انتقال الصوت

Sound Transmission

مقدمة (Introduction):

مثل أي موجة، لا تتوقف الموجة الصوتية فقط عندما تصل إلى نهاية الوسط أو عندما تواجه عائقاً في طريقها. بدلاً من ذلك، ستخضع الموجة الصوتية لسلوكيات معينة عندما تصادف نهاية الوسط أو عائق. تشمل السلوكيات المحتملة الانعكاس عن العائق (reflection)، والانحراف حول العائق (diffraction)، والانتقال "transmission" (مصحوبًا بالانكسار "refraction") إلى العائق أو الوسط الجديد. سوف يقدم هذا الفصل بعض التفاصيل عن مفهومين انعكاس وانكسار الصوت فقط.

1.9 انعكاس الصوت (Reflection of Sound):

عندما تصل الموجة إلى الحد الفاصل بين وسطين، ينعكس جزء من الموجة بينما ينتقل الجزء الآخر من الموجة عبر الحدود. يعتمد مقدار الانعكاس على الاختلاف بين الوسطين. لهذا السبب، يتجنب بناة القاعات وقاعات الحفلات الموسيقية (من وجهة نظر صوتية) استخدام المواد الصلبة في بناء قاعاتهم الداخلية. تكون المادة الصلبة مثل الخرسانة مختلفة عن الهواء الذي يتحرك من خلاله الصوت؛ بعد ذلك، تنعكس معظم الأمواج الصوتية عن الجدران ويمتص القليل منها. عادةً جدران وأسقف قاعات الحفلات الموسيقية مصنوعة من مواد أكثر نعومة مثل الألياف الزجاجية. هذه المواد تشبه الهواء أكثر من الخرسانة وبالتالي لديها قدرة أكبر على امتصاص الصوت. فيعطي هذا الغرفة خصائص صوتية أكثر إرضاءً.

يعرّف انعكاس الصوت بأنه ارتداد أمواج الصوت إلى نفس جهة سقوطها عندما تقابل سطح عاكس وعندما يعاد سماع الصوت مرة ثانية تسمى ظاهرة انعكاس الصوت **بالصدى**. تكون الأمواج الصوتية على شكل انضغاطات وتخلخلات متعاقبة، أي على شكل كرات متحدة المركز تنعكس على السطح العاكس على هيئة أمواج كروية أيضا ولكن يكون مركزها خلف الحاجز على نفس البعد من السطح العاكس. أي يكون السطح العاكس في منتصف المسافة بين المصدر الأصلي ومصدر الأمواج المنعكسة.

صدى الصوت (sound echo):

هو عبارة عن عملية ارتداد أمواج الصوت بعد صدروها من مصدرها وارتطامها بوسط لا تستطيع اختراقه. وترتد بشكل متتالي كما خرجت من المصدر وبالتالي فإنها ستصدر ذات الصوت ولكن بعد فترة من الزمن. أي هو ظاهرة تكرار سماع الصوت الناشيء عن الانعكاس. تنتشر هذه الظاهرة في الأماكن الجبلية بحيث أنك إذا صرخت بصوت معين في هذه المناطق سترتطم الأمواج بجبل ما وترتد إليك بنفس الصوت. ولو أنك صرخت في وادٍ بين عدة جبال ستلاحظ أنّ الصوت من الممكن أن يرتد إليك أكثر من مرة بشكل متتابع تبعاً لوصول الأمواج لهذه الحواجز الصخرية العملاقة.

