دولة ليبيا
وزارة التعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الفيزياء

للسنة الثانية بمرحلة التعليم الثانوي

القسم العلمي

الاسبوع الرابع عشر

المدرسة الليبية بفرنسا ـ تور

العام الدراسي:
1441 / 1442 هـ . 2020 / 2021 م.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الوحدة 9

الصوت

Sound

مخرجات التعلم

في هذه الوحدة، سوف ..

- ☐ تصف إحداث الصوت بواسطة المصادر المتذبذبة.
- ☐ تصف الطبيعة الطولية للموجات الصوتية بدلالة عمليات الانضغاط والتخلخل، وتستنتج:
  - (1) الحاجة لوسط تنتقل خلاله تلك الموجات.
  - (2) اختلاف سرعة الصوت في الهواء، والسوائل، والأجسام الصلبة.
- ☐ تذكر المدى التقريبي للترددات المسموعة.
- ☐ تصف طريقة مباشرة لتعيين سرعة الصوت في الهواء، وتُجرى العمليات الحسابية الضرورية.
- ☐ تصف كيفية إصدار انعكاس الصوت للصدى.
- ☐ تُعرِّف الصوت فوق السمعي، وتصف استخدامًا واحدًا له، مثل الفحص قبل الولادة ، التنظيف.
- ☐ تفسر كيفية ارتباط ارتفاع وطبقة الموجات الصوتية بالسعة والتردد.

إن أحد الأسباب الرئيسة للتعلم عن الصوت هو ملاقاتنا له كل لحظة في حياتنا في شكل موسيقا، وضوضاء، واتصال. ومن حصيلة المفردات اللغوية الهائلة التي لدينا للأصوات (مثل: صلصلة، رنين، أزيز، طرقة، فرقعة، هسهسة)، والصفات المختلفة التي نصف بها الصوت (مثل: مرتفع، منخفض، خفيف ، عالٍ، شجي، صافٍ، حاد) يكون لدينا بالتأكيد مجموعة متنوعة هائلة من الأصوات. وسنتعلم كيفية إصدار الصوت، وكيفية تصنيفه، وكيفية انتقاله خلال الوسائل العديدة، وموضوعات أخرى. فكلما فهمنا أكثر عن الصوت، كلما تمكننا من استخدامه والتحكم فيه بشكل أفضل.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

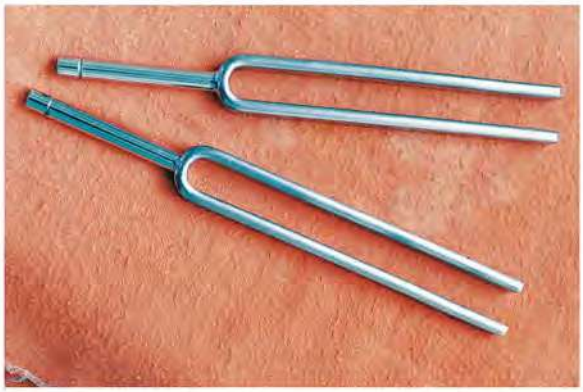
9 - 1 طبيعة وإصدار الصوت

The Nature and Production of Sound

الصوت شكل من أشكال الطاقة، وينتقل من نقطة إلى أخرى كموجة. وكما ذكرنا في الوحدة السابقة، الصوت مثال للموجة الطولية.

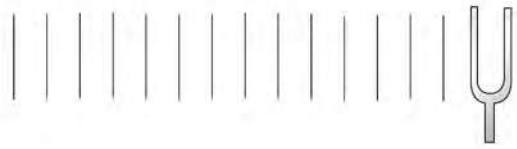
وتقوم مصادر متذبذبة موضوعة في وسط ما بإنتاج الصوت، ويكون عادة الوسط هواءً، ولكن يمكن أن يكون غازًا، أو سائلًا، أو جسمًا صلبًا. فالجسم المتذبذب في وسط ما مثل الهواء، ينتج موجات صوتية بزحزحة طبقات جسيمات الهواء. إن ذلك يشبه الموجات الطولية التي تصدر عند ذبذبة زنبرك طويل رفيع بمحاذاة طوله.

