



الصوت حركة موجية

الفصل الثاني

➤ **مقدمة :** تحدث الأصوات أو النغمات نتيجة لإهتزاز الأجسام، ثم تنتقل هذه الإهتزازات في الهواء أو في أي وسط مادي (سائل - صلب - غاز) في جميع الإتجاهات علي شكل حركة موجية حتي تصل إلي الأذن التي تقوم بتكبيرها ونقلها إلي المخ عن طريق العصب السمعي. يعمل المخ علي ترجمة هذه الإهتزازات إلي أصوات ونغمات

➤ وكذلك فإن مدي الصوت المسموع يتراوح بين 20:20000Hz.

سؤال لا يسمع رواد الفضاء أصوات بعضهم البعض فوق سطح القمر وكذلك فإن سكان الأرض لا يسمعون أصوات الانفجارات التي تحدث علي سطح الشمس ؟

ج : وذلك لعدم وجود وسط مادي ينتقل الصوت من خلاله

سؤال لا يسمع الانسان صوت دقات قلبه ؟

ج : لان التردد المسموع ما بين 20:20000 هرتز وتردد دقات القلب اقل من 20 هرتز

إنعكاس الصوت

➤ عند إحداث صوت عال أمام جبل أو سطح كبير وعلي بعد مناسب منه فإننا نسمع صوتا مشابها للصوت الأصلي مرة ثانية يبدو كأنه صادر من نقطة خلف هذا السطح، ويرجع ذلك إلي إنعكاس الموجات الصوتية وإرتدادها علي السطح أو الجبل، والصوت المسموع للمرة الثانية يسمى "الصدي".

مدي الصوت: هو تكرار سماع الصوت الناشئ عن الإنعكاس.

❖ شروط سماع صدي الصوت

① وجود سطح عاكس كبير

② يجب ألا تقل المسافة بين مصدر الصوت والسطح العاكس عن 17 متر.

وذلك لأن الأذن البشرية لا تستطيع التمييز بين صوتين الفترة الزمنية بينهما أقل من 0.1 ثانية، وحيث أن سرعة الصوت في الهواء تساوي 340m/s تقريبا فتكون المسافة بين المصدر والسطح العاكس 34 متر وهذه المسافة يقطعها الصوت ذهابا وإيابا فتكون المسافة بين مصدر الصوت والسطح العاكس 17 متر.

○ يمكن إستخدام صدي الصوت في تعيين البعد بين مصدر الصوت والسطح العاكس (d) من

$$d = \frac{V \times t}{2} \quad \text{العلاقة}$$

سؤال تبطن حوائط القاعات الكبرى بطبقة من الفلين [مادة ماصة للصوت] ؟

ج : لمنع صدي الصوت .

أمثله

مثال ١ : إستخدم جهاز لتعيين عمق بحيرة ، وعندما أصدر هذا الجهاز موجات بسرعة 200 m/s إستغرقت فترة زمنية 0.5 ثانية حتي عادت إلي جهاز الإرسال ، فكم يكون عمق البحيرة

الحل : يحسب عمق البحيرة من العلاقة $d = \frac{V \times t}{2} = \frac{200 \times 0.5}{2} = 50 \text{ m}$

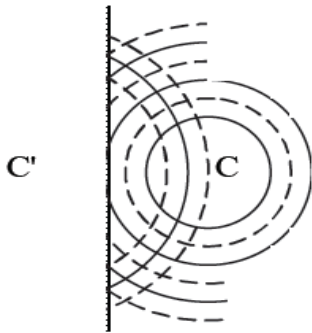
مثال ٢ وقف شخص في وادي بين جبلين وأطلق رصاصة من مسدسه ، فسمع صدي الصوت مرتين بوضوح ، الأولي بعد 4 ثوان والثانية بعد 6 ثوان ، احسب المسافة بين الجبلين إذا كانت سرعة الصوت في الهواء 340 م/ث .

اولا : نحسب المسافة بين الشخص والجبل الاول $d_1 = \frac{V \times t_1}{2} = \frac{340 \times 4}{2} = 680 \text{ m}$
ثانيا : نحسب المسافة بين الشخص والجبل الثاني $d_2 = \frac{V \times t_2}{2} = \frac{340 \times 6}{2} = 1020 \text{ m}$
ثم نحسب العلاقة بين الجبلين

$$d = d_1 + d_2$$

$$d = 680 + 1020 = 1700 \text{ m}$$

◆ إنعكاس موجات الصوت في الهواء المطلق:

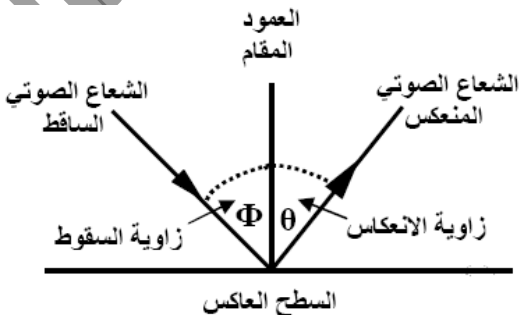


تنتشر الموجات الصوتية في الهواء المطلق علي شكل كرات متحدة المركز (C). من التضاضغطات والتخلخلات مركزها المصدر الأصلي للصوت عندما تقابل الموجات الصوتية حاجزا مستويا فإنها تنعكس ، وتكون الموجات المنعكسة أيضا علي شكل كرات من التضاضغطات والتخلخلات وتكون الموجة المنعكسة كأنها آتية من مصدر آخر خلف الحاجز (C') ، كما في الشكل يكون بعد المصدر الأصلي عن الحاجز C = بعد المصدر C' عن الحاجز

انعكاس الصوت هو ارتداد الموجات الصوتية إلي نفس جهة سقوطها عندما تقابل سطحاً عاكساً.

فكر ماذا يحدث عند سقوط موجة كروية علي سطح مستوي؟

◆ قانونا الانعكاس في الصوت:



١ - زاوية السقوط = زاوية الانعكاس.

٢ - الشعاع الصوتي الساقط والشعاع الصوتي المنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط علي السطح العاكس تقع جميعها في مستوي واحد عمودي علي السطح العاكس.

➡ **الشعاع الصوتي** : خط مستقيم يدل على اتجاه انتشار الموجة الصوتية.



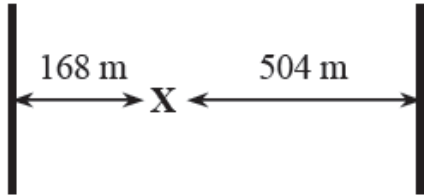
➤ **زاوية السقوط :** هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام من نقطة

السقوط

➤ **زاوية الانعكاس :** هي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط

فكر ماذا يحدث إذا سقط شعاع صوتي عمودي علي السطح العاكس؟

مسائل



(١) يقف شخص عند النقطة (X) بين حائطين كما بالشكل

المقابل وأصدر صوتا عالي فسمع صوتين متتاليين بفارق زمني

2s احسب سرعة الصوت في الهواء (336m/s)

(٢) وقف شخص في مكان مفتوح بين مبنين مرتفعين وأحدث صوتا قويا بإستخدام طلق ناري فسمع

صوتين متعاقبين للصدي الأول بعد ثانيتين والثاني يلي الصدي الأول بثانية واحدة احسب المسافة

بين المبنين علما بأن سرعة الصوت في الهواء 340 م/ث (850m)

(٣) يقف شخص في موضع بين جبلين علي بعد 340 متر من أحدهما و 510 متر من الآخر وأحدث

صفير فإذا علم أن سرعة الصوت في الهواء (340 م/ث)

١ اذكر عدد مرات سماع الشخص لصوت الصفير (2 time)

٢ أوجد الأزمنة الفاصلة بين سماع الصفير (1s)

(٤) أريد معرفة بعد جبل في أحد المناطق فأطلقت رصاصة فسمع صداها بعد 3s من لحظة اطلاقها

فكم يكون بعد الجبل إذا علم أن سرعة الصوت في الهواء 330 م/ث. (495m)

(٥) أنبوبة معدنية طولها 800 m طرقت من إحدي طرفيها فسمع من الطرف الآخر صوتين بفارق

زمني 2s احسب سرعة الصوت في المعدن إذا كانت سرعته في الهواء 320 م/ث. (1600m/s)

(٦) باخرة تبجر مبتعدة عن جبل عالي علي الشاطئ وعندما كانت علي بعد 900m من الشاطئ

أطلقت صوت سمع قائدها صداها بعد 6s فإذا كانت سرعة الصوت في الهواء 340 m/s احسب

سرعة الباخرة. (40m/s)

(٧) غواصة أبحاث استخدمت لتعيين عمق نقطة من نقاط البحر فأصدت صوتا وهي بالقرب من سطح

البحر فسمعت صداها بعد 2 ثانية وعندما غاصت إلي عمق 50 متر أصدت صوتا آخر فسمعت

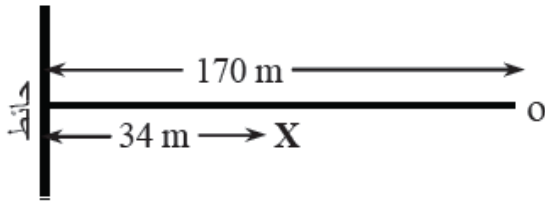
صداها بعد 1.9 ثانية أوجد: ١ عمق البحر عند هذه النقطة

٢ سرعة الصوت في الماء 1000m/s

(٨) شخص يقف بمواجهة جبل وأحدث صفير فسمع صداها بعد 4s فإذا تحرك عن موضعه مسافة

100 m وأحدث صفير آخر فسمع صداها بعد 4.6 s حدد بعد الشخص عن الجبل في الحالة الأولى

(666.666m)



٩) يقف شخص في حقل واسع في مواجهة حائط رأسي وعلى بعد 170m فإذا وضعت بندقية X على بعد 34 m من الحائط على الخط العمودي على الحائط والذي يمر بالشخص O وأطلقت البندقية وكانت سرعة الصوت في الهواء تساوي 340m/s فما الذي يسمعه هذا الشخص؟

(صوتين يفصلهما 0.2 s)

انكسار الصوت

هو تغير اتجاه مسار الشعاع الصوتي عندما يجتاز السطح الفاصل بين وسطين مختلفين في الكثافة.

