ويسمع قوياً.

2) سماعة الطبيب:



تعتمد في عملها على فكرة البوق.

3) تصدر بعض الحيوانات:

مثل الحيتان- الدلافين- الخفافيش موجات صوتية في جميع الاتجاهات وبواسطة الصدى تحدد مواقع الفريسة واتجاه سيرها.

4) تغطي جدران العمارات السكنية:

وقاعات المحاضرات - المسارح - بمواد عازلة للصوت للتقليل من حدوث الصدى حتى لا تحدث ضوضاء داخلها.

5) حساب بعد السحب التي يحدث فيها برق ورعد عن الأرض:

حيث يتم حساب الزمن بين رؤية وميض البرق وسماع صوت الرعد وبمعرفة سرعة الصوت يتم حساب البعد (ف):

حيث ف = ع × ز

ويلاحظ أننا نرى البرق أولاً ثم نسمع صوت الرعد ثانياً لأن سرعة الضوء أكبر من سرعة الصوت.

تذكـر أن

- **الصوت:** شكل من أشكال الطاقة مرتبط باهتزاز وتذبذب المادة وشروطه وجود مصدر مهتز ووسط مادي لقل موجات الصوت.
- ينتشر الصوت على الشكل موجات طولية وتتوقف سرعة انتشاره على:
  1) مرونة الوسط الناقل للصوت.
  2) كثافة الوسط.
  3) درجة الحرارة.
  4) اتجاه الرياح وسرعتها.
- سرعة الصوت في المواد الصلبة أكبر منها في السائلة أكبر منها في الغازية.
- تنتشر موجات الصوت على شكل موجبات كرية ومن خواصها الانعكاس (الصدى) والانكسار والتداخل والحيود.
  - ❖ ***القانون الأول للانعكاس:*** زاوية السقوط = زاوية الانعكاس.
  - ❖ ***القانون الثاني للانعكاس:*** الشعاع الصوتي الساقط والشعاع الصوتي المنعكس والعمود المقام عند نقطة السقوط على السطح العاكس تقع جميعها في مستوى واحد عمودي على السطح العاكس.
- ***ظاهرة الصدى:*** هو عودة الصوت وإعادة سماعة بعد انعكاسه ويمكن سماعها بوضوح على بعد 17م من السطح العاكس.
- ***انكسار الصوت:*** يحدث عند وجود فرق بسيط بين سرعتي الصوت في الوسطين المختلفين.
- ***ظاهرة التداخل:*** تحدث عند اتحاد موجتين متفقتين في الطور فيحدث تداخل بناء وتحدث تقوية للصوت أما إذا كانا مختلفتين في الطور فيحدث تداخل هدام ويضعف الصوت أو يتلاشى.
- ***ظاهرة الحيود:*** هو انحراف الطاقة الصوتية على مسارها في خط مستقيم في الوسط نفسه ومثال لها سماع الأصوات خارج الغرف.
- ***من تطبيقات الظواهر الصوتية:*** البوق والسماعة وما يصدره بعض الحيوانات من أصوات وتغطية جدران القاعات بمواد عازلة وحساب بعد السحب التي يحدث فيها برق ورعد.
- ***الطول الموجي (ق):*** هو المسافة بين مركزين تضاغطين متتاليين أو مركزين تخلخلي متتاليين.
- ***التردد (f):*** هو عدد الذبذبات أو الاهتزازات التي يحدثها المصدر في الثانية.

أسئلة تقويم الوحدة

السؤال الأول: أكمل العبارات التالية بما يناسبها:

1- يعد الصوت شكلاً من أشكال.....

2- ينشأ الصوت نتيجة..... جزيئات الوسط الناقل.

3- ينتشر الصوت على هيئة موجات مكونة من ..... و.....

4- تتناسب سرعة الصوت..... مع درجة حرارة الوسط الناقل للموجات الصوتية.

السؤال الثاني: ضع دائرة حول الإجابة الصحيحة، فيما يلي:

1- ما المقصود بحاصل ضرب التردد × الطول الموجي؟

أ – التداخل. ب- سرعة الصوت.

جـ- الصدى. د- الحيود.

2- ماذا نعني بالمسافة بين مركزي تضاغطين متتالين، أو مركزي تخلخلين متتاليين؟

أ – التردد. ب- انعكاس الموجات الصوتية.

جـ- الطول الموجي. د- سرعة الموجات الصوتية.

3- ماذا نسمى ظاهرة إعادة سماع الصوت الأصلي بعد انعكاسه؟

أ – انكسار الموجات الصوتية. ب- حيود الموجات الصوتية.

جـ- الموجة الطولية. د- الصدى.

السؤال الثالث: علل:

1- يسمع الصّدى في قاعة كبيرة، ولا يسمع في غرفة صغيرة.

2- عندما تكون في غرفتك تسمع أصواتاً تصدر من خارج الغرفة.