ويبين شكل **9** – 1 مثالين شائعين لمصدري تذبذب، يرسلا موجات صوتية إلى الهواء.

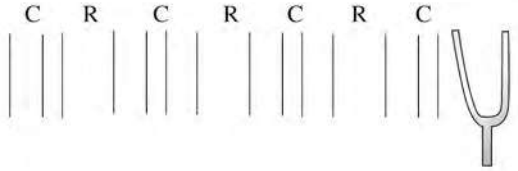


شكل **9** – 1 مصدران شائعان للصوت

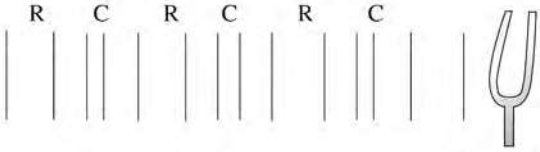
الشوكة الرنانة مصدر تذبذب شائع للصوت. فهي أداة ذات شعبتين فولاذيتين صلبتين، وتحدث نغمة موسيقية عند طرقها. ويبين شكل **9** – 2 الطبيعة الطولية للموجات الصوتية التي تحدثها الشوكة الرنانة المتذبذبة. لاحظ إصدار طبقات الهواء المتزحزحة سلسلة من الانضغاطات (C) والتخلخلات (R).



طبقات الهواء في مواضع غير مضطربة (لم يتم تغيير نظامها)



(1) زحزحة طبقات الهواء تحدثها الشوكة الرنانة المتذبذبة



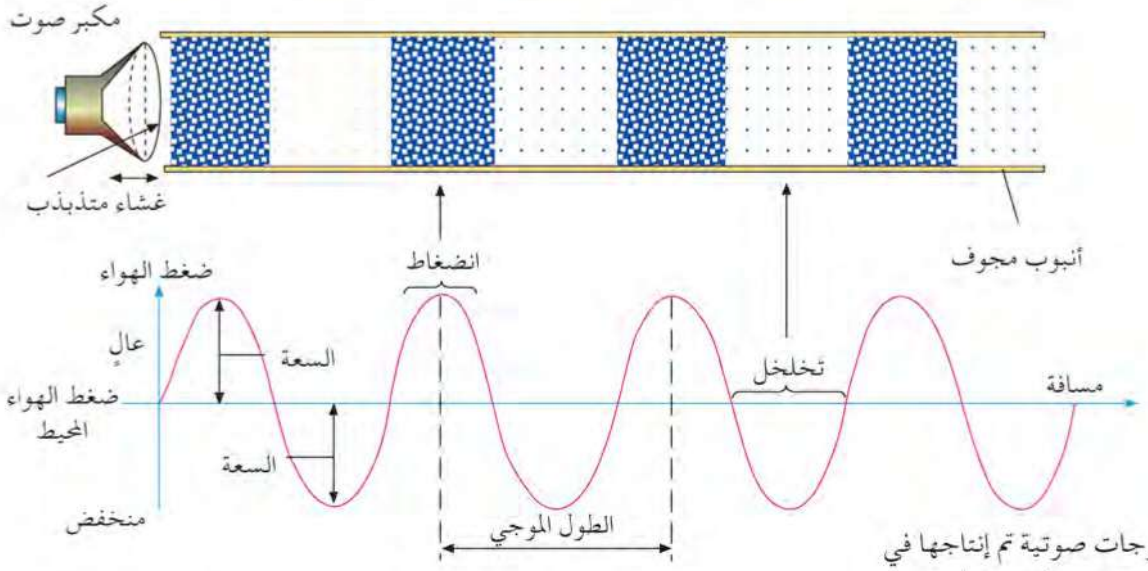
(2) زحزحة طبقات الهواء عند نصف دورة بعد (1).