◆ شرط حدوثه : تقارب سرعة الصوت في الوسطين

◆ أسباب انكسار الصوت عند انتقاله من وسط لآخر:

يحدث إنكسار لموجات الصوت عند انتقالها من وسط إلى وسط آخر نتيجة لتغير سرعة موجات الصوت في الوسطين، وذلك لاختلافهم في الكثافة.

علل ينكسر الصوت عند انتقاله من وسط لآخر؟

ج : يرجع ذلك لتغير سرعة الصوت عند انتقاله بين وسطين مختلفين في الكثافة

◆ تغير سرعة الصوت بتغير كثافة الوسط

① في الغازات تتوقف سرعة الصوت في أي وسط

$$V \propto \frac{1}{\sqrt{\rho}}$$

علي كثافة هذا الوسط

أمثلة : غاز ثاني أكسيد الكربون أكبر كثافة من الهواء، لذا تكون سرعة الصوت فيه أقل من سرعته في الهواء، وعلى العكس غاز الهيدروجين أقل كثافة من الهواء، لذا تكون سرعة الصوت فيه أكبر من سرعته في الهواء.

② سرعة الصوت في الجوامد والسوائل: في هذه الحالة ليست الكثافة هي العامل الوحيد كما في

الغازات ولكن هناك عامل آخر له تأثير أكبر وهو معامل المرونة الحجمي لينج لذلك نجد ان سرعة الصوت في المواد الصلبة أكبر منها في السوائل أكبر منها في الغازات .

علل تختلف سرعة الصوت في الغازات رغم انها لها نفس درجة الحرارة

ج : لان سرعة الصوت في الغازات تتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي لكثافة الغاز .

فكر ... ينتشر الصوت صيفا أسرع منه شتاء؟

ان الانسان الأكثر سعادة هو ذاك الذي يصنع سعادة أكبر عدد من الاشخاص



س: متي ينكسر شعاع صوتي مبتعدا عن العمود المقام ؟

ج : وذلك عن انتقاله من وسط اقل كثافة الي وسط اقل كثافة حيث تكون زاوية السقوط اقل من زاوية الانكسار

س: متي ينكسر شعاع صوتي مقتربا من العمود المقام ؟

ج : وذلك عن انتقاله من وسط اقل كثافة الي وسط اكبر كثافة حيث تكون زاوية السقوط اكبر من زاوية الانكسار

علل: عند سقوط الصوت من هواء بارد الي هواء ساخن فانة ينكسر مبتعدا عن العمود؟

ج : وذلك لان سرعة الصوت في الهواء البارد اقل من سرعة الصوت في الهواء الساخن فتكون زاوية الانكسار اكبر من زاوية السقوط فينكسر مبتعدا عن العمود

علل: عند سقوط الصوت من الهواء الي ثاني اكسيد الكربون تنكسر مقتربة من العمود؟

ج : وذلك لان سرعة الصوت في الهواء اكبر من سرعة الصوت في ثاني اكسيد الكربون فتكون زاوية الانكسار اقل من زاوية السقوط فينكسر مقتربة من العمود

فكر... يعمل بالون CO₂ كمجمع للصوت بينما يعمل بالون الهيليوم كمفرق للصوت بينما يعمل البالون

المملؤ بالهيدروجين علي تفريق موجات الصوت؟

علل: لا يسمع شخص تحت الماء بوضوح الصوت الصادر في الهواء.

ج : يرجع ذلك لان معظم الموجة الصوتية تنعكس نظرا للفرق الكبير في الكثافة بين الماء والهواء وجزء منها ينكسر مبتعدا عن العمود المقام.

علل: عند سقوط موجات صوتية من الهواء الي الماء تنكسر مبتعدة عن العمود.

ج : لان سرعة الصوت في الماء اكبر من سرعة الصوت في الهواء فتكون زاوية الانكسار اكبر من زاوية السقوط

علل: يسري الصوت ليلا ايسر منه نهارا؟

ج : لان سرعة الصوت تتاثر بكثافة الوسط الذي تنتشر فيه وبالتالي بدرجة حرارته حيث تقل الكثافة بزيادة درجة الحرارة فتزداد سرعة الموجة وبالتالي

نهارا : تزداد درجة حرارة طبقات الهواء الملاصقة لسطح الارض فتزداد سرعة الصوت فيها عن الطبقات التي تعلوها فتتكسر موجات الصوت لاعلي وتتخفض شدته فلا نسمعه بوضوح.

ليلا : تنخفض درجة حرارة طبقات الهواء الملاصقة لسطح الارض فتقل سرعة الصوت فيها عن طبقات الهواء الدافئ التي تعلوها فتتكسر موجات الصوت لاسفل و تزداد شدته فنسمعه بوضوح

ما النتائج المترتبة علي كل من:

① انتقال موجة صوتية بين وسطين مختلفين في الكثافة

② وضع بالون من المطاط مملؤ بغاز الهيليوم الأخف من الهواء بين أذنك ومصدر صوتي.

③ سقوط موجات صوتية من الهواء إلي الماء.

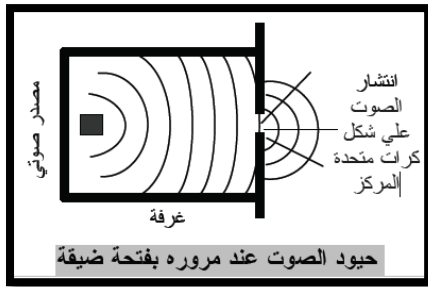


حيود الصوت.

👉 إذا تكلم شخص في غرفة فإن شخصا آخر في الغرفة المجاورة يمكنه سماعه دون أن يقف

الشخص الثاني أمام فتحة الباب مثلا.

السبب في ذلك أن الأمواج الصوتية عندما تمر بحافة صلبة أو تنفذ من فتحة صغيرة فإنها تحيد عن اتجاهها الأصلي وينتشر الصوت في الغرفة الثانية خلف الحاجز أو الثقب على شكل كرات متحدة المركز مركزها الفتحة كما في الشكل المقابل، وكل



ما يحدث هو أن شدة الصوت المسموع تكون أكثر وضوحا أمام الفتحة ثم تتغير من مكان لآخر.

♦ **تعريف حيود الصوت :** هو تغير في مسار الموجة الصوتية أو انحنائها عند مرورها في فتحة ضيقة

بالنسبة لطولها الموجي، أو عند مرورها بحافة حادة في نفس الوسط

♦ **شروط حدوث حيود الصوت:**

أن تكون الفتحة ضيقة بالنسبة للطول الموجي للموجة الصوتية أي عندما تكون أبعاد الفتحة مقاربة للطول الموجي.

علل يمكن ملاحظة حيود الصوت أسهل من حيود الضوء

ج : وذلك لأن طول موجة الصوت كبير لذا يكون اتساع الفتحات كبيرا نسبيا فيظهر حيود الموجات الصوتية، أما حيود موجات الضوء فيصعب ملاحظته لأن طول موجة الضوء صغير جدا فيحتاج إلى فتحات صغيرة جدا لكي يحدث.

وجه المقارنة	الحيود	الانكسار
اين يحدث	عند حافة جسم صلب او عند فتحة ضيقة في جسم الصلب في نفس الوسط	عند السطح الفاصل بين وسطين مختلفين في الكثافة
سرعة الصوت	تظل ثابتة	تختلف بعد انتقالها للوسط الاخر
شكل الانتشار	تنتشر الموجات بعد الحيود على شكل مخروط	تنتشر في خطوط مستقيمة قبل وبعد الانكسار
متي يحدث	عندما يقابل الصوت حافة صلبة او فتحة ضيقة في نفس الوسط	عند انتقال الصوت من وسط لآخر مختلف عنه في الكثافة

علل إذا تكلم شخص في غرفة فإن شخصا آخر في الغرفة المجاورة يمكنه سماعه دون أن يقف الشخص الثاني أمام فتحة الباب مثلا.