3- لا تسمع الأصوات عندما تكون غاطساً تحت سطح الماء.

السؤال الرابع: وضع مع الرسم الآتي:

1- الموجات الصوتية تنتشر على هيئة موجات كرية مركزها مصدر الصوت.

2- كيفية انعكاس الموجات الصوتية.

3- حيود الموجات الصوتية يتغير بتغير اتساع فتحة الحاجز.

السؤال الخامس:

1- مستعيناً بالجدول التالي، أوجد سرعة الصوت في كل من الأكسجين، والزئبق، والفولاذ، ثم من خلال إجابتك حدّد نوع الوسط الذي تكون فيه سرعة الصوت أكبر.

المادة	الكثافة كجم/م^3	معامل المرونة نيوتن/م^2	معامل ينج نيوتن/م^2
الأكسجين	1.43	1.41×10^5	
الزئبق	13600	2.8×10^{10}	
الفولاذ	7800		2×10^{11}

2- إذا علمت أن سرعة الصوت في ماء البحر(1533)م/ث، وكثافته (1.025×10^3)كجم/م^3؛ فما معامل المرونة الحجمي لماء البحر؟

السؤال السادس: ضع الإشارة (✓) على رمز الإجابة الصحيحة، فيما يأتي:

1- العلاقة $\mathbf{f} \times \lambda$ تعني: أ- الطول الموجي. ب- سعة الاهتزازة.
جـ- سرعة الموجة الصوتية. د- المسافة التي يقطعها الصوت ليصل إلى الأرض

2- عندّما تكون سرعة الصوت في الهواء (336) م/ث، ما تردد شوكة رنانة تحدث موجات طولية في الهواء طول كل منها (42)سم؟
أ- (80) ذ/ث ب- (800) ذ/ث
جـ- (0.08) ذ/ث د- (0.8) ذ/ث

3- محطة إذاعية تبث برامجها على موجات لاسلكية طول كل منها (30) متراً بذبذبة قدرها (10^3) كيلوهيرتز، فما سرعة انتشار تلك الموجات.
أ- 3×10^7 ب- 3×10^3 م/ث
جـ- 3×10^4 م/ث د- 3×10^2 م/ث

<u>السؤال السابع:</u> أجب عن الأسئلة التالية:

1- أشرح كيفية حدوث كلٍّ مما يأتي:
- الانعكاس- الانكسار – الحيود للموجات الصوتية، مع التوضيح بالرسم.

2- ما أثر كثافة الوسط الناقل للصوت على سرعة الصوت؟

3- كيف يتم التغلب على الدوي الناتج عن انعكاس الصوت في القاعات عند بنائها؟

4- أشرح تجربة لاستنتاج قانوني انعكاس الموجات الصوتية.

إجابة تقويـم الوحدة

جـ1/

1- الطاقة مرتبط باهتزاز المادة.
2- اهتزاز.
3- تضاغطات وتخلخلات.
4- طردياً.

جـ2/

1- سرعة الصوت.
2- الطول الموجي.
3- الصدى.

جـ3/

1- لكبر المسافة في القاعة وصغرها في الغرفة الصغيرة فلا تستطيع التمييز بين الصوت والصدى فيها.
2- بسبب حيود الموجات الصوتية.
3- لأن معظم الطاقة الصوتية تنعكس على سطح الماء.

جـ5/(1)

$$\text{ع} = \frac{\text{معامل مرونة مادة الوسط}}{\text{كثافة الوسط}}$$

$$\text{ع (الأكسجين)} = \frac{1.41 \times 10^{5}}{1.43} = 314 \text{ م/ث}$$

$$\text{ع (الزئبق)} = \frac{2.8 \times 10^{10}}{13600} = 1434 \text{ م/ث}$$

$$\text{ع (الفولاذ)} = \frac{2 \times 10^{11}}{7800} = 5063.7 \text{ م/ث}$$

∴ سرعة الصوت في الفولاذ أكبر من الزئبق من الأكسجين.

(2)

$$\text{ع} = \frac{\text{معامل المرونة الحجمي}}{\text{كثافة الوسط}}$$

$$= 1533 = \frac{\text{معامل المرونة الحجمي}}{1{,}025 \times 10^{3}}$$

بتربيع الطرفين$(1533)^2 = \frac{\text{معامل المرونة الحجمي}}{1{,}025 \times 10^{3}}$

∴ معامل المرونة الحجمي $= 2350089 \times 1.025 \times 10^{3} = 2408841 \times 10^{3}$

$= 0.24 \times 10^{10}$ نيوتن /م^2

جـ6/

1- سرعة الموجات الصوتية.
2- 800 ذ/ت
3- 3×10^7 م/ث

جـ7/

1- أنظر
2- كلما زادت كثافة الوسط كلما قلت سرعة الصوت والعكس صحيح.
3- يتم ذلك بتغطية جدرانها بمواد عازلة (ماصة) للصوت.
4- أنظر