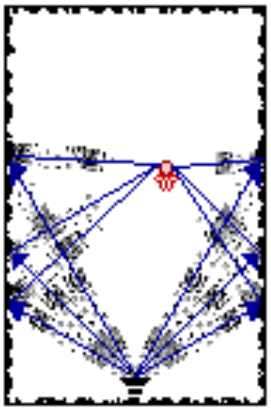
أن الاحساس بالصوت في الأذن البشرية يستمر 0.1 ثانية ولذلك عند وصول الصدى للأذن قبل مضي 0.1 ثانية فإنه يمتزج بالصوت الأصلي وبالتالي لا يمكن تميزه ولكن إذا وصل بعد مضي 0.1 ثانية فإن الصدى يسمع ولذلك فإن اقل مسافة يحدث عندها صدى لسطح عاكس هي مسافة 17 متر. بما أن سرعة الصوت في الهواء هي 340 m/s إذا فالمسافة المطلوبة ذهاباً وإياباً هي:

المسافة = 0.1 × 2/340 = 17 متر.

إذاً لحدوث الصدى و لتميز الصوت عن صداه لا بد من توفر شرطين:

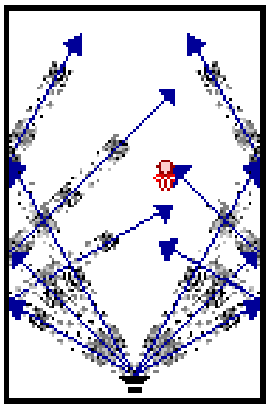
- وجود سطح عاكس (حاجز) متسع اتساعاً كافياً
- أن يبعد الحاجز عن منبع الصوت بعداً مناسباً (لا يقل عن 17 متر).

ربما تكون قد لاحظت حدوث الصدى عند التحدث في غرفة فارغة، أو عند إطلاق البوق أثناء القيادة عبر نفق على الطريق السريع، أو عند الغناء أثناء الاستحمام. في القاعات وقاعات الحفلات الموسيقية، يحدث الصدى من حين لآخر ويؤدي إلى تشويه الصوت. لكن انعكاس الأمواج الصوتية في القاعات وقاعات الحفلات الموسيقية لا يؤدي دائماً إلى نتائج غير مرضية، خاصة إذا كانت الانعكاسات مصممة بشكل صحيح. تميل الجدران الملساء إلى توجيه الأمواج الصوتية في اتجاه معين. وبالتالي، فإن استخدام الجدران الملساء في القاعة سيؤدي إلى تلقي المشاهدين كمية كبيرة من الصوت من مكان واحد على طول الجدار؛ سيكون هناك مسار واحد فقط يمكن أن تنتقل من خلاله الأمواج الصوتية من مكبرات الصوت إلى المستمع (الشكل 1.9).



الشكل 1.9: الجدران الخشنة للغرفة تشعر المستمع بصوت كامل وجميل.

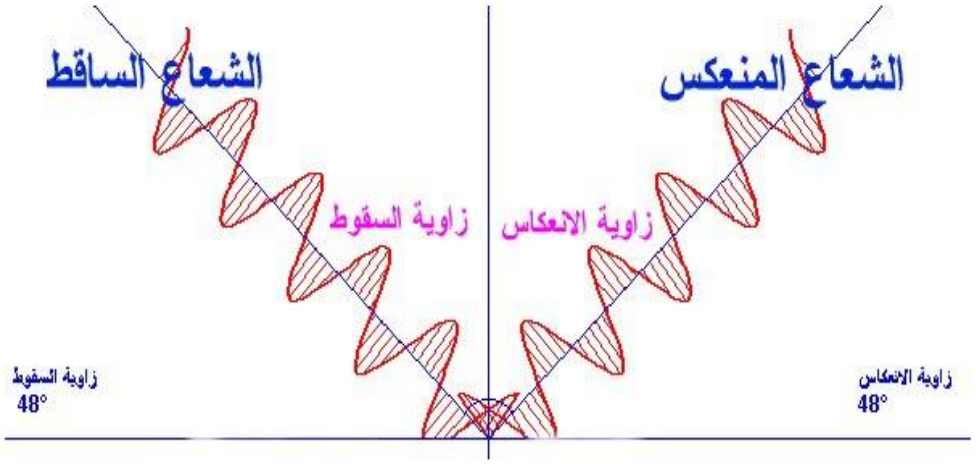
عندما لا تبدو القاعة مفعمة بالحيوية ومليئة بالصوت. تميل الجدران الخشنة إلى نشر الصوت، مما يعكسه في اتجاهات مختلفة. يسمح هذا للمشاهد بإدراك الأصوات من كل جزء من الغرفة، مما يجعلها تبدو حية وممتلئة. لهذا السبب، يفضل مصممو القاعات والحفلات الموسيقية مواد البناء التي تكون خشنة وليست ناعمة (الشكل 2.9).