ج : بسبب ظاهرة حيود الصوت حيث يعمل الثقب (الباب أو حافة الحاجز) كمصدر صوتي جديد ينتشر منه الصوت في جميع الاتجاهات .



تداخل الصوت

هو ظاهرة تراكب موجتين أو أكثر لهما نفس التردد والسعة وينتشران في نفس الاتجاه وينتج عنها تقويه لشدة الصوت في مناطق وانعدام شدة الصوت في مناطق أخرى .

♦ شروط حدوثه

- ① ان يكون الحركتين الموجيتين لهما نفس التردد والسعة .
- ② ان يكون خط انتشار الموجتين واحد
- ③ ان يكون فرق الطور بين الحركتين الموجيتين عند نقطة في مسارهما ثابت

♦ تجربة لتوضيح التداخل في الصوت:

١ -نصل مضخمي الصوت بمصدر كهربائي متذبذب وبذلك

نحصل علي مصدرين يبثان موجات صوتية (Y , X) لهما نفس التردد والسعة كما في الشكل التالي .

٢ -عندما تتقابل الحركتين الموجيتين الصادرتين من المضخمين والمتساويتين في التردد والسعة يحدث بينهما تراكب أو تداخل.

٣ -تمثل الأقواس المتصلة علي الرسم مواضع النهايات العظمي للتضاغطات والأقواس المتقطعة تمثل مواضع النهايات العظمي للتخلخلات.

٤ -ينتج عن تداخل الحركتين الموجيتين ما يلي:

تزداد شدة الصوت في بعض المواضع مثل (b, d, g) التي يلتقي فيها تضاغطات المصدر الأول مع تضاغطات المصدر الثاني وكذلك عندما تلتقي تخلخلات المصدر الأول مع تخلخلات المصدر الثاني ويسمي هذا التداخل "تداخل بناء" وعندئذ يكون فرق المسار بين الحركتين الموجيتين = صفر أو عدد صحيح من الموجات أي أن:

$$\text{فرق المسار في التداخل البناء} = m \times \lambda$$

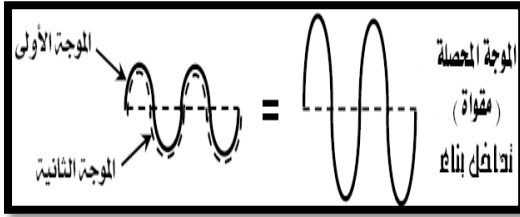
حيث ان $m=1,2,3,4,.....$

تتعدم شدة الصوت في بعض المواضع مثل (a, c, f, h) التي يلتقي فيها تضاغطات المصدر الأول مع تخلخلات المصدر الثاني وكذلك عندما تلتقي تخلخلات المصدر الأول مع تضاغطات المصدر الثاني ويسمي هذا التداخل "تداخل هدام" وعندئذ يكون فرق المسار بين الحركتين الموجيتين = نصف موجة أو عدد صحيح ونصف من الموجات أي أن:

$$\text{فرق المسار في التداخل الهدام} = (m + 1/2) \lambda \quad \text{حيث ان } m=1,2,3,4,.....$$

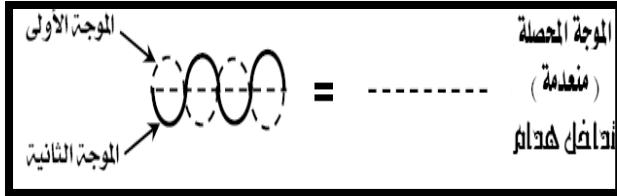


التداخل البناء في الصوت: 🖐



هو التقوية التي تحدث في شدة الصوت في بعض المواضع نتيجة تراكم حركتين موجيتين لهما نفس التردد والسعة ويكون فرق المسار بينهما صفر أو عدد صحيح من الموجات.

التداخل الهدام في الصوت: 🖐



هو الإنعدام في شدة الصوت في بعض المواضع نتيجة تراكم حركتين موجيتين لهما نفس التردد والسعة ويكون فرق المسار بينهما نصف موجة أو عدد صحيح ونصف من الموجات.

📖 فرق المسير بين موجتين متداخلتين 3λ

ج : أي ان التداخل بناء ورتبته عند ذلك الموضع الثالثة

📖 فرق المسير بين موجتين متداخلتين 4.5λ

ج : أي ان التداخل هدام ورتبته عند ذلك الموضع الرابع

📖 ❶ فرق الطور بين موجتين 180° درجة

❷ فرق الطور بين موجتين 360° درجة

وجه المقارنة	التداخل البناء في الصوت	التداخل الهدام في الصوت
التعريف	هو التقوية في شدة الصوت في بعض المواضع نتيجة تراكم حركتين موجيتين متساويتين في التردد والسعة	هو الضعف أو الانعدام في شدة الصوت في بعض المواضع نتيجة تراكم حركتين موجيتين متساويتين في التردد والسعة
السبب	التقاء تضاعف من الموجة الأولى مع تضاعف من الموجة الثانية أو تداخل من الموجة الأولى مع تداخل من الموجة الثانية	التقاء تضاعف من الموجة الأولى مع تضاعف من الموجة الثانية أو العكس
شروط الحدوث	أن يكون فرق المسار بين الموجتين $m\lambda$	أن يكون فرق المسار بين الموجتين $(m+1/2)\lambda$



مثال ١: تداخلت موجتين لهما نفس التردد والسعة وكان فرق المسير بينهما عند موضع ما

هو 5 متر، فإذا كانت سرعة كل منهما 340 م/ث وترددهما 170 هيرتز، فما نوع التداخل الحادث عند هذا الموضع.

الحل : نحسب أولاً الطول الموجي $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{170} = 2m$

فرق المسير $m \lambda = 5m$ $\therefore m = \frac{5}{2} = 2.5m$

وحيث m عدد غير صحيح إذن التداخل هدمي

مثال ٢: الأزهر ٢٠١٠ تداخلت موجتان صوتيتان تردد كل منهما 512 هرتز وكان فرق المسير

بينهما 250cm علماً بأن سرعة الصوت في الهواء 320 م/ث هل التداخل بينهما بناء أم هدام.

الحل : أولاً نقوم بحساب الطول الموجي لكل منهما

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{320}{512} = 0.625m = 62.5cm$$

فرق المسير $m \lambda = 250 \leftarrow m = \frac{250}{62.5} = 4$ إذن التداخل بناء ورتبته الرابعة

الصوت حركة موجية

مما سبق يتضح لنا أن الصوت لا بد أن يكون حركة موجية لأنه يتمتع بالخواص التالية:

- ١- ينتشر في خطوط مستقيمة في جميع الاتجاهات عند انتقاله في الوسط المادي المتجانس.
- ٢- ينعكس عند سقوطه على سطح عاكس بحيث: زاوية السقوط = زاوية الانعكاس.
- ٣- قابلاً للانكسار عن انتقاله بين وسطين مختلفين.
- ٤- تتداخل الأصوات المتساوية في التردد والسعة.
- ٥- يحيد الصوت عن مساره الأصلي عند مروره في نفس الوسط بحافة حادة أو نفاذه من فتحة ضيقة.

أسئلة وتدريبات

السؤال الأول: أكتب المصطلح العلمي الدال على العبارات التالية:

- ١- انحراف في مسار موجات الصوت عند انتقالها بين وسطين مختلفين في الكثافة.
- ٢- تراكب موجتين لهما نفس التردد والسعة وتنتشران في اتجاه واحد.
- ٣- تقوية الصوت نتيجة تقابل تضامطين أو تخلخلين من موجتين صوتيتين لهما نفس التردد والسعة.
- ٤- ضعف أو انعدام الصوت نتيجة تقابل تضامط من موجة صوتية مع تخلخل من موجة صوتية أخرى.
- ٥- ظاهرة تحدث نتيجة مرور موجات الصوت خلال ثقب.
- ٦- المستوي الذي تكون جميع نقاطه لها نفس الطور عمودياً على اتجاه انتشار الموجة.

السؤال الثاني: ما هي شروط حدوث كل من:

- ① إنكسار الصوت
- ② تداخل الصوت
- ③ التداخل البناء لموجات الصوت
- ④ التداخل الهدام لموجات الصوت
- ⑤ حيود الصوت



السؤال الثالث :مسائل متنوعة علي تداخل الصوت:

١ -تداخلت موجتين صوتيتين لهما نفس السعة والتردد وكان فرق المسير بينهما 3.5m فإذا كان الطول الموجي لكل منهما 0.7 m فما نوع التداخل عند هذا الموضع (بناء)

٢ -مكبران لمصدر واحد تردده 720 هيرتز وكانت سرعة الصوت في الهواء 360 م/ث ما نوع التداخل في الحالات التالية ① عند نقطة علي بعد 20 متر من الأول و 26 متر من الثاني .

② عند نقطة علي بعد 10 متر من الأول و 12.25 متر من الثاني . (هدام ، بناء)

تراكب الموجات

يقصد بتراكب الموجات بيان ما يحدث للوسط السلك أو الزنبرك المهتز عندما تؤثر عليه نبضتان أو أكثر في الوقت نفسه.