شكل **9** – 2 ترسل الشوكة الرنانة المتذبذبة موجات صوتية طولية

الموجة الصوتية مثال للموجة الطولية

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

يمكن اعتبار انضغاطات وتخلخلات الموجات الصوتية في الهواء تغيرات في ضغط الهواء. فالانضغاطات أماكن يكون ضغط الهواء فيها أعلى بشكل طفيف من ضغط الهواء المحيط. والتخلخلات أماكن يكون ضغط الهواء فيها أدنى بشكل طفيف من ضغط الهواء المحيط. ويبين شكل **9 ـ 3** الموجات الصوتية التي يحدثها الغشاء المتذبذب لمكبر صوت في أنبوب مجوف به هواء.



شكل **9 ـ 3** موجات صوتية تم إنتاجها في أنبوب مجوف به هواء

يرتفع ضغط الهواء في أي مكان بطول الأنبوب تتحرك فيه الموجات الصوتية عن ضغط الهواء المحيط، ثم يهبط لأدنى منه. ويستمر حدوث ذلك الارتفاع والهبوط في ضغط الهواء بشكل منتظم طالما يصدر صوتًا.

والمسافة بين أي انضغاطين أوتخلخلين متتاليين هي الطول الموجي λ لموجة الصوت. وأقصى تغير للضغط يعطي سعة الموجة الصوتية A.

أسئلة التقويم الذاتي

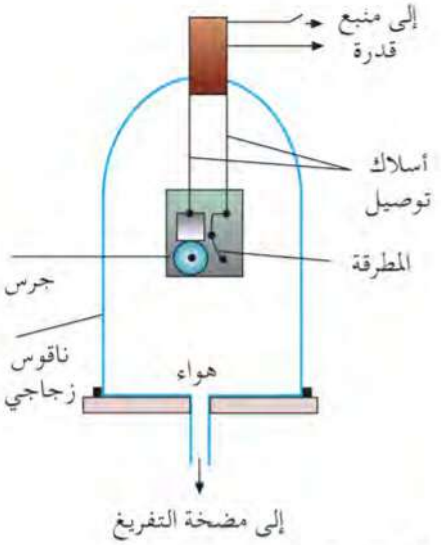
(أ) ما طبيعة الصوت؟

(ب) كيف يصدر الصوت؟

9 ـ 2 إرسال الصوت
The Transmission of Sound

الطبيعة الميكانيكية للصوت

الموجات الصوتية موجات ذات طبيعة ميكانيكية، لأنها تتطلب وسطًا تنتقل خلاله. وعلى عكس الموجات الضوئية ذات الطبيعة الكهرومغناطيسية، لا يمكن للموجات الصوتية المرور خلال فراغ. ويمكن استخدام تجربة الناقوس الزجاجي المبينة بشكل **9 ـ 4** للبرهنة على أن الموجات الصوتية لا تمر خلال فراغ.



شكل **9 ـ 4** تجربة الناقوس الزجاجي

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

يتطلب الصوت وسطًا للإرسال

شَغِّل الجرس الكهربائي قبل تشغيل المضخة. سترى حركة القارع وتسمع الصوت في نفس الوقت.

وعند تشغيل مضخة التفريغ، يزداد خفتان الصوت بمرور الوقت. ويصبح في النهاية الصوت خافتًا لدرجة لا يمكنك سماعه بعدها، رغم استمرار رؤية القارع وهو يطرق الجرس (القرص). وإذا تركت الهواء يعود إلى الناقوس الزجاجي، ستسمع الصوت مرة أخرى. ويبين ذلك أنه لا يمكن إرسال الصوت دون وسط (في هذه الحالة الهواء).

يجب الانتباه في هذه التجربة لئلا يلمس الجرس الزجاج، وأن تكون أسلاك التوصيل رفيعة لمنع أي موجات صوتية من المرور خلالها إلى خارج الناقوس عند اهتزاز القارع بشدة.

وسط الإرسال

أي وسط له جسيمات يمكن أن تتذبذب سيرسل صوتًا، ولكن ستؤثر طبيعة الوسط على سرعة الموجات الصوتية. وتكون عمومًا سرعة الصوت في أي سائل خمسة أضعاف سرعته في الغازات، وتكون سرعة الصوت في الجسم الصلب حوالي 15 ضعف سرعته في الغازات. ويفسر ذلك اكتشاف المجاهدين الليبيين اقتراب جيش العدو بوضع الأذن على الأرض لسماع العجلات الحربية حتى قبل سماعها في الهواء. ويبين جدول **9** – 1 سرعات الصوت النموذجية في الأوساط المختلفة.