الشكل 2.9: تفشل الجدران الملساء في إعطاء الغرفة الشعور بصوت كامل.

يتأثر أيضًا انعكاس الأمواج الصوتية عن الأسطح بشكل السطح. حيث تعكس الأسطح المسطحة أو المستوية الأمواج الصوتية بحيث تكون الزاوية التي تقترب فيها الموجة من السطح مساوية للزاوية التي تغادر عندها الموجة السطح. فتعرّف زاوية السقوط (الورود) بأنها الزاوية المحصورة بين مسار الشعاع الصوتي الساقط والعمود المقام من نقطة السقوط. أما زاوية الانعكاس فهي الزاوية المحصورة بين مسار الشعاع الصوتي المنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط. وبالتالي يكون لدينا قانونا الانعكاس:

1. الشعاع الصوتي الساقط والشعاع الصوتي المنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط تقع جميعا في مستوى واحد عموديا على السطح العاكس
2. زاوية السقوط = زاوية الانعكاس (كما هو واضح في الشكل 3.9).



الشكل 3.9: يمثّل قانوني الانعكاس.

بينما يؤدي انعكاس الأمواج الصوتية على الأسطح المنحنية إلى ظاهرة أكثر إثارة للاهتمام. فالأسطح المنحنية ذات شكل القطع المكافئ عادة تركز الأمواج الصوتية على نقطة معينة. بما أن هذه الأسطح تركز الأمواج الصوتية المنعكسة عنها على نقطة واحدة في الفضاء فإنها تنقل كل طاقتها إلى هذه النقطة؛ عند هذه النقطة، يحدث تضخيم للصوت. ربما تكون قد شاهدت معرضاً في المتحف يستخدم قرصًا على شكل قطع مكافيء لجمع كمية كبيرة من الصوت وتركيزه في نقطة تمركز (تمحرق) "**focal point**". إذا وضعت أذنك في نقطة التمحرق، يمكنك سماع حتى أضعف همسة من صديق يقف في جميع أنحاء الغرفة. تستخدم أقراص الأقمار الصناعية ذات شكل القطع المكافئ نفس مبدأ الانعكاس لتجميع كميات كبيرة من الأمواج الكهرومغناطيسية وتركيزها في نقطة (حيث يوجد المستقبل). اكتشف العلماء مؤخرًا بعض الأدلة التي يبدو أنها تكشف أن ثور موس يستخدم قرونه كقرص قمر صناعي لجمع الأصوات وتركيزها. يعتقد العلماء منذ فترة طويلة أن البوم مزودة بأقراص ذات وجه كروي يمكن تحريكها من أجل جمع الصوت وعكسه نحو آذانهم. أخيرًا، تقوم بعض الحيوانات مثل الخفاش والدولفين فى استخدام خاصية انعكاس الصوت فى أ. تجنب الاصطدام بالأشياء ب. صيد فريستها.

تعاليل:

1. علل: عند انعكاس الصوت على سطح عاكس تقل شدته،

- لأن الصوت يفقد جزء من طاقته.

2. علل: يستطيع الخفاش الطيران فى الظلام،

- لأن الخفاش أثناء الطيران يصدر أمواج فوق صوتية تنعكس على الأسطح والحواجز التى تعترض طريقه ويستقبل الخفاش الأمواج المنعكسة على السطوح فيستطيع تحديد مواقعها وتجنب الاصطدام به.