مبدأ تراكب الموجات:

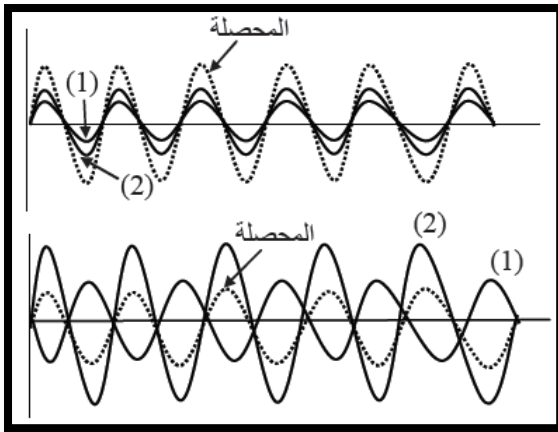
إذا عبرت سلك أو زنبرك أو أي وسط آخر عدة نبضات في نفس الوقت، فإن محصلة الإزاحات لأي دقيقة من دقائق الوسط تساوي المجموع الجبري للإزاحات الناتجة عن النبضات وعندئذ تكون المحصلة هي مجموع شدة الموجات.

ويلاحظ حدوث الآتي:

① إذا كانت إزاحتا الموجتين في اتجاه واحد إلى أعلى أو إلى أسفل فإن، الموجة المحصلة تساوي مجموع الإزاحتين.

② إذا كانت إزاحتا الموجتين في اتجاهين متضادين، فإن الموجة المحصلة تساوي الفرق بين الإزاحتين، كما في

الشكل المقابل.



النغمات المتوافقة (الضربات)

نغمات تتج من تراكب حركتين موجيتين لهما نفس السعة ويختلفان قليلاً في التردد وينتشران في نفس الاتجاه

كيف تسمع النبضات

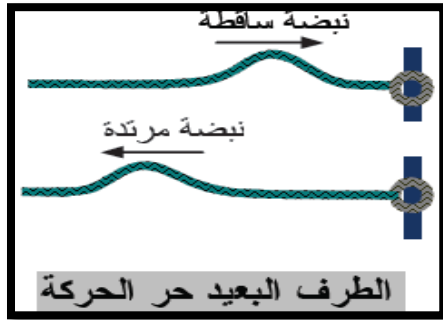
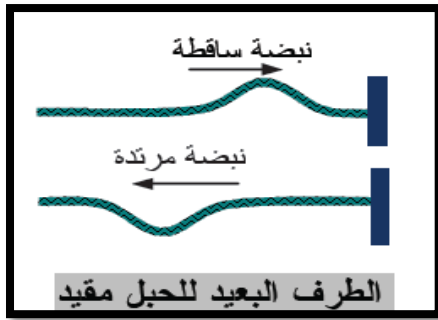
ج : يسمع ضعيف في البداية ثم تزداد شدته تدريجياً حتي تكون الشدة قيمة عظمى بعدها تقل شدة الصوت تدريجياً حتى تنعدم

👉 تردد النغمات المتوافقة (الضربات) هو عدد مرات تقوية أو ضعف الصوت المسموع من النغمتين معا في

الثانية الواحدة يساوي الفرق بين ترددي الموجتين المتراكبتين

📖 ما معنى قولنا ان تردد النبضات = 5 هرتز

ج : أي الفرق بين تردد موجتين لهما نفس السعة وينتشران في نفس الاتجاه = 5 هرتز



النبضة هي إضطراب فردي لا يتكرر (مثل قمة أو قاع).

انعكاس النبضات:

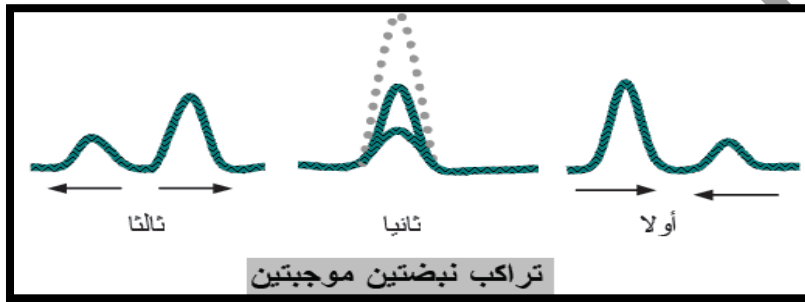
١ - إذا إنتقلت نبضة من أحد طرفي حبل إلى الطرف الآخر فإن كان الطرف الثاني مربوطا في حلقة قابلة للإنزلاق أي أن هذا الطرف حرا فإن الموجة المرتدة تكون موجبة مثل الموجة الساقطة، وعندما تلتقي

الموجة المرتدة مع الموجة الساقطة تعطي تداخلا بناءا.

٢ - أما إذا كان الطرف الثاني ثابتا لا يمكنه الحركة فإن الموجة المرتدة تكون دائما معكوسة، وعندما تلتقي الموجة المرتدة مع الموجة الساقطة تعطي تداخلا هداما.

تراكب النبضات:

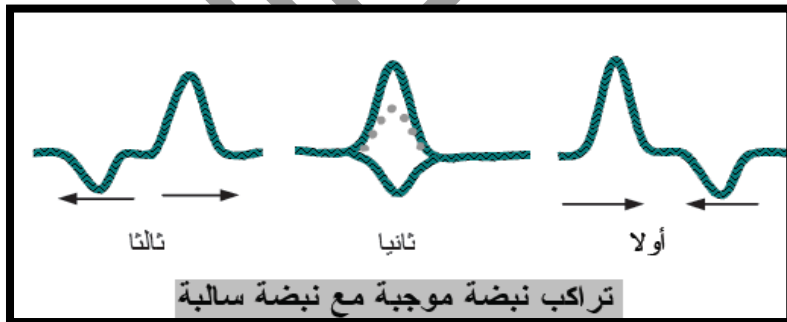
أولا: تراكب نبضتين موجبتين وتنتشران في اتجاهين متعاكسين



عند تقابل النبضتين تزداد سعة إهتزاز النبضة المحصلة وتساوي مجموع سعتي النبضتين عندما تتفصل النبضتين تسير كل منهما في نفس مسارها الأصلي بنفس طاقتها تقريبا.

ثانيا: تراكب نبضتين إحداهما موجبة والأخرى سالبة وتنتشران في اتجاهين متعاكسين:

عند تقابل النبضتين تقل سعة إهتزاز النبضة المحصلة لأن إحداهما موجبة والأخرى سالبة وتساوي



الفرق بين سعتي النبضتين. عندما تتفصل النبضتين تسير كل منهما في نفس مسارها الأصلي بنفس طاقتها تقريبا.

سـد وضـح بالرسم ماذا يحدث عند :-

- ١ - سريان نبضة مستعرضة خلال وتر وارتدادها عندما تكون نهاية الوتر ثابتة .
- ٢ - سريان نبضة مستعرضة خلال وتر وارتدادها عندما تكون نهاية الوتر قابلة للحركة .
- ٣ - تراكب نبضتين موجبتين تنتشران في اتجاهين متعاكسين .
- ٤ - تراكب نبضتين إحداهما موجبة والأخرى سالبة تتحركان في اتجاهين متعاكسين .



الموجات الموقوفة

هي موجات تنشأ من تراكب أو تداخل حركتين موجيتين لهما نفس التردد والسعة ولكنهما تنتشران في اتجاهين متضادين.

مثال ذلك:

- تراكب موجة ساقطة مع موجة منعكسة في وتر مشدود، حيث تتداخل هذه الموجات ويبدو الوتر وكأنه لا يتحرك إلى اليمين ولا إلى اليسار، وتسمى هذه الموجات بالموجات الساكنة أو الموقوفة.

♦ تجارب لإحداث الموجات الموقوفة:

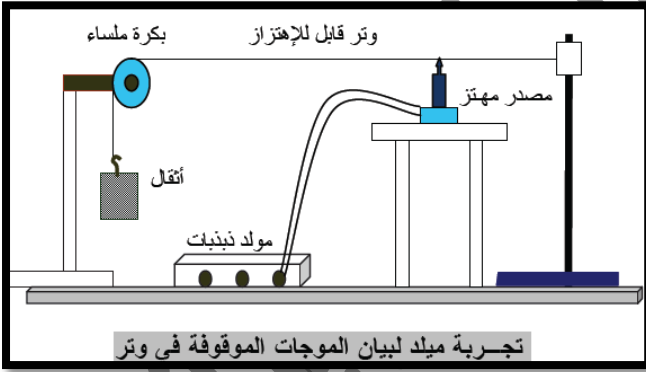
- ① يمكن إحداث موجات موقوفة بتحريك وتر أو حبل أو ملف لولبي صعودا وهبوطا بشكل تبادلي من طرفيه أو تثبيته في طرف وتحريكه حركة توافقية بسيطة في الطرف الآخر.
- ② يمكن إحداث الموجات الموقوفة بتثبيت وتر من طرفيه ثم جذبه من الوسط فتتولد من الوسط موجتان



موجتان في اتجاهين متضادين فتردد الموجتان عند الطرفين الثابتين ثم تتداخل الموجات الساقطة مع الموجات المنعكسة وتتخذ جسيمات الوتر شكلا محددًا وفيه يبدو الوتر وكأنه يتحرك عموديا على نفسه

♦ تجارب ميلد للحصول علي موجة موقوفة

الغرض منها تستخدم تجربة ميلد لتوليد موجات موقوفة في سلك أو ورق، ودراسة هذه الموجات،



وتعيين سرعة انتشارها.