ينتقل الصوت أسرع في الأجسام الصلبة

هل يمكنك تفسير ذلك؟

جدول **9** – 1 سرعات الصوت في بعض الأوساط

الوسط	السرعة التقريبية للصوت ($m\ s^{-1}$)
هواء	330
ماء	1500
حديد	5000

وتتأثر سرعة الصوت في الهواء بالتغيرات في بعض الشروط الفيزيائية. ويبين جدول **9** – 2 تأثير الشروط الفيزيائية على سرعة الصوت في الهواء.

جدول **9** – 2 تأثير الشروط الفيزيائية على سرعة الصوت في الهواء.

التغيرات في	التأثير على سرعة الصوت في الهواء
درجة الحرارة، T	سرعة الصوت تتناسب مع $\sqrt{T}$.
الرطوبة	ينتقل الصوت أسرع عند ارتفاع الرطوبة.
الضغط	لايؤثر تغير الضغط على سرعة الصوت.

أسئلة التقويم الذاتي

(أ) هل يتحرك الصوت خلال بالون مملوء بالهيدروجين؟

(ب) هل ينتقل الصوت مباشرة من سفينة فضاء لأخرى قريبة منها؟

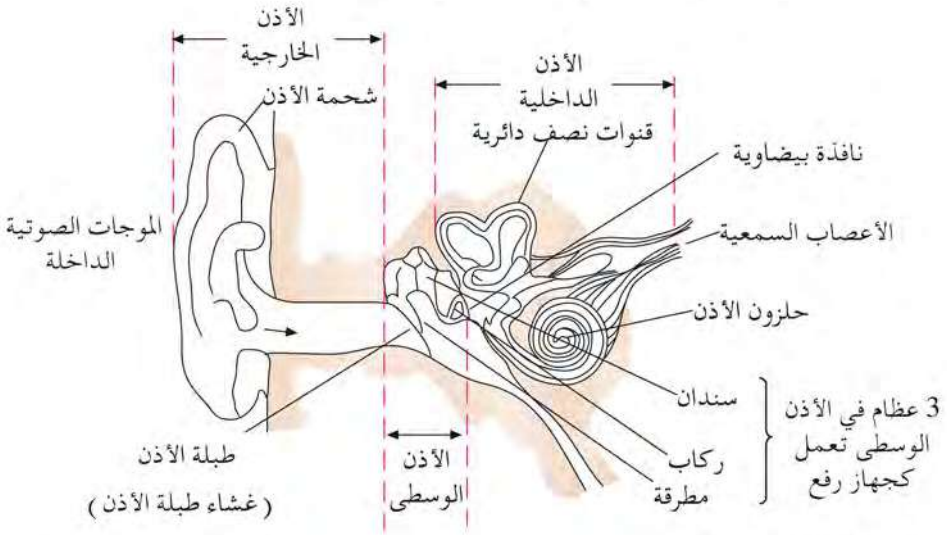
(جـ) اذكر تقديرًا تقريبيًّا لسرعة الصوت في الأجسام الصلبة، والسوائل، والهواء.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

9 – 3 الكشف عن الصوت
The Detection of Sound

أذن الإنسان

يبين شكل **9** – 5 تركيب أذن الإنسان .



شكل **9** – 5 أذن الإنسان

ويبين مخطط انسياب العمليات التالي كيفية استجابة الأذن للموجات الصوتية الداخلة إليها .

الأذن الخارجية

المرحلة 1 تستقبل شحمة الأذن الموجات الصوتية الداخلة، وتوجهها بطول القناة (حوالي 3 cm) تجاه طبلة الأذن (أو الغشاء الطبلي) .

المرحلة 2 تتسبب الانضغاطات والتخلخلات للموجات الصوتية الطولية في تذبذب طبلة الأذن .

الأذن الوسطى

المرحلة 3 تلتقط العظام الثلاث في الأذن الوسطى اهتزازات طبلة الأذن . وتعمل تلك العظام كجهاز رفع لتضخيم القوة و الضغط حوالي 25 مرة عند النوافذ البيضاوية .