3. علل: قد يصطدم الخفاش بعائق أثناء الطيران،

- لان هذا العائق قد يكون امتص الأمواج الصوتية التي يصدرها الخفاش و لم تنعكس عليه.

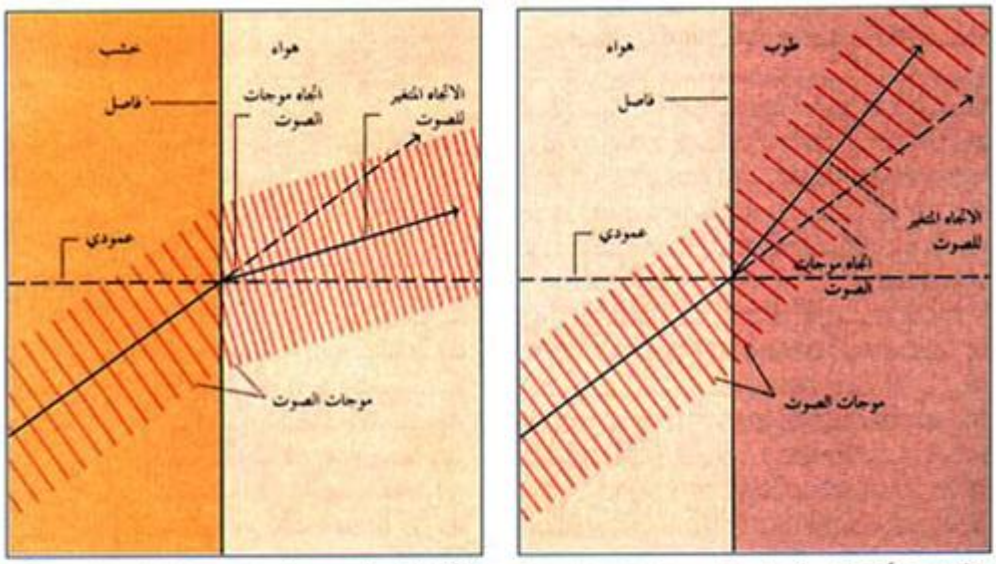
4. علل: لا يستطيع الخفاش صيد الفراشات فى حجرة خالية من الهواء،

- لأن الأمواج الفوق الصوتية هي أمواج ميكانيكية لا تنتقل فى الفراغ.

2.9 انكسار الصوت (Refraction of Sound Waves):

يتضمن انكسار الأمواج الصوتية تغيرًا في اتجاه الأمواج لأنها تمر من وسط إلى آخر. يترافق الانكسار، أو الانحناء في مسار الأمواج، مع تغير في سرعة وطول موجة الصوت. لذلك إذا تم تغيير الأوساط (أو خصائصها)، تتغير سرعة الموجة. وهكذا، فإن الأمواج التي تمر من وسط إلى آخر سوف تخضع للانكسار. يكون انكسار الأمواج الصوتية أكثر وضوحاً في الحالات التي تمر فيها الموجة الصوتية عبر وسط ذي خصائص متغيرة تدريجياً. على سبيل المثال، من المعروف أن الأمواج الصوتية تنكسر عند الأنتقال فوق الماء. على الرغم من أن الموجة الصوتية لا تغير الأوساط تماماً، إلا أنها تنتقل عبر وسط بخصائص مختلفة؛ وهكذا، ستواجه الموجة انكساراً وتغير اتجاهها. نظرًا لأن الماء له تأثير معتدل على درجة حرارة الهواء، فإن الهواء الموجود فوق الماء مباشرة يكون أكثر برودة من الهواء الموجود فوق الماء. لذلك تنتقل الأمواج الصوتية بشكل أبطأ في الهواء البارد مقارنةً بالهواء الأكثر دفئاً. لهذا السبب، يتم إبطاء جزء من شكل الموجة مباشرة فوق الماء، في حين أن الجزء من شكل الموجة أعلى بكثير من سرعات المياه في الأمام. بعد ذلك، يتغير اتجاه الموجة، وينكسر لأسفل باتجاه الماء.