◀ تركيب جهاز ميلد:

- يتركب جهاز ميلد كما بالشكل المقابل من
- ① مصدر مهتز يتصل بخيط رقيق مرن طوله من مترين إلى ثلاثة أمتار.

- ② يمر الطرف الآخر للخيط على بكرة ملساء وينتهي بكفة توضع بها أثقال مناسبة

◀ خطوات التجربة:

- ١ - عندما يهتز المصدر ينتقل إلى الوتر قطار مستمر من الموجات.
- ٢ - تنعكس الموجات عندما تصل إلى البكرة.
- ٣ - تتراكب الموجات الساقطة مع الموجات المنعكسة مكونة موجات موقوفة والتي تتكون من عقد وبطنون وذلك عندما يكون تردد المصدر المهتز له قيمة معينة بالنسبة لطول الوتر.
- ٤ - كلما زاد الثقل قوة شد الوتر F_T تزداد سرعة انتشار الموجات الموقوفة في الوتر وكذلك ترددها

$$V \propto \sqrt{F_T} \quad \text{لنفس طول الوتر، وقد وجد أن}$$



مكونات الموجة الموقوفة : تتكون الموجة الموقوفة من عدد من القطاعات كل قطاع

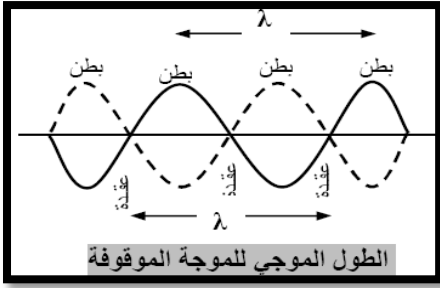
عبارة عن عقدتين وبطن.

العقدة: هي الموضع الذي تنعدم فيه سعة الاهتزازة.

البطن: هي الموضع الذي تبلغ سعة الاهتزازة نهاية عظمي او

المواضع التي تبلغ عندها سرعة جزيئات الوسط اقصى ما يمكن

الطول الموجي للموجة الموقوفة :



هو ضعف المسافة بين أي بطنين متتاليتين أو ضعف المسافة بين أي عقدتين متتاليتين،

أو هو ضعف طول الوتر مقسوما على عدد القطاعات المسافة

او اربعة امثال المسافة بين عقدة وبطن متتالين او المسافة بين ٣ عقد او المسافة بين ٣ بطون .

ما معني قولنا أن: البعد بين عقدتين متتاليتين في موجة موقوفة 45cm

ج : أي أن الطول الموجي لها 90cm

الطول الموجي لموجة موقوفة 100cm

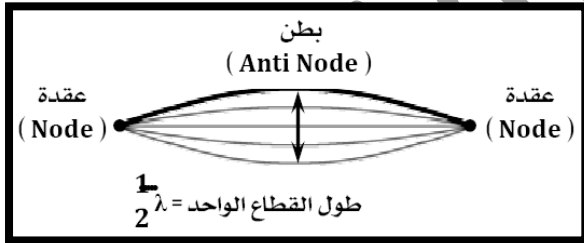
ج : أي أن ضعف المسافة بين عقدتين متتاليتين أو بطنين متتاليتين تساوي 100cm

المسافة بين عقدة وبطن متتاليتين في وتر مهتز = 30cm

ج : أي أن طول الموجة الصادرة من الوتر عند اهتزازها = 120cm

فكر... ما معني ان المسافة بين العقدة الاولى والخامسة 20Cm؟

ملاحظات



١ - المسافة بين بطنين متتاليتين = نصف طول موجي

٢ - المسافة بين عقدتين متتاليتين = نصف طول موجي

٣ - المسافة بين عقدة وبطن = ربع طول موجي

إهتزاز الأوتار

إذا طرق وتر من منتصفه فإن أجزاء الوتر تهتز في اتجاهات عمودية على طوله الذي يمثل خط

انتشار الموجة لذا يعتبر إهتزاز الأوتار إهتزازا مستعرضا.

علل: تنتشر الموجات المستعرضة في الأوتار المشدودة على هيئة موجات موقوفة

لان الموجات الساقطة في الوتر تتراكب مع الموجات المنعكسة عند كل من طرفي الوتر فتتكون

الموجات الموقوفة

من احترم الناس احترم موه ومن اساء لهم أهانوه



إنتشار الموجة المستعرضة في الأوتار:

① عند طرق الوتر من منتصفه تحدث فيه موجات مستعرضة وهذه الموجات تنتقل في جزئي الوتر حتي تصل إلي نهايتيه المثبتتين.

② تنعكس الأمواج المستعرضة عند النهايتين المثبتتين للوتر

③ تتراكب أو تتداخل الحركتين الموجيتين الساقطة والمنعكسة مكونة الموجات الموقوفة .

لا تعمل الموجات الموقوفة على انتقال الطاقة

جـ : لان الموجات الموقوفة ناتجة عن تراكب موجتين متضادتين فتلغى احدهما ما يحدث لانتقال الطاقة بالآخرى فلا تنتقل الطاقة

سرعة إنتشار الموجات المستعرضة في الأوتار

يمكن تعيين سرعة إنتشار الأمواج المستعرضة في الوتر (v) بمعلومية :

قوة شد الوتر (F_T) بالنيوتن وكتلة وحدة الاطوال من الوتر m كجم/متر

$$V = \sqrt{\frac{F_T}{m}} \quad \text{وذلك من العلاقة التالية}$$

العوامل التي تتوقف عليها سرعة إنتشار الأمواج المستعرضة في وتر:

① قوة الشد من الوتر: تزداد سرعة انتشار الأمواج بزيادة قوة شد الوتر F_T ، عند ثبوت كتلة وحدة الأطوال من الوتر m

② كتلة وحدة الأطوال من الوتر m: ويقصد بها كتلة المتر الواحد من الوتر أو الكثافة الطولية لمادة الوتر وتقل سرعة إنتشار الأمواج بزيادة كتلة وحدة الأطوال من الوتر ، عند ثبوت قوة شد الوتر
ملاحظة هامة جدا : إذا زادت قوة شد الوتر إلي أربعة أمثال قيمتها الأصلية مع ثبوت كتلة وحدة الاطوال من الوتر فإن سرعة انتشار الموجة المستعرضة في الوتر تزداد إلي ضعف قيمتها فقط ، وذلك لأن سرعة انتشار الموجة تتناسب طرديا مع الجذر التربيعي لقوة الشد فقط $\sqrt{F_T}$ وليس مع قوة الشد F_T

تزداد سرعة انتشار الموجة المستعرضة في الوتر بزيادة قوة الشد؟

جـ : لان سرعة انتشار الموجة الموقوفة تتناسب طرديا مع الجذر التربيعي لقوة الشد $V \propto \sqrt{F_T}$

📖 ما معني ان الكثافة الطولية لوتر 20Kg/m ؟

جـ : أي ان كتلة وحدة الاطوال لهذا الوتر 20 kg

س) سلك معدني مشدود بين دعامتين راسيتين ثابتتين هل تتأثر سرعة انتشار موجة مستعرضة فيه بتغير درجة حرارة الوسط المحيط ؟

جـ : نعم تتغير سرعة انتشار الموجة لان تغير درجة حرارة الوسط المحيط يغير من قوة الشد بفعل التمدد

والانكماش وهذا يحدث في الالات الموسيقية الوترية كالعود والكمان $V = \sqrt{\frac{F_T}{m}}$



س) خيطان متماثلان مثبت أحدهما في حائط بينما يشد الآخر بواسطة شخص ما ، فإذا

أرسلت نبضة مستعرضة في أحد الخيطين وبعد فترة وجيزة أرسلت نبضة أخرى مستعرضة في الخيط الآخر وضع مع التعليل هل يمكن عمل شيء لتلحق النبضة الثانية بالاولي في نفس الاتجاه ؟

ج : نعم يمكن ذلك بان يتحكم الشخص في قوة الشد التي يؤثر بها علي كلا الوترين حتي تستطيع

$$V = \sqrt{\frac{F_T}{m}}$$

س) ما النتائج المترتبة علي

① زيادة عدد قطاعات الوتر ثلاث مرات (عند ثبوت قوة الشد له أثناء اهتزازه) .