الأذن الداخلية

المرحلة 4 تُحدث الاهتزازات عند النافذة البيضاوية موجات ضغط في سائل الأذن الوسطى الذي يحتوي أنبوب حلزون الأذن .

المرحلة 5 تلتقط الخلايا الحسية داخل أنبوب حلزون الأذن موجات الضغط، وتنتج نبضات عصبية تحملها الأعصاب السمعية إلى المخ كأصوات تسمع .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

وتجعل قناة الأذن التي طولها 3 cm آذاننا حساسة جدًّا للتردد 3000 Hz. فما مدى الترددات التي تكشفها أذن الإنسان؟ وبمعنى آخر، ما مدى إمكانية السمع؟

إمكانية السمع (المسموعية)

يُعرف مدى الترددات الذي يمكن أن يسمعه السامع **بمدى المسموعية** (إمكانية السمع).

وتُعرف القيمة العليا والدنيا للمدى بحدود المسموعية. فيكون الحد الأدنى لأذن الإنسان 20 Hz تقريبًا، والحد الأعلى 20000 Hz. وبمعنى آخر يفترض أن تكون الأذن قادرة على سماع صوت ذي ترددات أكبر من 20 Hz وأقل من 20000 Hz.

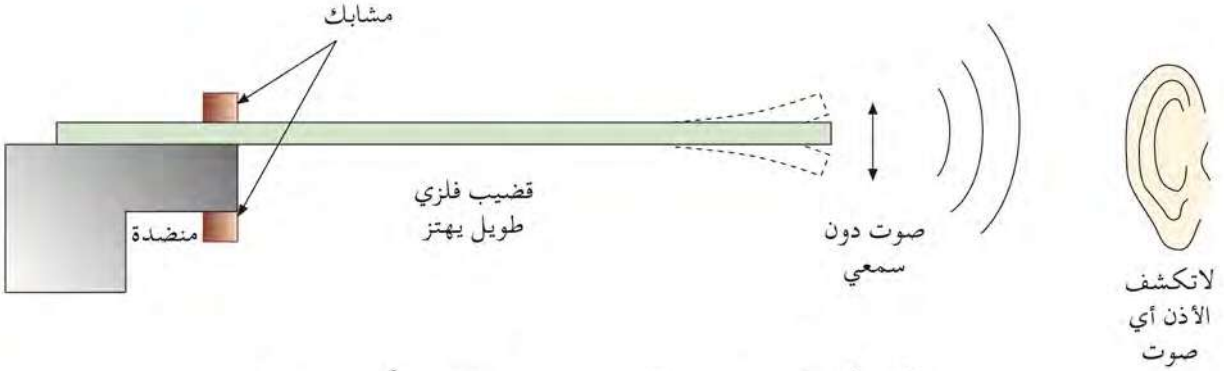
إن للأشخاص المختلفين مدى مختلف من المسموعية. ولعلك لاحظت أن كبار السن عمومًا، لا يستطيعون السمع مثل الصغار لأن قدرة طبلة الأذن على الاستجابة للصوت تتناقص مع العمر، ويصبح مدى المسموعية أقل بكثير لأن الحد الأدنى يرتفع والحد الأعلى يهبط. ويمكن بيان عدم استطاعة آذاننا سماع صوت ذي ترددات عالية جدًّا (فوق سمعي)، أو ترددات منخفضة جدًّا (دون سمعي). إذا أطلقت صفارة كلب، قد يستجيب بالنباح، ولكنك لاتستطيع سماع صوت الصفارة، لأن الصوت الصادر منها فوق الحد الأعلى للمسموعية (20000 Hz). ويمكن لكلبك أن يسمع الصوت لأن الحد الأعلى لمسموعية الكلاب أعلى من 20000 Hz. أمثلة أخرى للصوت فوق السمعي تشمل بلورات الكوارتز المتذبذبة، وأصوات الخفافيش.