فعند سقوط الأمواج الصوتية من وسط إلى آخر يختلف عنه في الكثافة فانه يغير مساره وينحرف. وعندما تغادر أمواج الصوت وسطاً، وتدخل آخر، تختلف سرعتها، ويتغير اتجاهها. وينتج التغيير في الاتجاه التغيُّر في سرعة الأمواج. وإذا تناقصت سرعة أمواج الصوت، في الوسط الثاني، فإن الأمواج تنكسر نحو العمود؛ وهو خط وهمي، يعامد الخط الفاصل بين الوسطَين. وإذا ازدادت سرعة الصوت، في الوسط الثاني، فإن الأمواج تنكسر بعيداً عن العمودي (الشكل 4.9). يمكن أن تنكسر أمواج الصوت، كذلك، إذا تغيرت سرعته من نقطة إلى أخرى، في وسط واحد. ففي هذه الحالة، تنحني الأمواج نحو المنطقة ذات السرعة الأقل.

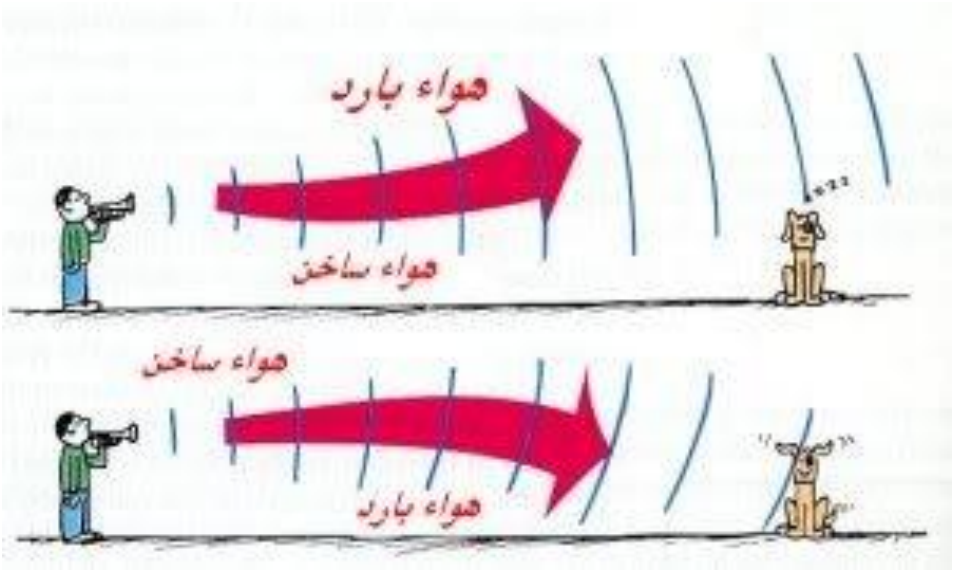


الشكل 4.9: يمثّل ظاهرة انكسار الصوت.

علل: سماع الصوت من مسافة أبعد، في الليل، مقارنة بنهار يوم ساطع الشمس!

- يكون الهواء القريب من الأرض، أثناء النهار، أدفأ من الهواء الذي يعلوه؛ مما يجعل أمواج الصوت تنحني، بعيداً عن سطح الأرض، نحو الهواء الأكثر برودة، حيث تكون سرعتها أقلّ. وينتج من انحناء الأمواج، بهذه الكيفية، ضعف الصوت، قرب

ذلك السطح. أما في الليل، فإن الهواء القريب من سطح الأرض، يكون هو الأكثر برودة، فتنحني أمواج الصوت نحو السطح الأرضي، مما يمكّن من سماعه، من مسافات أبعد (كما هو واضح في الشكل 5.9).



الشكل 4.9: يوضّح سبب سماع الصوت من مسافة أبعد، في الليل، مقارنة بنهار يوم ساطع الشمس.

**********نهاية الفصل التاسع**********