ج: يهتز الوتر في هذه الحالة مصدراً نغمته التوافقية الثالثة وهي تساوي ثلاث أمثال تردد النغمة الأساسية

② نقص كتلة وحدة الأطوال من الوتر إلى الربع بالنسبة إلى التردد (عند ثبوت قوة الشد) .

$$U \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$$

③ زيادة طول الوتر إلى الضعف بالنسبة إلى التردد (عند ثبوت قوة الشد وكتلة وحدة الأطوال) .

$$U \propto \frac{1}{L}$$

④ زيادة قوة شد وتر إلى أربعة أمثالها بالنسبة لسرعة انتشار الموجات المستعرضة فيه .

$$V \propto \sqrt{F_T}$$

تعيين تردد نغمة طادرة من وتر
"إستنتاج القانون العام لإهتزاز الأوتار"

① عندما يهتز وتر مشدود تحدث فيه أمواج موقوفة وينقسم الوتر أثناء اهتزازه إلي عدد من القطاعات

(n) كل قطاع منها عبارة عن عقدتين وبطن. ومن ثم نجد أن

$$\frac{\lambda}{2} = \text{المسافة بين عقدتين متتاليتين}$$

② نفرض أن عدد قطاعات الوتر يساوي n قطاع وأن طول الوتر كله يساوي L متر فيكون طول

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{L}{n} \Leftrightarrow \lambda = \frac{2L}{n} \quad (1)$$

أي أن الطول الموجي للموجات المنتشرة في الوتر = ضعف طول الوتر مقسوما علي عدد القطاعات.

③ وحيث أن سرعة انتشار الأمواج المستعرضة في وتر يمكن تعيينها كما سبق من العلاقة

$$V = \sqrt{\frac{F_T}{m}} \quad (2)$$

وحيث ان سرعة إنتشار الموجة (V) = التردد (U) × الطول الموجي (λ)

$$U = \frac{V}{\lambda} = \frac{1}{\lambda} V \quad (3)$$

بالتعويض من ١ ، ٢ في ٣ نجد ان تردد الوتر يتعين من العلاقة

$$U = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{F_T}{m}} \quad \text{" القانون العام لاهتزاز الاوتار "}$$



النغمة الأساسية لوتر

هي النغمة التي يصدرها الوتر عندما يهتز علي هيئة قطاع واحد ويكون ترددها هو أقل تردد يمكن أن يهتز به الوتر.

عندما يهتز الوتر علي هيئة قطاع واحد



نغمة أساسية أو توافقية أولى

$$n = 1, L = \frac{1}{2} \lambda, \lambda = 2L$$

تسمى النغمة الأساسية ، بالنغمة التوافقية الأولى.

حساب تردد النغمة الأساسية لوتر أو النغمة التوافقية الأولى

$$v_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F_T}{m}}$$

ما معني قولنا ان تردد النغمة الاساسية 200 هرتز

ج : معني ذلك أن هذا الوتر يحدث 200 إهتزازة كاملة في الثانية الواحدة عندما يهتز كله كقطعة واحدة. وهو اقل تردد يصدر من الوتر

علل لا يصدر من الوتر تردد اقل من تردد النغمة الاساسية ؟

ج : لأن الوتر عندما يصدر نغمته الأساسية فإنه يهتز كله كقطعة واحدة وهو أقل عدد من القطاعات لذلك يكون تردد النغمة الأساسية أقل تردد

النغمات التوافقية لوتر

هي النغمة التي يصدرها الوتر عندما يهتز علي هيئة قطاعين أو أكثر ، ويكون ترددها مضاعفا صحيحا لتردد النغمة الأساسية.

1 النغمة الفوقية الأولى (التوافقية الثانية)

هي النغمة التي يصدرها الوتر عندما يهتز علي هيئة قطاعين ويكون ترددها ضعف تردد النغمة الاساسية .

$$v_2 = \frac{2}{2L} \sqrt{\frac{F_T}{m}} = 2v_1$$

2 النغمة الفوقية الثانية (التوافقية الثالثة)

هي النغمة التي يصدرها الوتر عندما يهتز علي هيئة ثلاث قطاعات ثلاثة امثال النغمة الاساسية

$$v_3 = \frac{3}{2L} \sqrt{\frac{F_T}{m}} = 3v_1$$

تردد النغمة الفوقية الأولى لوتر = 400Hz

ج : معني ذلك أن هذا الوتر يحدث 400 إهتزازة كاملة في الثانية الواحدة عندما يهتز كقطعتين.

وتر يهتز علي هيئة خمس قطاعات

ج : معني ذلك أن هذا الوتر يصدر نغمته التوافقية الخامسة أو الفوقية الرابعة



ملاحظة هامة :

عدد القطاعات = رقم النغمة الفوقية + ١ = رقم النغمة التوافقية

يمكن أن تتواجد النغمات السابقة كلها معا في وقت واحد إذا جذب الوتر وترك ليتذبذب وتسمى هذه النغمات " أنماط " أما إذا إتصل الوتر بمصدر مهتز له أحد الترددات المحددة فإن النمط الغالب الذي يسود يكون هو تردد المصدر نفسه.

النسبة بين بين تردد النغمة الأساسية (التوافقية الأولى) لوتر والنغمات التوافقية

$$U_1 : U_2 : U_3 \text{ هي } 1 : 2 : 3$$

العوامل التي يتوقف عليها تردد النغمة الأساسية لوتر

$$U_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F_T}{m}} \quad \text{يتعين تردد النغمة الأساسية لوتر من العلاقة}$$

ومن هذه العلاقة يمكن إستنتاج أن تردد النغمة الأساسية لوتر تتوقف علي العوامل التالية:

① طول الوتر L : يتناسب تردد النغمة الأساسية للوتر تناسباً عكسياً مع طوله عند ثبوت قوة الشد وكتلة وحدة الأطوال منه فكلما زاد طول الوتر قل تردده (أي أصبح الصوت غليظاً) .

② قوة شد الوتر F_T : يتناسب تردد النغمة الأساسية لوتر تناسباً طردياً مع الجذر التربيعي لقوة الشد عند ثبوت طول الوتر وكتلة وحدة الأطوال منه فكلما زادت قوة الشد زاد تردد الوتر (أي أصبح الصوت حاداً)

③ كتلة وحدة الأطوال من الوتر : يتناسب تردد النغمة الأساسية لوتر تناسباً عكسياً مع الجذر التربيعي لكتلة وحدة الأطوال منه عند ثبوت طول الوتر وقوة الشد فالوتر الرفيع يكون تردده كبيراً (الصوت حاد) والعكس بالنسبة للوتر السميك.

عندما تزيد قوة شد الوتر تزداد حدة النغمة الصادرة من الوتر

ج : لأن تردد الوتر يتناسب طردياً مع الجذر التربيعي لقوة شد الوتر

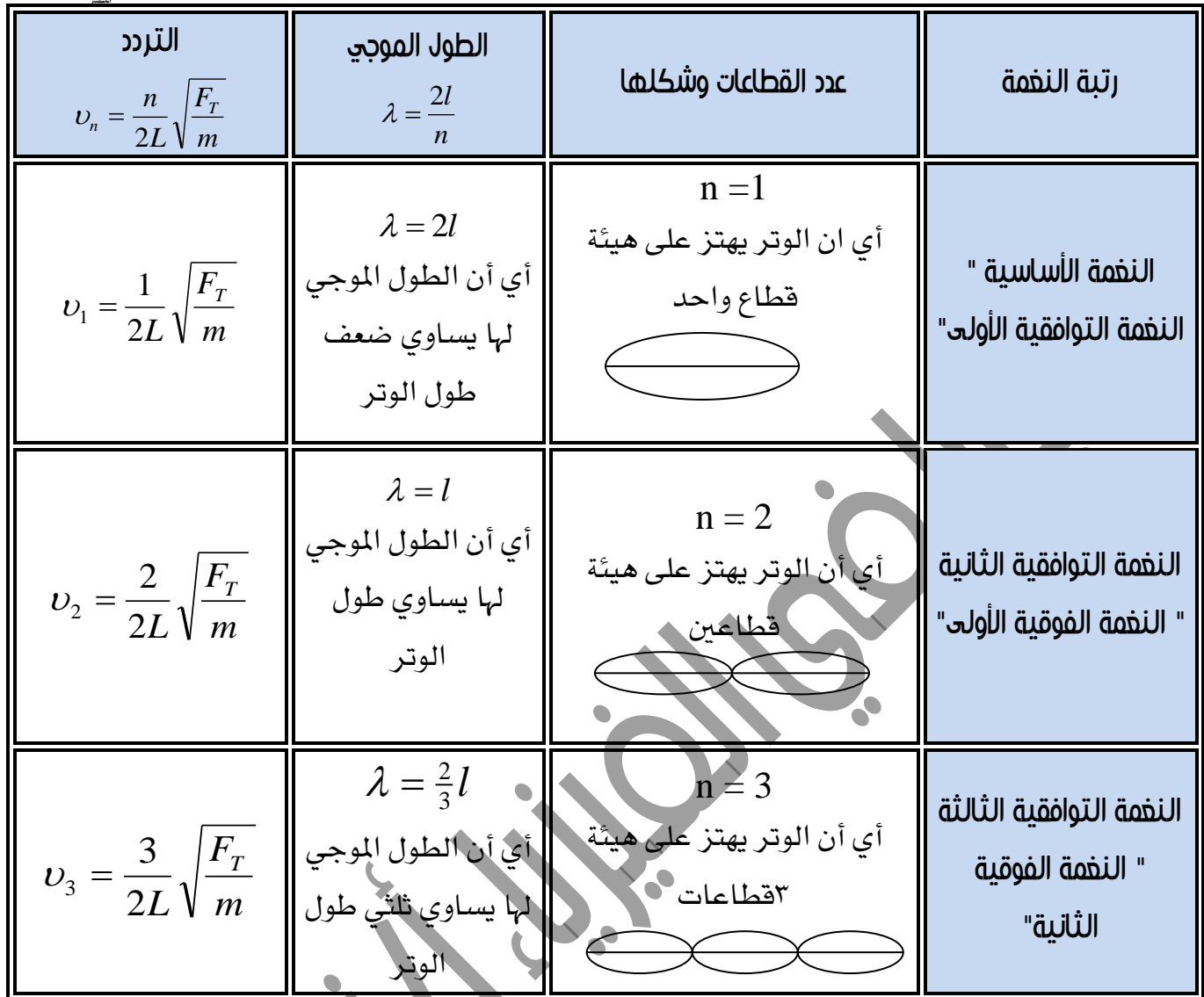
الوتر الرفيع في آلة موسيقية [العود] يعطي صوتاً حاداً بينما السميك من نفس النوع ونفس قوة الشد يعطي صوتاً غليظاً