ويمكن للصوت فوق السمعي المرور خلال مواد كثيرة لا يستطيع الصوت في المدى المسموع المرور خلالها، ويُستخدم الصوت فوق السمعي للكشف عن الألغام في البحر، والجنين في رحم الأم.

وبالمثل يمكن بيان عدم استطاعة آذاننا سماع صوت ذي ترددات منخفضة جدًّا بهز شريط فلزي طويل (انظر شكل 9 – 8). رغم رؤية الشريط الفلزي يهتز، لا يُسمع أي صوت لأن الصوت الصادر دون الحد الأدنى لمسموعية أذن الإنسان.

شكل 9 – 6 لا يستطيع الكبار السمع بجودة سمع الصغار

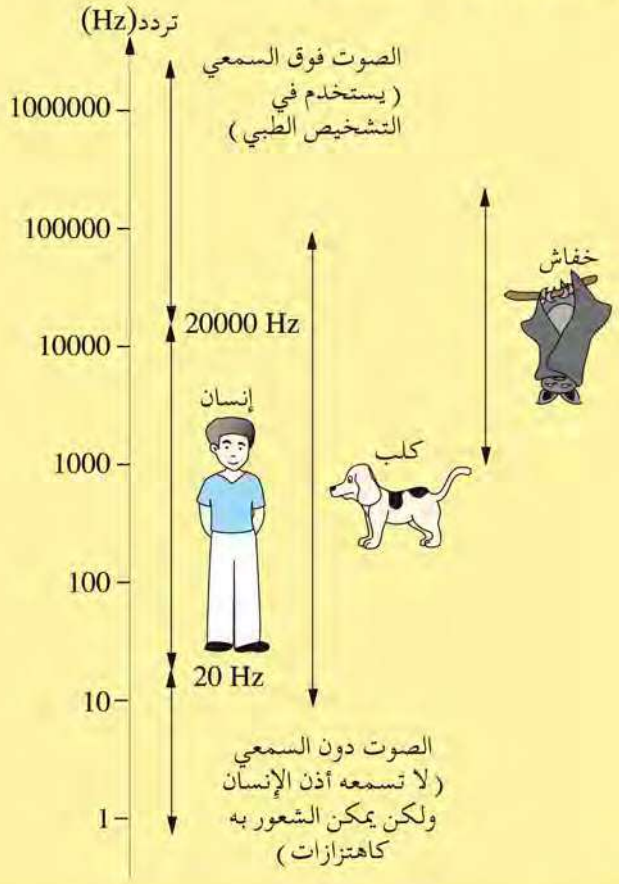
شكل 9 – 7 يمكن للكلب أن يكشف الصوت فوق السمعي



شكل 9 – 8 (شريط فلزى طويل يهتز يحدث صوتًا دون سمعي)

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

شكل 9 – 9 طيف من الترددات الصوتية



9 – 4 انعكاس الصوت
The Reflection of Sound

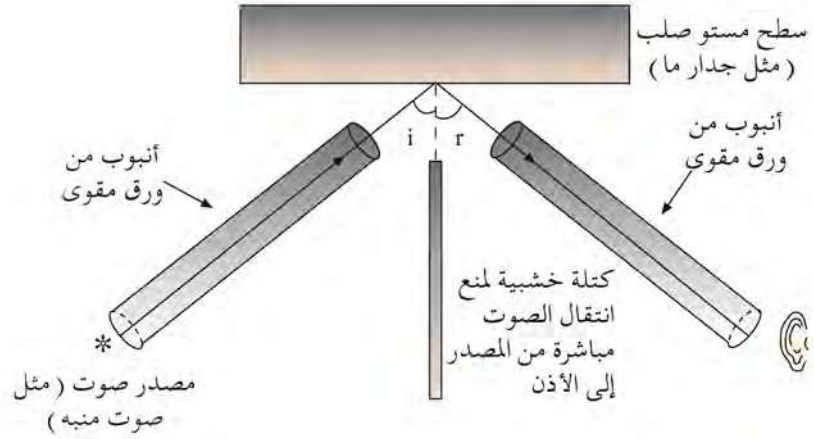
صدى الصوت هو انعكاس للصوت

تكوين صدى الصوت

تتعرض أيضًا الموجات الصوتية للانعكاس مثل الموجات الضوئية. ويبين شكل **9** – 10 تجربة بسيطة تبين انعكاس الصوت.