ج : وذلك لأن التردد يتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي لكتلة وحدة الأطوال من الوتر ، لذلك يكون الوتر الرفيع أقل كتلة وأكبر تردد

إذا نقص طول وتر مهتز إلي النصف وقلت قوة الشد إلي الربع فإن تردده يظل ثابتاً؟

ج : وذلك لأنه في الحالة الأولى يزداد التردد إلي الضعف وفي الحالة الثانية يقل التردد إلي النصف فيظل التردد في النهاية ثابتاً.

س ي ج م ا في ال ف ي زي اء اعداداً زكريا مختار



① المقارنة بين ترددي نغمتين :

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{L_2}{L_1} \sqrt{\frac{F_{T1} \times m_2}{F_{T2} \times m_1}} \quad \square$$
$$\therefore m = \rho A = \rho \pi r^2 \square$$

العلاقة العامة لحل المسائل $\therefore \frac{v_1}{v_2} = \frac{L_2 r_2}{L_1 r_1} \sqrt{\frac{F_{T1} \times \rho_2}{F_{T2} \times \rho_1}}$

4- عدد البطون = عدد القطاعات = عدد العقد 1-



٥ عدد الموجات = $\frac{1}{2}$ عدد البطون = $\frac{1}{2}$ عدد القطاعات

٦ تقدر قوة الشد بالنيوتن فإذا أعطيت قوة الشد بثقل الكيلوجرام (kg.wt) فإن

قوة الشد بالنيوتن = قوة الشد بثقل الكيلوجرام \times عجلة الجاذبية الأرضية g

٧ كتلة وحدة الأطوال من الوتر تحسب من العلاقة $m = \frac{M}{L}$

ما معني قولنا ان قوة الشد لوتر 5 نيوتن؟

ج: اي ان قوة جذب الارض علي الوتر لاكسابه قوة شد قدرها ٥ نيوتن

مثال ١ سلك طوله 80 cm وكتلته 0.5g شد بقوة قدرها 5 kgwt احسب تردد النغمتين

التوافقية الاولى والفوقية الاولى علما بأن عجلة الجاذبية الأرضية 9.8 m/s^2

الحل :

نحسب أولا كتلة وحدة الأطوال من السلك $m = \frac{M}{L} = \frac{0.5 \times 10^{-3}}{80 \times 10^{-2}} = \frac{5}{8} \times 10^{-2} \text{ Kgm}^{-1}$

تردد النغمة التوافقية الاولى $\nu_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F_T}{m}} = \frac{1}{2 \times 80 \times 10^{-2}} \sqrt{\frac{5 \times 9.8 \times 8}{5 \times 10^{-2}}} = 175 \text{ Hz}$

تردد النغمة الفوقية الاولى $\nu_2 = 2\nu_1 = 2 \times 175 = 350 \text{ Hz}$

مثال ٢ وتر طوله 30Cm وكتلته 0.5g يصدر نغمة أساسية ترددها 320Hz و قوة الشد فيه 4 ثقل

كجم كيف تجعله يصدر نغمة أساسية ترددها 480 Hz علما بان $g = 10 \text{ m/s}^2$

٢ بتغيير طوله

١ بتغيير قوة الشد .

الحل :

١ عند تغيير قوة الشد فقط يظل طول الوتر ثابت وكذلك كتلة وحدة الأطوال منه

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \sqrt{\frac{F_{T1}}{F_{T2}}} \Rightarrow \frac{320}{480} = \sqrt{\frac{40}{F_{T2}}} \Rightarrow F_{T2} = 60 \text{ N}$$

٢ عند تغيير طول الوتر فقط تظل قوة الشد ثابتة وكذلك كتلة وحدة الأطوال منه:

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{L_2}{L_1} \Rightarrow \frac{320}{480} = \frac{L_2}{30} \Rightarrow L_2 = 20 \text{ cm}$$

مثال ٣ وتر طوله L متر مشدود بقوة شد معينة يصدر نغمة اساسية ترددها 60Hz اوجد تردده عند

نقص طولة الي النصف

الحل :

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{L_2}{L_1} \Rightarrow \frac{60}{\nu_2} = \frac{0.5L}{L} \Rightarrow \nu_2 = 120 \text{ Hz}$$



مثال ٤ وتران اسطوانيان متساويان في الطول ونصف القطر ومصنوعان من مادتين مختلفين كثافة

الاول 6.4gm/cm^3 وكثافة الثاني 10gm/cm^3 تم شدهم علي صونومتر بقوة شد واحدة فكان تردد

الاول 300Hz فكم يكون تردد الوتر الثاني

الحل : $\therefore m = \frac{M}{L} = \frac{\rho V_{ol}}{L} = \frac{\rho AL}{L} = \rho A = \rho \pi r^2$

$\therefore m_1 = \rho_1 \pi r_1^2$ $\therefore m_2 = \rho_2 \pi r_2^2$

$\therefore \frac{U_1}{U_2} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} \therefore \frac{300}{U_2} = \sqrt{\frac{10}{6.4}} \therefore U_2 = 240\text{Hz}$

مثال ٥ وتر مشدود معلق به ثقل حجمة V_{ol} وكثافة مادته 2500Kg/m^3 يعطي نغمة اساسية

ترددتها 200Hz فاذا استدل الثقل باخر ولكن حجمة ضعف حجم الاول وكثافته ضعف كثافة

الاول احسب تردد النغمة الاساسية في الحالة الثانية .

الحل : $\therefore F_T = Mg = \rho V_{ol} g$

$\frac{U_1}{U_2} = \sqrt{\frac{F_{T1}}{F_{T2}}} = \sqrt{\frac{\rho_1 V_{ol1} g}{\rho_2 V_{ol2} g}} \Rightarrow \frac{200}{U_2} = \sqrt{\frac{2500(V_{ol})}{5000 \times 2(V_{ol})}} \Rightarrow U_2 = 400\text{Hz} \square$

مثال ٦ (الازهر ٢٠٠٣) في تجربة ميلد عند استخدام خيط مرن من مادة معينة وثقل مناسب اهتز الوتر

علي هيئة 3 قطاعات وعند استبدال الخيط باخر له نفس الطول ونفس المصدر المهتز ونفس الثقل اهتز

الوتر علي هيئة 4 قطاعات احسب :

① النسبة بين كتلة وحدة الاطوال للخيطين.

② النسبة بين كثافتي مادة الخيطين (علما بان النسبة بين نصفي قطر الخيطين $2/3$)

الحل : ① $\therefore \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1 L_2}{n_2 L_1} \sqrt{\frac{F_{T1} \times m_2}{F_{T2} \times m_1}}$

$\therefore \frac{m_1}{m_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2} = \frac{3^2}{4^2} = \frac{9}{16}$ وحيث ان U و L و F_T ثابت

② $\therefore \frac{m_1}{m_2} = \frac{\rho_1 A_1}{\rho_2 A_2} = \frac{\rho_1 \pi r_1^2}{\rho_2 \pi r_2^2}$, $\therefore \frac{r_1}{r_2} = \frac{2}{3}$

$\therefore \frac{9}{16} = \frac{4\rho_1}{9\rho_2} \Rightarrow \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{81}{64}$



تدريبات

(١) شد وتر طوله 140 سم على صونومتر بقوة قدرها 32 ثقل كجم فإذا كانت كتلة الوتر 1.4 جم

فكم يكون تردد النغمة التوافقية الأولى التي يصدرها هذا الوتر عند اهتزازة (400Hz)

(٢) (ازهر ٩٥) وتر طوله 90 سم مشدود بقوة قدرها 4 نيوتن ويعطى نغمة أساسية ترددها 256 هرتز

بين كيف نحصل منه على نغمة ترددها 384 هرتز

١ بتغير طول الوتر ٢ بتغير قوة الشد فقط (60 سم & 9 نيوتن)

(٣) وتر مشدود في جيتار طوله 30cm يصدر نغمته الأساسية بتردد 440Hz ما هو الموضع الذي

يجب أن يضع العازف عنده إصبعه حتي يصدر نغمة ترددها 528Hz (25cm)

(٤) زادت قوة الشد لوتر بمقدار 60 نيوتن فزاد التردد إلي الضعف احسب قوة الشد الأولى للوتر (20N)

(٥) وتر مشدود يصدر نغمته الأساسية فما هي قوة الشد اللازمة حتي يصدر هذا الوتر نغمة أساسية

تردها ضعف تردد النغمة الصادرة . (أربعة أمثال قوة الشد)

(٦) وتر مشدود يصدر نغمته الأساسية بتردد 280Hz احسب تردد النغمة الصادرة منه إذا زادت قوة

الشد إلي أربعة أمثال قيمتها الأصلية مع ثبوت طوله (560Hz)

(٧) وتر مهتز طوله 2m متصل بمصدر ذبذبات مختلفة في التردد فإذا كانت قوة الشد للوتر 50N

أوجد أقل ترددين يصدران منه ناتجان عن موجات موقوفة والطول الموجي لكل منهما (12.5, 25, 4, 2)

(٨) وتر طوله 8m وكتلته 0.2 Kg مشدود بقوة 96N احسب :

١ سرعة انتشار الموجة المستعرضة في الوتر (62m/s)

٢ أكبر طول موجي للموجة الموقوفة. (16m)

٣ أقل تردد يصدره الوتر (3.9Hz)

(٩) (مصر ٩٣) وتران مشدودان بقوة شد واحدة و طول الجزء المهتز اهتزازا مستعرضا من كل منهما

50 سم أصدرتا نغمتين أساسيتين تردديهما 256 ، 320 هرتز على الترتيب أوجد

١ طول الوتر الأول عندما يصدر نغمة الوتر الثاني

٢ النسبة بين كتلتي وحدة الأطوال لكل من الوترين .

(١٠) (مصر ٩٦) و تر طوله متر واحد مشدودا بقوة قدرها 4 ثقل كجم و كتلة وحدة الأطوال منه

0.001 كجم/م ما تردد نغمته الأساسية و التوافقية الأولى علما بأن $g = 10 \text{ m/s}^2$ (200 – 100Hz)

(١١) (ث ع ٩٧) وتر طوله 50cm مشدود بقوة شد 160 N يصدر نغمة أساسية بتردد 800Hz وزيدت

قوة الشد للوتر بمقدار 90 N وتغير طول الوتر ليصدر نغمة أساسية ترددها 500 Hz احسب طول

الوتر في الحالة الأخيرة . (1m)

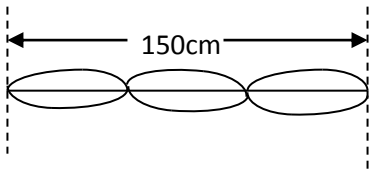


(١٢) وتر يهتز علي هيئة 3 قطاعات فأصدر نغمة ترددها 240 Hz احسب تردد النغمة التي يصدرها عندما يهتز علي هيئة 5 قطاعات .
(400)

(١٣) في تجربة ميلد استخدم مصدر مهتز تردده 280 Hz وتكونت موجات ساكنة في سلك طوله 2 m فإذا كانت كتلة وحدة الأطوال منه 0.0015 كجم / م . أوجد عدد العقد المتكونة في السلك علما بأن الثقل المعلق في نهاية السلك 3 kg وعجلة الجاذبية الأرضية 9.8 م / ث² .
(١٤) في تجربة ميلد كان طول الوتر 3 متر والطول الموجي 0.5 متر فكم كان عدد البطون والعقد المتكونة (١٢ بطن - ١٣ عقدة)

(١٥) وتران معدنيان من مادة واحدة متساويان في الطول شد الأول بقوة قدرها 8 N وشد الثاني بقوة قدرها 32 N فإذا كانت النسبة بين ترددي نغمتيهما الأساسيتين 3 : 2 علي الترتيب فما هي النسبة بين نصفي قطريهما .

(١٦) في الشكل المقابل



أ - النغمة التي يصدرها الوتر هي
ب - إذا كانت سرعة انتشار الموجة المستعرضة في الوتر = 340 m / s فإن تردد النغمة الصادرة في هذه الحالة =

(١٧) الجدول التالي يوضح العلاقة بين مقلوب طول وتر منتظم المقطع وتردد النغمة الأساسية التي يصدرها عندما يهتز عند ثبوت قوة الشد المؤثرة عليه .

مقلوب طول الوتر	1	X	2	3	4	5	6
تردد النغمة الأساسية	150	210	300	450	600	y	900

رسم علاقة بيانية بين مقلوب طول الوتر على المحور الأفقي و تردد النغمة الأساسية على المحور الرأسي و من الرسم أوجد . ① تردد النغمة (y)

② طول الوتر (x) الذي يصدر نغمة أساسية قيمتها 210 هرتز

③ سرعة انتشار الموجة المستعرضة في الوتر

④ وإذا كانت كتلة وحدة الأطوال من الوتر تساوي 0.01 كجم / م أوجد قيمة قوة الشد المؤثرة على الوتر
(900 - 300 - 0.71428 - 750)

(١٨) وتر مشدود طوله 1 m يصدر النغمة الأساسية مع تغيير قوة الشد . والجدول التالي يوضح العلاقة بين مربع التردد (v^2) وقوة الشد (FT)

$v^2 (Hz)^2$	250	500	X	1500	2000	3000	4000
FT (N)	10	20	30	60	80	Y	160



(أ) ارسم العلاقة البيانية بين (v^2) علي المحور الرأسي . (F_T) علي المحور الأفقي

(ب) من الرسم أوجد : ١ - قيمة كل من X . Y

٢ - كتلة الوتر $(0.01 \text{ kg} / \text{m} - 120 \text{ N} - 750\text{Hz})$

(١٩) (ث ع ٢٠٠٧) تولدت موجات موقوفة في وتر وكان عدد النقاط التي يبدو فيها الوتر ساكنا

(سعة الاهتزازة تساوي صفر) هو 4 نقاط وطول الوتر 60 cm

(أ) ماذا تسمى هذه النقاط ؟ وما هي النغمة الصادرة ؟ وضح إجابتك بالرسم .

(ب) احسب سرعة الموجات خلال الوتر . إذا كان تردد تلك الموجات 200 Hz . $(80 \text{ m} / \text{s})$

(٢٠) في تجربة ميلد استخدم متذبذب ثابت التردد وعندما علق ثقل حجمه V وكثافته $2700 \text{ كجم} / \text{م}^3$

٣ م في نهاية الخيط انقسم الخيط إلى 6 قطاعات وعندما استخدم ثقل آخر له نفس الحجم

ولكن من مادة أخرى أصبح عدد القطاعات 4 احسب كثافة الثقل الآخر .

(٢١) وتران من نفس المادة طول الأول ضعف طول الثاني ونصف قطر الثاني ضعف نصف قطر الأول

قارن بين تردديهما عند تساوي قوة الشد .

(٢٢) (الأزهر ٩٣) تنتشر موجة مستعرضة في وتر طوله 2 متر وكتلته 0.02 كجم علي هيئة قطاعان

عندما كانت قوة الشد 10^4 نيوتن احسب سرعة الانتشار للموجة في الوتر وإذا كان طول الموجة

في الهواء 65 سم احسب سرعة الصوت في الهواء $(325 - 1000)$

(٢٣) وتر تردد النغمة الأساسية له 120Hz عندما يكون طوله 45 سم وقوة الشد 9 نيوتن كم

يكون تردده إذا أصبح طوله 15 سم وقوة الشد 16 N .

(٢٤) إذا زادت قوة شد وتر بمقدار 40 N زاد تردد النغمة الصادرة عنه إلى ثلاث أمثال قيمته الأصلية

احسب قوة الشد المؤثرة علي الوتر أولا ...

(٢٥) وتر مشدود طوله 50cm مشدود بقوة شد قدرها 64Kgw يصدر نغمة أساسية يتفق ترددها مع

تردد نغمة صوتية تنتشر في الهواء بسرعة 324.8m/s وطولها الموجي 58cm اوجد كتله وحدة

$(2 \times 10^{-3} \text{ Kg m}^{-1})$

الاطوال من الوتر علما بان $g=9.8\text{m/s}^2$

(٢٦) وتر مشدود بقوة شد 16Kgw اضطررنا الي تقصيره $\frac{7}{10}$ طوله ثم زيادة قوة الشد الي 25Kgw

ليصدر نغمة تتفق مع نغمة موجة تنتشر في الهواء طولها الموجي 80cm احسب التردد الاصلي للوتر

(224Hz)

علما بان سرعة الصوت في الهواء 320m/s