إن صدى الصوت هو الصوت المسموع بعد انعكاسه من أسطح مستوية صلبة مثل جدار، أو جرف صخري بعيد. فإذا وقفت على مسافة (وليكن 50 m) من جدار في مدرستك، وصفقت بيديك مرة واحدة، ستسمع صدى تصفيقك منعكسًا من الجدار (انظر شكل **9** – 11).

شكل **9** – 10 انعكاس الصوت



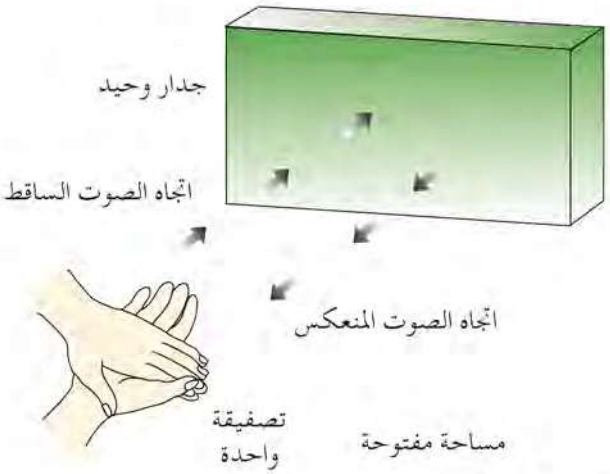
تكشف الأذن الصوت المنعكس كأعلى ما يكون عندما تتساوي زاوية السقوط i مع زاوية الانعكاس r.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

ومع ذلك إذا حاولت الصراخ في قاعة ألعاب رياضية خالية بمدرستك، سيكون التأثير مختلفًا عَمّا في شكل **9** – 11. فبدلًا من سماع صدى واحد مميز، ستسمع أصداءً عديدة سببها الانعكاسات المتعددة للصوت من الأسطح العاكسة الكثيرة، مثل السقف والجدران في قاعة الألعاب الرياضية المغلقة.

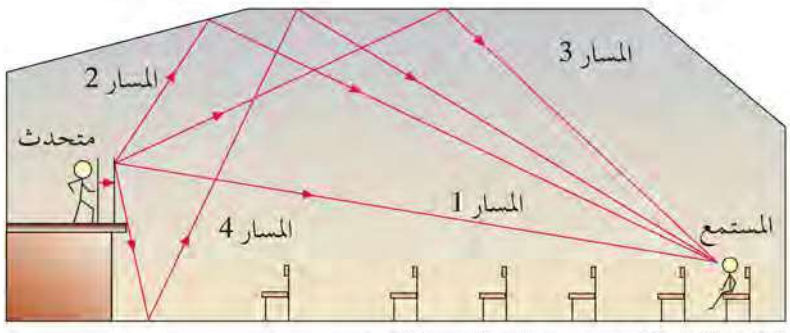
وتخلق أصداء الصوت التي تسببها الانعكاسات العديدة من الأسطح العاكسة الكثيرة لصالة كبيرة انطباعًا بأن الصوت يستمر لوقت طويل. ونسمى ذلك التأثير للصوت الممتد الناتج عن اندماج أصداء كثيرة، الارتجاع أو **ترجيع الصدى**.

إن تأثير الارتجاع مهم جدًّا عند تصميم البنايات، وعلى وجه الخصوص الصالات الكبيرة. ويبين شكل **9** – 12 المسارات المحتملة العديدة لصوت متحدث يصل إلى مستمع جالس في صالة كبيرة.



شكل **9** – 11 تكوين صدى صوت وحيد

إن المسار 1 هو الحالة التي يصل فيها الصوت مباشرة إلى المستمع. والمسارات من 2 إلى 4 هي فقط بعض أمثلة لوصول الصوت من المتحدث إلى المستمع عن طريق انعكاس وحيد أو انعكاسات متعددة. وسيكون لدى الصالة المصممة بشكل جيد الكم الصحيح من الارتجاع لاستخدامها. وتصمم صالة الحفلات الموسيقية بشكل مختلف عن قاعة المؤتمرات. فالارتجاع الزائد عن اللازم يجعل الأصوات الموسيقية والآدمية غير مميزة (يصعب تمييزها)، بينما الارتجاع الأقل من اللازم يجعل الأصوات الموسيقية والآدمية تبدو ضعيفة. ولذلك تغطى الجدران العاكسة بمواد تمتص الصوت مثل البوليسترين أو الستائر، للسيطرة على كمية الموجات الصوتية المنعكسة.

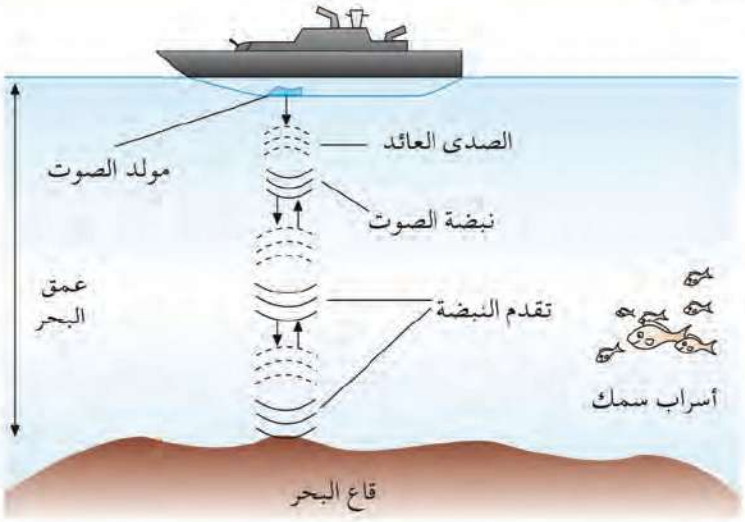


شكل **9** – 12 تصميم الصالات الكبيرة

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

استخدامات صدى الصوت

بإرسال إشارة (نبضة صوت)، وملاحظة الفترة الزمنية قبل وصول الإشارة المنعكسة (صدى الصوت)، يمكن معرفة عمق البحر وموقع أسراب السمك (انظر شكل 9 – 13). وتستخدم الجيوش رجع صدى الصوت الناشيءعن أمواج صوتية عالية التردد للكشف عن مواقع الألغام.



شكل 9 – 13 أحد الاستخدامات الممكنة لصدى الصوت

وتستخدم الخفافيش صدى الصوت للكشف عن وجود العوائق أثناء طيرانها. فيصدر الخفاش صوتًا عالي التردد، ينعكس من أي جسم في مساره. ويسمع الخفاش الصدى، فيتمكن من تحديد موضع العوائق وتجنبها.

مثال محلول 9 – 7

يقف رجل على مسافة ما من جرف صخري (شكل 9 – 14)، ويطلق صيحة فيسمع صداها بعد 4 s. كم يبعد هذا الرجل عن الجرف الصخري؟

(تذكر أن سرعة الصوت في الهواء هي $330\ m\ s^{-1}$)

الحل:

المعطيات:

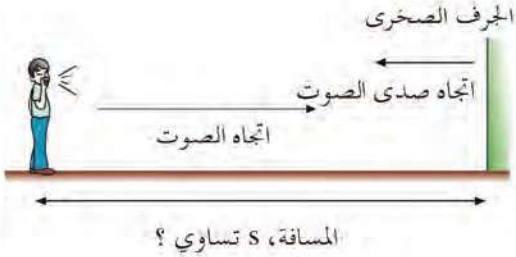
الزمن المستغرق لانتقال الصوت من الرجل إلى الجرف وارتداده إليه. $t = 4\ s$، وسرعة الصوت، $v = 330\ m\ s^{-1}$

وباستخدام $v = \frac{2s}{t}$ حيث s هي المسافة بين الرجل والجرف الصخري.

وعليه، $s = \frac{vt}{2}$

$$= \frac{(330 \times 4)}{2}$$

$$= 660\ m$$



شكل 9 – 14

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا