الفيزياء

الصف العاشر

الفصل الدراسي الثاني

الوحدة الثالثة

الاهتزاز والموجات

إعداد أ / أحمد سمير

الفصل الأول : الموجات والصوت

الموجة :- انتقال الحركة الاهتزازية عبر جزيئات الوسط .

- فمثلا إذا رميت حجرا في بركه ماء ستلاحظ تشكيل دوائر عند نقطه ملامسه الحجر للسطح ، ثم تتسع هذه الدوائر تدريجيا منتشرة في اتجاه جوانب البركة .

ملاحظة :1- لا تنتقل جزيئات الوسط،ولكن طاقه الاضطراب الحاصل في الوسط هي التي تنتقل من مكان إلى أخر .

2- الصوت والضوء هما شكلان من أشكال الطاقة التي تنتشر في الوسط بشكل موجي .

علل : - تنتشر الموجه الحادثة على سطح الماء من جزيء إلى أخر.

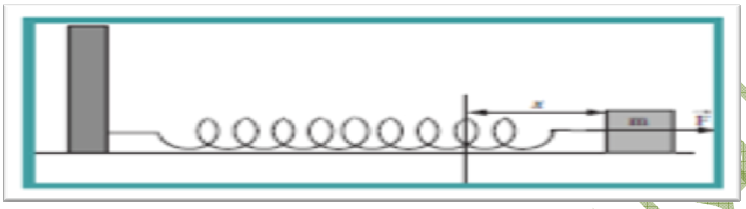
بسبب مرونة جزيئات الماء فتنتقل الطاقة الحركية من جزيء إلى جزيء آخر .

الدرس (1-1) الحركة التوافقية البسيطة

الحركة الدورية : الحركة الاهتزازية التي تكرر نفسها في فترات زمنية متساوية .

علل : دوران الأرض من أمثلة الحركة الدورية ؟

لأنها حركة تتكرر بانتظام في فترات زمنية متساوية .

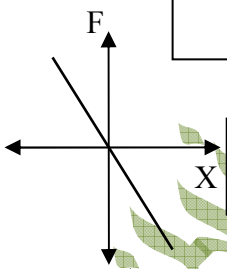


الحركة التوافقية البسيطة –

- في الشكل المقابل عندما نترك الجسم بعد شده يؤثر النابض علي الكتلة بقوة تسمي قوة الإرجاع ليعيدها إلي موضع الاتزان وتكون قوة الإرجاع تتناسب طرديا مع الإزاحة الحادثة للجسم المهتز وتعاكسها بالاتجاه وتسمي هذه الحركة بالحركة التوافقية البسيطة .

الحركة التوافقية البسيطة –

هي حركه اهتزازية تتناسب فيها القوه المعيدة (قوه الإرجاع) طرديا مع الإزاحة الحادثة للجسم وتكون دائما في اتجاه المعاكس لها (عند إهمال الاحتكاك) .



تعريف قوة الإرجاع :

القوة التي تعيد الجسم المهتز باستمرار إلى موضع اتزانه وتكون دائماً في اتجاه معاكس لاتجاه

شروط تولد الحركة التوافقية البسيطة :

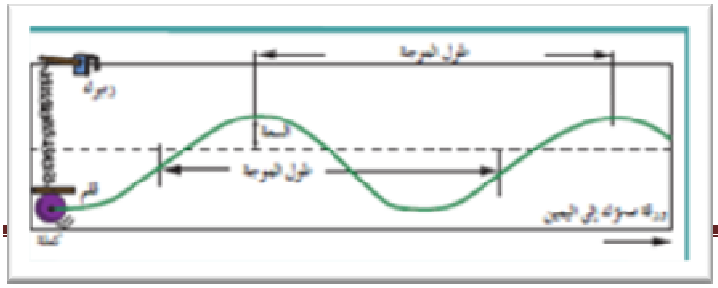
1- أن تكون قوة الإرجاع تتناسب طرديا مع الإزاحة الحادثة للجسم . 2- قوة الإرجاع تكون في اتجاه معاكس للإزاحة .

علل : اهتزاز الذرات في المواد الصلبة حول مواضع اتزانها يعتبر حركة توافقية بسيطة ؟

لأن سعة الاهتزاز صغيرة فيتحقق شرط الحركة التوافقية البسيطة وهو أن القوة تتناسب طرديا مع الإزاحة الحادثة وتعاكسها في الاتجاه .

تمثيل الحركة التوافقية البسيطة بيانيا –

يتضح من الشكل المقابل أن الحركة التوافقية البسيطة هي الحركة التي تمثل بمنحنى جيبي بسيط.



خصائص الحركة التوافقية البسيطة -

السعة (A)	هي نصف المسافة التي تفصل بين أبعد نقطتين يصل إليهما الجسم المهتز أي أكبر إزاحة للجسم عن موضع سكونه (اتزانه) .
التردد (f)	عدد الاهتزازات الكاملة الحادثة في الثانية الواحدة. ويقاس بوحدة الهرتز (Hz) .
الزمن الدوري (T)	هو زمن دورة كاملة ويقاس بحسب النظام الدولي (SI) بوحدة الثانية .
السرعة الزاوية (ω)	هي مقدار الزاوية التي يمسحها نصف القطر في الثانية الواحدة (وتقاس بوحدة rad \ s)

حساب الزمن الدوري لكتلة معلقة بنابض :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

حيث أن :

m : كتلة النابض ، k : ثابت هوك (ثابت النابض)

العوامل التي يتوقف عليها الزمن الدوري لكتلة معلقة بنابض: 1- **كتلة النابض (m)**: حيث أن الزمن الدوري يتناسب طرديا مع الجزر ألتربيعي للكتلة 2- **ثابت هوك (k)** : حيث أن الزمن الدوري للنابض يتناسب عكسيا مع الجزر ألتربيعي لثابت هوك .

ملاحظة هامة : الزمن الدوري لكتلة معلقة بنابض **لا يتوقف على سعة الاهتزازة (A) .**

معادلة الإزاحة في الحركة التوافقية البسيطة :

$$y = A\sin(\omega t)$$

ملاحظات : 1- يمكن حساب السرعة الزاوية في الحركة التوافقية البسيطة من العلاقات التالية :

$$\omega = \frac{\theta}{t} = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

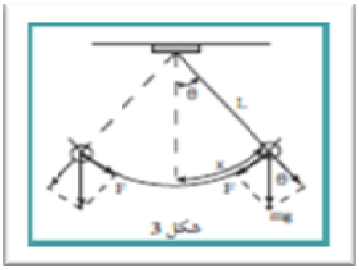
2- حيث أن (N) عدد الدورات . $f = \frac{N}{t}$ $T = \frac{t}{N} = \frac{1}{f}$

(t) الزمن الكلي للدورات .

تطبيقات عملية للحركة التوافقية البسيطة :

البندول البسيط :

عبارة عن ثقل معلق في نهاية خيط مهمل الوزن وغير قابل للتمدد طوله L، ويكون طرفه الآخر مثبتا بنقطه ثابتة .
كما بالشكل المقابل (شكل 3) .



- عند تحريك الثقل حركة بسيطة لا تبتعد كثيرا عن موضع الاتزان (لا تزيد عن 10^{o}) وندعه يعود إلي موضع الاتزان تحت تأثير **مركبة الثقل (قوة الإرجاع)** التي تساوي قيمتها $F = -m\ g \sin\theta$ وذلك لأن قوة شد الخيط متعامدة مع اتجاه الحركة والمركبة سالبة لأن مركبة القوة تكون دائما باتجاه عكس الإزاحة (x) .
- نجد أن القوة المحركة للبندول البسيط تشبه القوة المحركة لنظام الكتلة والنابض لذلك فإن حركة البندول البسيط هي حركة توافقية بسيطة عندما تكون سعة الاهتزازة صغيرة في غياب أي احتكاك .

حساب الزمن الدوري للبندول البسيط :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

حيث أن : (L) : طول الخيط
(g) : عجلة الجاذبية الأرضية

العوامل التي يتوقف عليها الزمن الدوري للبندول البسيط: 1- **طول الخيط (L)**: حيث أن الزمن الدوري للبندول يتناسب طرديا مع الجزر ألتربيعي لطول الخيط 2- **عجلة الجاذبية الأرضية (g)** : حيث أن الزمن الدوري للبندول يتناسب عكسيا مع الجزر ألتربيعي لعجلة الجاذبية الأرضية .

ملاحظة هامة : الزمن الدوري للبندول البسيط لا يتوقف على **كتلة الثقل (m)** كذلك لا يتوقف على **سعة الحركة (A)** شرط ألا تزيد زاوية الاهتزاز عن **عشر درجات .**

علل لما يلي :

1- الزمن الدوري للبندول البسيط لا يتوقف على كتلة الثقل المعلق فيه .
لان الزمن الدوري لبندول البسيط يتناسب طرديا مع الجذر ألتربيعي لطول خيطه في المكان الواحد بسعة اهتزازة صغيرة أو لأنه يتوقف على طول الخيط وعجلة الجاذبية في المكان فقط.

2- حركة البندول البسيط حركة توافقية بسيطة في غياب أي احتكاك وعندما تكون زاوية إزاحته صغيرة .
لان قوة الإرجاع تتناسب طرديا مع الإزاحة الحادثة ولكن معاكسة لها في الاتجاه .

3- الزمن الدوري للبندول على سطح القمر اكبر من زمنه الدوري على سطح الأرض ؟
لأن عجلة جاذبية القمر أقل من عجلة جاذبية الأرض والزمن الدوري يتناسب عكسيا مع الجذر ألتربيعي لعجلة الجاذبية

4- يعود الجسم المهتز إلى موضع استقراره عند إزاحته بعيدا عنه .
بسبب قوة الإرجاع وتكون معاكسة لها في الاتجاه .

الدرس (1-2)

خصائص الحركة الموجية والصوت

خصائص الموجات:

1- تنتشر الموجات في خط مستقيم وفى جميع الاتجاهات
2- تنعكس الموجات على السطوح العاكسة محققة قوانين الانعكاس .
3- تنكسر الموجات عن انتقالها بين وسطين مختلفين محققة قوانين الانكسار .
4- من خصائص الموجات ما يعرف بالتراكب والتداخل والحيود .

تعيين سرعة انتشار الموجة في الوسط :

سرعة الموجة = الطول ألموجي x التردد

$$v = \lambda . f$$

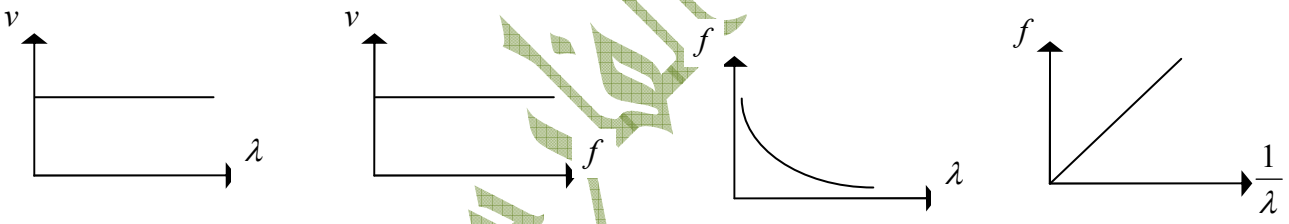
سرعة الانتشار

التردد

الطول ألموجي

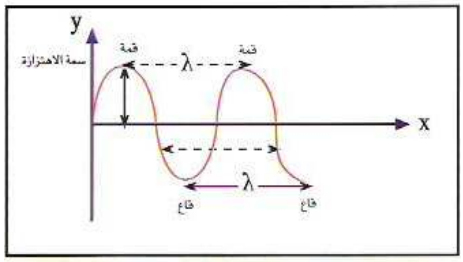
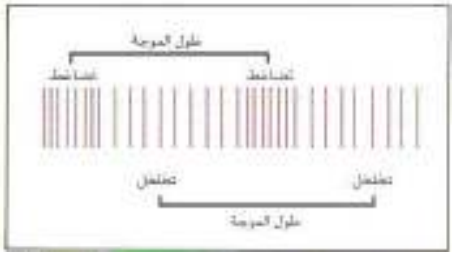
ملاحظة هامة :- سرعة انتشار الموجة في الوسط ثابتة لا تتغير بتغير الطول ألموجي أو التردد ولكنها تتغير بتغير :

1- نوع الوسط 2- كثافة الوسط 3- درجة حرارة الوسط 4- مرونة الوسط



أنواع الموجات :

وجه المقارنة	الموجات الميكانيكية	الموجات الكهرومغناطيسية
الوسط المادي	تحتاج إلى وسط مادي تنتشر فيه	لا تحتاج إلى وسط مادي ولكن تنتشر في الفراغ
سرعتها	تتغير بتغير نوع الوسط وحالته	ثابتة الهواء (الفراغ) وتساوى سرعة الضوء($3x10^8$ m/s) وتتغير بتغير نوع الوسط .
رؤيتها	يمكن مشاهدة الحركة ومتابعتها	لا يمكن مشاهدة الحركة ولكن إدراك أثارها
أمثلة	الموجات المائية – موجات الصوت - اهتزاز الأوتار	موجات الضوء – موجات الراديو – الأشعة السينية

وجه المقارنة	الحركة الموجية المستعرضة	الحركة الموجية الطولية
شكل الموجة		
التعريف	الموجات التي تكون فيها حركة جزئيات الوسط عمودية علي اتجاه انتشار الموجة .	الموجات التي تكون فيها حركة جزئيات الوسط في نفس اتجاه انتشار الموجة .
مم تتكون	قمم وقيعان	تضاغطات وتخلخلات
طول الموجة	المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين.	المسافة بين مركزي تضاغطين متتاليين أو مركزي تخلخلين متتاليين
	القمة : أعلى نقطة يصل إليها الاضطراب ألموجي القاع :أسفل نقطة يصل إليها الاضطراب ألموجي	التضاغط : اقتراب جزئيات الوسط من بعضها التخلخل : ابتعاد جزئيات الوسط من بعضها
سعة الموجة	أقصى إزاحة إلى أعلى أو إلى أسفل	أقصى إزاحة يميناً أو يساراً
أمثلة	موجات الماء – موجات الضوء	موجات الصوت

علل لما يلي :

1- **يعتبر الصوت موجات ميكانيكية وطولية ؟**

لأنه يحتاج إلي وسط مادي ينتقل فيه علي شكل تضاغطات وتخلخلات .

2- **يعتبر الضوء موجات كهرومغناطيسية ؟**

لأنه لا يحتاج إلي وسط مادي ينتقل فيه ويمكنه الانتقال في الفراغ .

3- **نري ضوء الشمس ولا نسمع أصوات الانفجاريات التي تحدث فيها ؟**

لأن الضوء موجات كهرومغناطيسية تنتقل في الفراغ بينما الصوت موجات ميكانيكية لا تنتقل في الفراغ .

4- **لا يمكن تغيير سرعة الموجة بتغيير ترددها ؟**

لأن طول الموجة يتناسب عكسي مع ترددها فإذا حدث تغير في تردد الموجة يحدث تغير في طول الموجة بنفس النسبة فيظل حاصل ضربهما ثابت وهو سرعة الموجة .

5- **إذا وضع جرس تحت ناقوس زجاجي مفرغ من الهواء فإننا لا نسمع صوت رنين الجرس .**

لان الصوت موجات ميكانيكية لا تنتقل في الفراغ لكنه يحتاج لوسط لكي ينتقل خلاله .

أذكر أهمية كل مما يلي :

1- **قيام اختصاصيو الزلزال بدراسة الموجات التي تحدثها الزلازل والمقارنة بين سرعة الموجات وسعتها**

أ- لمعرفة مكان الزلزال واحتساب شدته .

ب- وصف الزلزال والتعرف علي نشأة الأرض والتنبؤ بحدوث زلزال في المستقبل .

2- استخدام رجال الشرطة أجهزة الرادار

أ- احتساب سرعة السيارات من خلال الموجات التي ترسلها باتجاه السيارات .

ب- معرفة مدي التزام السائق بالسرعات المحددة علي الطرق

انعكاس الصوت

تعريف الصوت : أي اضطراب ينتقل في الوسط نتيجة اهتزازه .

والصوت موجات طولية ميكانيكية لا يمكن أن تحدث إلا في وسط ناقل للموجات .

مما ينشأ الصوت : ينشأ الصوت من اهتزاز الأجسام التي تحدثه .

كيف يتم سماع الصوت :

تتحرك طبلة الاذن علي شكل اهتزازات تنتقل بعد تكبيرها عن طريق العصب السمعي إلي المخ الذي يترجم هذه الاهتزازات إلي أصواتها الأصلية .

انعكاس الصوت هو ارتداد الصوت عندما يقابل سطحا عاكسا. أو تغير مسار الشعاع الصوتي في الوسط نفسه .

ملاحظة هامة :

فتنقسم الطاقة الصوتية عند السطح الفاصل إلى ثلاثة أقسام :

1- قسم منها ينفذ في الوسط الجديد ويعانى انكسارا نتيجة لانتقاله من وسط إلى آخر .

2- قسم ينعكس عن السطح الفاصل بزاوية مساوية لزاوية السقوط ، حيث ترتد الموجات الصوتية إلى الوسط التي جاءت منة

3- قسم ثالث يمتص .

ملاحظة : فيما يتعلق بالقسم الذي ينعكس كلما كان الوسط الجديد صلبا ، زاد القسم المنعكس من الطاقة الصوتية مثل الحديد والخشب . أما إذا كان الوسط الجديد من الصوف أو القماش ، فإن معظم الطاقة الصوتية تمتص بهذه المواد .

س- اذكر بعض الآثار الضارة للضوضاء التي تحدثها مكبرات الصوت في الحفلات والمحركات والمطارق والمناشير في مجال الصناعة علي صحة الإنسان ؟

أ- آلاما شديدة في الأذن قد تفقد الأذن الحساسية في تمييز الأصوات المختلفة .

ب- يمكن أن تدمر خلايا الأذن الداخلية التي لا يمكن تعويضها .

قانونا انعكاس الصوت

1- الشعاع الصوتي الساقط والشعاع الصوتي المنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس تقع جميعها في مستوى واحد عمودي على السطح العاكس .

2- زاوية السقوط تساوى زاوية الانعكاس أي $[\theta_1 = \theta_2]$

تطبيقات على إنعكاس الصوت :

(أ) ظاهرة الصدى

تعريف الصدى :

بأنه تكرار سماع للصوت الأصلي نتيجة لانعكاس الموجات الصوتية .

ملاحظة :- إن الإحساس بالصوت في الأذن يستمر لمدة s (0.1) بعد وصول الصوت إلي طبلة الأذن .فإذا وصل الصوت المنعكس إلي الأذن في زمن أقل من s (0.1) بعد وصول الصوت الأصلي إليها لا تستطيع الأذن العادية تمييز الصوت الأصلي عن الصوت المنعكس .

شرط تمييز(سماع) صدى الصوت 1- وجود سطح عاكس .

2- لا يقل زمن وصول الصوت المنعكس إلى الأذن عن s (0.1) من وصول الصوت الأصلى إليها .

3- ألا تقل المسافة بين السامع (الأذن) والسطح العاكس عن m (17) .

حساب المسافة بين مصدر الصوت والسطح العاكس :

$$d = \frac{1}{2} v\ t$$

علل لما يلي :

1- - لا يحدث صدى الصوت في قاعة يقل طولها عن m (17) .

لان الأذن تميز بين الصوت الأصلي والصدى في s (0.1) وسرعة الصوت في الهواء m / s (340)

2 – يستخدم الخفاش صدي الصوت في اصطياد الحشرات .

بإرساله لموجات صوتية في اتجاه الحشرات واستقبالها بعد انعكاسها فيحدد مكانها ويسهل علية اصطيادها.

3- لا تستطيع الأذن البشرية التمييز بين صوتين الفترة الزمنية بينهما أقل من s (0.1) .

لان الإحساس بالصوت في الأذن يستمر لمدة s (0.1) بعد وصول الصوت لطبلة الأذن. وإذا قل الزمن عنs (0.1) يحدث تراكب وتشويش للصوت .

4- تغطى جدران استوديوهات الصوت بطبقة من الصوف أو القماش .

لتفادي صدي الصوت حيث تمتص معظم الطاقة الصوتية الساقطة عليها .

(ب) تسليط أو تركيز الصوت :

عندما ينعكس الصوت عن سطح مقعر فإنه يتجمع في بؤرة(مثل الضوء)، وذلك يزيد من وضوح الصوت وشدته .

علل : 1- لتركيز الصوت يجب ألا يتجاوز مساحة السطح العاكس المقعر حدا معينا ؟

لمنع حدوث التشويش للصوت نتيجة انعكاسه عليه .

2- يتم تزويد المسارح والقاعات الكبيرة بجدران خلفية مقعرة .

لأنها تعكس الأصوات التي ترتد من الصالة أو القاعة وتزيد وضوح الصوت لتجميعها للصوت المنعكس في البؤرة .

3- سقف وجدران المسجد الكبير مقعرة .

بحيث يضمن توزيع الصوت علي كافة أنحاء المسجد بوضوح

(ج) نقل الصوت بالأنابيب

يتم ذلك بهدف جمع الطاقة الصوتية ونقلها باستخدام مواد ذات معاملات امتصاص صغيرة ، من اجل تقليل الطاقة الصوتية التي تمتصها جدران الأنابيب .

ومن تطبيقات هذه الخاصية : سماعة الطبيب والبوق .

علل : 1- يتم نقل الصوت باستخدام الأنابيب .

حيث تكون لتلك الأنابيب معاملات امتصاص صغيرة تقلل من امتصاص جدرانها للطاقة الصوتية .

2- استخدام سماعة الطبيب في نقل نبضات القلب إلى أذن الطبيب.

لان أنابيبها مصنوعة من مواد ذات معاملات امتصاص صغيرة .

انكسار الصوت :

هو التغير في مسار الموجات الصوتية عند انتقالها بين وسطين مختلفين الكثافة مثل الهواء وثاني أكسيد الكربون .

- ويحدث انكسار الصوت نتيجة اختلاف سرعتي الصوت في الوسطين .

$$\frac{\sin\phi}{\sin\theta} = \frac{v_1}{v_2}$$

v_1 : سرعة الصوت في الوسط الأول

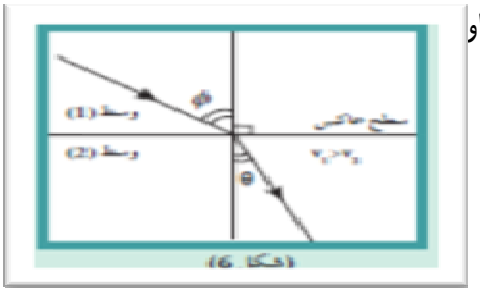
v_2 : سرعة الصوت في الوسط الثاني

ϕ : زاوية السقوط

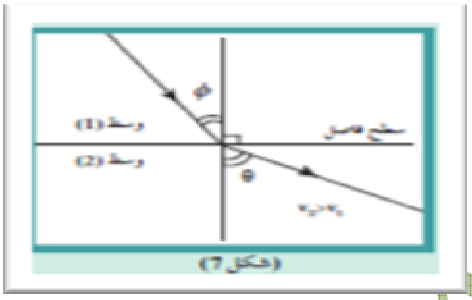
θ : زاوية العمود

ملاحظات هامة :

1 – ينكسر الشعاع الساقط مقتربا من العمود السطح الفاصل ،
وذلك عندما تكون سرعة الصوت في الوسط الأول (v_1) الأقل كثافة اكبر من سرعته في الوسط الثاني (v_2) الأكبر كثافة كما بالشكل (6) .



2- ويحدث العكس في (شكل 7) حيث ينكسر الشعاع الساقط مبتعدا عن العمود على السطح الفاصل وذلك عندما تكون سرعة الصوت في الوسط الأول (v_1) الأكبر كثافة أقل من سرعته في الوسط الثاني (v_2) الأقل كثافة.



2- تحدث ظاهرة الانكسار في الهواء الذي يحيط بسطح الأرض لأنة غير متجانس الحرارة . فدرجة حرارته قرب السطح تكون في النهار أكبر من درجة حرارة الطبقات العليا والعكس في الليل .

- فيحدث انكسار لموجات الصوت كما في (الشكل 8) حيث سرعة انتشار الصوت في الهواء الساخن أكبر منها في الهواء البارد .

علل لما يلي:

1-ينكسر الشعاع الساقط مقتربا من العمود المقام على السطح الفاصل .
لان سرعة الصوت في الوسط الأول v_1 اكبر من سرعته في الوسط الثاني v_2 .

2- ينكسر الشعاع الساقط مبتعدا من العمود المقام على السطح الفاصل .
لان سرعة الصوت في الوسط الأول v_1 اقل من سرعته في الوسط الثاني v_2

3-حدوث انكسار الموجات الصوتية عند مرورها بين وسطين .
نتيجة اختلاف سرعة الصوت في الوسطين

4- سرعة الصوت في غاز الهيدروجين أكبر من سرعته في الهواء في نفس الظر
لأنهما مختلفان في الكثافة الصوتية

5– يمكن حدوث انكسار للصوت في الهواء الذي يحيط بسطح الأرض.
لان الهواء غير متجانس الحرارة .

6-يستطيع الأولاد سماع الصوت الصادر من السيارة في الليل من مسافة بعيدة ولا يستطيعون سماعه في النهار

لاختلاف سرعة الصوت بين طبقات الهواء المختلفة فيحدث الانكسار لموجات الصوت نهارا يكون مبتعدا عن سطح الأرض فلا يسمع الصوت وليلا مقتربا من سطح الأرض فيسمع الصوت .

تراكب الموجات

1- يحدث تراكب للموجات ذات النوع الواحد (ميكانيكية مثلا) .

2- لا يحدث تراكب للموجات مختلفة النوع (ميكانيكية وكهرومغناطيسية مثلا) .

مبدأ التراكب :

إن الموجات ذات النوع الواحد (ميكانيكيه مثلا) تعبر بعضها بعضا دون أن تتأثر وتتجمع عندما تلتقى في نقطة تسمي نقطة التراكب . فتساوى الإزاحة الكلية الناتجة مجموع الإزاحات لهذه الموجات وبعد عبور الموجات نقطة التراكب ، تستعيد كل موجة شكلها وتكمل بالاتجاه الذي كانت تسلكه.

علل : يمكن سماع شخص يوضوح بالرغم من أن صوته تقاطع مع أصوات أخرى ؟

بسبب حدوث ظاهرة تراكب الموجات (مبدأ التراكب) .

تداخل الموجات :

تعريف التداخل :

هو نتيجة التراكب بين مجموعة من الموجات من نوع واحد ولها التردد نفسه .

لاحظ : 1- يحدث التداخل مع كل أنواع الموجات .

2- للحصول علي نمط تداخل واضح ومستمر لابد أن يكون للموجات المتداخله السعة نفسها .

أنواع التداخل : 1- التداخل البنائي 2- التداخل الهدمي

وجه المقارنة	التداخل البنائي	التداخل الهدمي
الشكل		
التداخل في الموجات المستعرضة	التقاء قمة من الموجة الأولي مع قمة من الموجة الثانية أو قاع مع قاع	التقاء قمة من الموجة الأولي مع قاع من الموجة الثانية أو قاع من الأولي مع قمة من الثانية
في الموجات الطولية	التقاء تضاغط من المصدر الأول مع تضاغط من المصدر الثاني أو تخلخل مع تخلخل	التقاء تضاغط من المصدر الأول مع تخلخل من المصدر الثاني أو تخلخل من الأول مع تضاغط من الثاني
عملها	تدعم الموجات بعضها فتقوي	تلغي الموجات بعضها البعض
تأثير التداخل علي الصوت	تزداد شدة الصوت	تضعف شدة الصوت أو تنعدم
الازاحة المحصلة	تساوي مجموع الإزاحات	تساوي الفرق بين الازاحات
فرق المسير ΔS (شرط الحدوث)	$\Delta S = n \lambda$ حيث أن n = 0,1,2,3,4,.... عدد صحيح	$\Delta S = (2n + 1)\frac{\lambda}{2}$ حيث أن n = 0,1,2,3,4,.... عدد صحيح

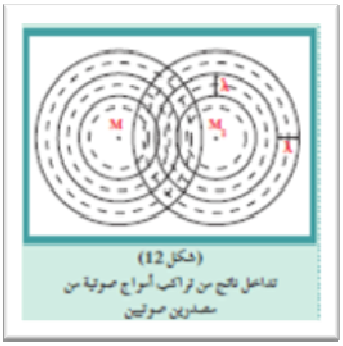
أمثلة علي التداخل :

(شكل 11)
تداخل ناتج من تراكب أمواج الماء من مصدرين مهتزين .

1- **تداخل موجات سطح الماء :** كما بالشكل (11) : وذلك عندما يلامس سطح الماء مصدران مهتزان لهما نفس التردد والسعة .

لاحظ : 1-المناطق المضيئة تمثل تداخل بناء .
2- المناطق المظلمة تمثل تداخل هدام .

2- **تداخل الموجات الصوتية :** لنأخذ مصدرين صوتيين نقطيين M_1 و M_2 كما بالشكل (12) يطلقان أمواجا لها التردد نفسه والسعة نفسها .



(شكل 12)
تداخل ناتج من تراكب أمواج صوتية من مصدرين صوتيين

لاحظ : 1- الدوائر المتصلة تمثل النهايات العظمي للتضاغطات .
2- الدوائر المتقطعة تمثل النهايات العظمي للتخلخلات .
3- الطول الموجي (λ) يساوي المسافة بين أي قوسين متصلين متتاليين . أو المسافة بين أي قوسين متقاطعين متتاليين .

ملاحظة: لبيان ظاهرة التداخل في الصوت يمكن استخدام أنبوب كوينك حيث يظهر التداخل البنائي للموجتين علي شكل تقوية للصوت .بينما يظهر التداخل ألهدمي علي شكل انعدام للصوت فلا يسمع صوت .

الفيزياء يخفف أو يلغي الضوضاء :

يعتبر التداخل ألهدمي للصوت خاصية مفيدة في التقنية ضد الضوضاء . فقد تم تجهيز بعض الآلات المصدرة للضوضاء بأجهزة ترسل صوت الآلة إلي رقائق الكترونية تقوم بإصدار أصوات مطابقة لصوت الآلة ولكن تختلف معها في الطور كما في سماعات الأذن التي تعرف بالسماعات المانعة للضوضاء والتي يستخدمها الطيارون بكثرة في أيامنا هذه .

علل : يعتبر التداخل ألهدمي للصوت خاصية مفيدة في التقنية ضد الضوضاء .

وذلك بتجهيز بعض الآلات المصدرة للضوضاء بأجهزة ترسل صوت الآلة إلي رقائق الكترونية تصدر أصوات مطابقة كما في السماعات المانعة للضوضاء والتي يستخدمها الطيارين بكثرة الآن.

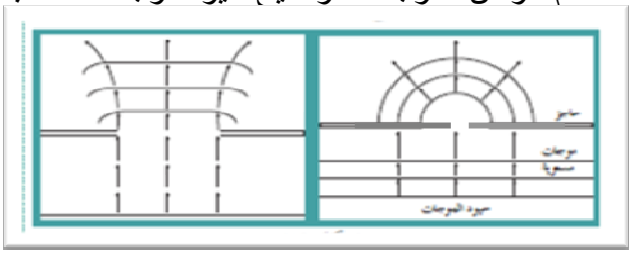
حيود الصوت هي ظاهرة انحناء الموجات حول حافة حادة أو عند نفاذها من فتحة صغيرة بالنسبة إلى طولها ألموجي .

ملاحظة : يزداد انحناء الموجات كلما كان أتساع الفتحة أصغر .

علل : يمكنك سماع صوت يفصلك عنه حاجز .

بسبب حدوث ظاهرة الحيود في الصوت عند اصطدام موجات بحواجز وفتحات تتناسب أبعادها مع طول الموجة الصوتية

لاحظ : يمكن توضيح الحيود عمليا باستخدام حوض الموجات لتوضيح حيود موجات الماء باستخدام شرائح متنوعة الأحجام والأشكال كما بالشكل التالي .



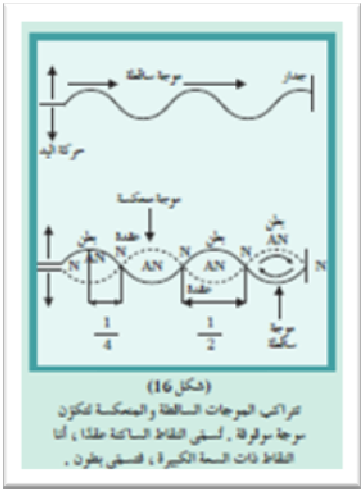
الموجات الموقوفة (الساكنة) :

ماذا يحدث عند ربط حبل في حائط ثم هز الطرف الحر للحبل بطريقة منتظمة ؟

تحدث موجات ساقطة علي الجدار وموجات منعكسة وتلتقي الموجات الساقطة علي الجدار مع الموجات المنعكسة وتتداخل مكونة موجات موقوفة أو منعكسة .

الموجات الموقوفة :

هي تلك الموجات التي تنشأ من تراكب قطارين من الموجات متماثلين في التردد والسعة لكنهما يسيران في اتجاهين متعاكسين .



مما تتكون الموجات الموقوفة ؟

تتكون من عقد وبطون .

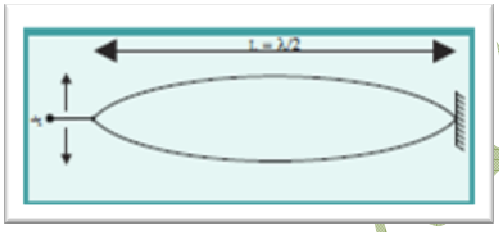
العقدة : موضع في الموجة الموقوفة تكون سعة اهتزاز جزيئات الوسط عنده صفر أو النقاط الساكنة في الموجة الموقوفة

البطن : موضع في الموجة الموقوفة تكون سعة اهتزاز جزيئات الوسط عنده أكبر ما يمكن أو النقاط ذات السعة الكبيرة في الموجة الموقوفة .

الطول الموجي للموجة الموقوفة : ضعف المسافة بين مركزي بطنين متتاليين أو عقدتين متتاليتين .

ملاحظات هامة :

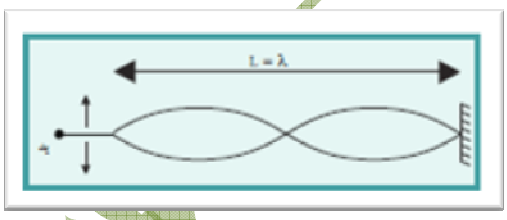
1- أبسط موجة موقوفة يمكن تكونها من قطاع واحد كما بالشكل المقابل حيث أن **القطاع يتكون من عقدتين بينهما بطن .**



طول القطاع الواحد (طول الحبل أو الوتر) = نصف طول موجة .

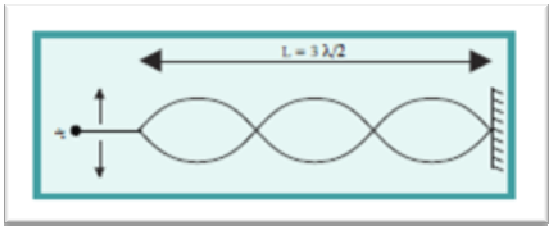
$$L = \frac{\lambda}{2}$$

2- بزيادة التردد يزيد عدد القطاعات فإذا ضاعفنا تردد اهتزاز الحبل نحصل علي موجة موقوفة لها قطاعان كما بالشكل المقابل . وطول الحبل يساوي طول الموجة .



$$L = \lambda$$

3- اذا حركنا الحبل بتردد ثلاث مرات أكثر نحصل علي موجة لها ثلاثة قطاعات كما بالشكل المقابل . ويكون :



$$L = \frac{3\lambda}{2}$$

الموجات الموقوفة والآلات الموسيقية

تتكون الموجات الموقوفة عند اهتزاز: 1- أوتار الآلات الموسيقية التي تصدر نغمات أساسية أو توفيقية
2- الأعمدة الهوائية المهتزة في حالة الرنين داخل آلات النفخ الموسيقية .

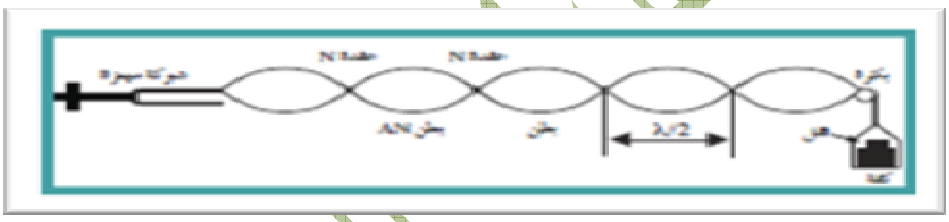
علل لما يلي :

1- تكون الموجات الموقوفة في الأوتار عند اهتزازها ؟
بسبب حدوث تداخل بين سلسلة من الموجات الساقطة والموجات المنعكسة المتماثلة في التردد والسعة .

2- عند حدوث تداخل بين موجات ساقطة وموجات منعكسة تسمي الموجات الناتجة الموجات الموقوفة أو الساكنة ؟
لثبات مواضع العقد والبطون في الموجة الموقوفة .

1- الأوتار المهتزة

س : اشرح تجربة ميلد لتوليد موجات موقوفة في الأوتار المهتزة ؟



الأدوات : يتكون جهاز ميلد من : 1- شوكة رنانة مهتزة
2- وتر وهو عبارة عن خيط مرن طوله حوالي m (2) يتصل بأحد فرعي الشوكة .
3- يمر الطرف الاخر للوتر فوق بكرة ملساء وينتهي في كفة توضع فيها أثقال .كما بالشكل الموضح أعلاه .

الخطوات : 1- عندما تهتز الشوكة ينتقل في الوتر قطار من الموجات المستعرضة تصل إلي البكرة فيرتد عنها .
2- تتراكب الموجات الساقطة مع الموجات المنعكسة مكونة الموجات الموقوفة التي تتكون من عقد وبطون .

س : اشرح تجربة لتعيين سرعة الموجات الموقوفة باستخدام جهاز ميلد ؟
1- نعد جهاز ميلد كما سبق ونضع أثقال مناسبة في الكفة .
2- نجعل الشوكة الرنانة تهتز حتي نحصل علي اهتزاز مستعرض في الوتر علي هيئة قطاعات .
3- يحدث تراكب بين الموجة الساقطة والموجة المنعكسة مكونا موجات موقوفة تتكون من قطاعات وكل قطاع يتكون من عقدتين بينهما بطن .
4- نحدد عدد القطاعات (n) وطول الخيط (L) .

النتائج :
طول القطاع الواحد = المسافة بين عقدتين متتاليتين = $\frac{L}{n}$

ولكن المسافة بين عقدتين متتاليتين = نصف طول موجة = $\frac{\lambda}{2}$

$\because \frac{L}{n} = \frac{\lambda}{2}$ $\quad\quad$ $\therefore \lambda = \frac{2L}{n}$

ولكن $v = \lambda . f$

$$\therefore v = \frac{2L}{n} . f$$

ما هي العوامل المؤثرة في تكوين الموجة الموقوفة وعدد قطاعاتها ؟

1- طول الوتر 2- نوع الوتر 3- قوة الشد في الوتر

النغمات التي يصدرها الوتر :

1- النغمة الأساسية : هي النغمة التي يصدرها الوتر عندما يهتز بأكمله كقطاع واحد وترددها هو أقل تردد يمكن أن يهتز به هذا الوتر .

2- النغمات التوافقية : نغمات يصدرها الوتر أعلى في التردد و أقل في الشدة من النغمة الأساسية – وفيها يهتز الوتر على شكل قطاعين أو أكثر .

حساب سرعة انتشار الموجة في وتر مشدود :

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

حيث أن : v : سرعة الانتشار
T : قوة الشد في الوتر
μ : كتلة وحدة الأطوال من الوتر وتقاس (kg /m)

$$\mu = \frac{m}{L}$$

ملاحظة هامة :

حيث أن (m) : كتلة الوتر
(L) : طول الوتر

$$T = m\,g$$

حيث أن : (m) : كتلة الثقل المعلق بالوتر (الموضوع بالكفة)
(g) : عجلة الجاذبية الأرضية

حساب تردد النغمات التي يصدرها الوتر :-

$$\because v = \frac{2\,L}{n} . f$$

$$\therefore f = \frac{n\,v}{2\,L}$$

$$\because v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$$f = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

حيث ان (n) : عدد القطاعات n = 1,2,3,4,.....

ملاحظة هامة :

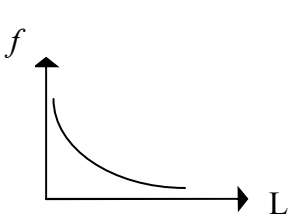
في النغمات التوافقية : نجد أن عدد القطاعات (n) يسبق **رتبة** النغمة بمقدار **1** .

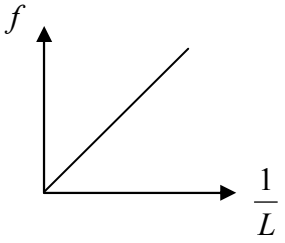
- فمثلا عدد القطاعات في النغمة التوافقية الأولي يساوي **2** وفي التوافقية الثانية يساوي **3** وهكذا .

العوامل المؤثرة في تردد النغمة الأساسية :

1- طول الوتر (L)

$$f \alpha \frac{1}{L}$$

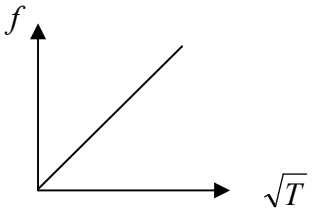




$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{L_2}{L_1}$$

2- قوة الشد في الوتر (T) :

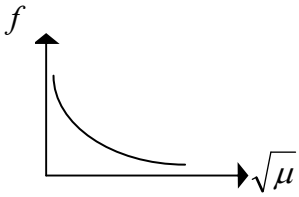
$$f \alpha \sqrt{T}$$

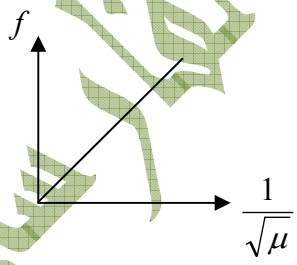


$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$$

3- كتلة وحدة الأطوال من الوتر (μ) :

$$f \alpha \frac{1}{\sqrt{\mu}}$$





$$\frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{\mu_2}{\mu_1}}$$

ملاحظة هامة : يمكن حساب تردد أي نغمة توافقية يصدرها الوتر من العلاقة التالية :

$$f_{(n-1)} = n\, f_o$$

حيث أن (f) : تردد النغمة التوافقية
(n) : عدد القطاعات
(f_o) : تردد النغمة الأساسية

علل لما يلي : 1- النغمة الأساسية المتولدة في وتر تعتبر أقل تردد لنغمة يصدرها الوتر.

لأنها تتكون من قطاع واحد وهو بطن محاطة بعقدتين .

2- الوتر السميك يصدر صوتا أقل تردد من وتر رفيع من نفس نوع المادة

لأنه كلما زاد سمك الوتر زادت كتلة وحدة الأطوال من الوتر فيقل التردد .

الأعمدة الهوائية والرنين

تنقسم الأعمدة الهوائية إلي نوعين هما :

1- **عمود هوائي مغلق :** ويكون مغلق من أحد طرفيه

2- **عمود هوائي مفتوح :** ويكون مفتوح من كلا طرفيه .

س - يشبه اهتزاز الأعمدة الهوائية اهتزاز الأوتار المستعرضة . فسر ذلك (كيفية تولد الموجات الموقوفة في الأعمدة الهوائية) .

الموجة الصوتية التي تتحرك في العمود الهوائي داخل الأنبوب تنعكس عند وصولها إلي نهاية العمود الهوائي ثم تتحرك في الاتجاه العكسي وتستمر حركة الانعكاس مكونة موجة موقوفة طولية حيث تتكون عقدة عند الطرف المغلق للعمود وبطن عند الطرف المفتوح .

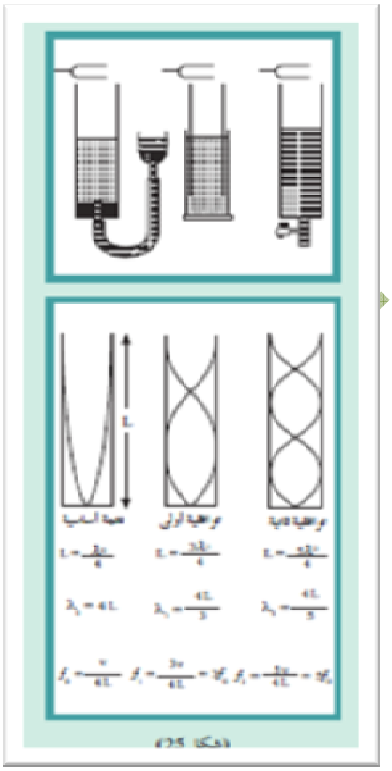
علل لما يلي : 1- يتكون عند الطرف المغلق للعمود الهوائي عقدة ؟

لأن جزيئات الهواء لا يمكنها أن تتحرك عند الطرف المغلق للعمود الهوائي الذي يمنعها من الحركة .

2- يتكون عند الطرف المفتوح للعمود الهوائي بطن ؟

لأن جزيئات الهواء تستطيع الحركة بسهولة إلي الخارج .

الرنين : اهتزاز جزيئات الوسط بسعة عظمى نتيجة تأثرها بمصدر يهتز بتردد يساوى أحد ترددات النغمة الأساسية أو التوافقية .



(أ) الرنين في الأعمدة الهوائية المغلقة

- يوضح الشكل المقابل ثلاثة أنواع من الأنابيب الهوائية المغلقة . يمكن تغيير طول العمود الهوائي فيها بتغيير مستوي سطح الماء أو أي سائل مناسب آخر داخل الأنبوب المستخدم .

يمكن أن يهتز عمود هوائي مغلق طوله (L) ويصدر نغمات مختلفة هي :

1- النغمة الأساسية : إذا إهتز بحيث تتكون علي امتداد طوله عقدة واحدة وبطن واحد أي علي شكل قطاع واحد .كما بالشكل المقابل .

ويكون طول العمود (طول القطاع) = ربع طول موجة . لأن المسافة بين عقدة وبطن يساوي ربع طول موجة .

$$L = \frac{\lambda}{4}$$

2- النغمة التوافقية الأولي : إذا اهتز بحيث يتكون داخله عقدتان وبطنان أي علي شكل ثلاث قطاعات كما بالشكل المقابل .

$$L = \frac{3\lambda}{4}$$

3- النغمة التوافقية الثانية : إذا اهتز بحيث تتكون علي امتداد طوله ثلاث عقد وثلاث بطون أي علي شكل خمس قطاعات كما بالشكل المقابل .

$$L = \frac{5\lambda}{4}$$

وهكذا .....

حساب تردد النغمة الأساسية في العمود الهوائي المغلق :

$$\because \quad f_o = \frac{v}{\lambda}$$

$$\because \quad \lambda = 4\ L$$

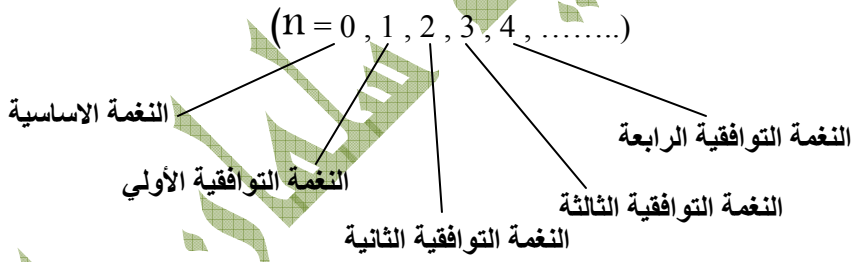
$$\therefore \quad f_o = \frac{v}{4\ L}$$

حساب تردد النغمات التوافقية في العمود الهوائي المغلق :

$$f_n = (2n+1)\, f_o = (2n+1)\frac{v}{4L}$$

حيث أن (f_n) تردد النغمة التوافقية

(f_o) تردد النغمة الأساسية



أي أن تردد هذه النغمات يتناسب مع الأعداد الصحيحة الفردية .

النسبة بين الترددات :

$$f_o : f_1 : f_2 : \ldots\ldots\ldots$$

$$1 : 3 : 5 : \ldots\ldots\ldots\ldots$$

أي أن تردد **النغمة التوافقية الأولي** يساوي **ثلاث أمثال تردد النغمة الأساسية** . وتردد **النغمة التوافقية الثانية** يساوي **خمسة أمثال تردد النغمة الأساسية** وهكذا .

ملاحظة هامة : عندما يهتز عمود هوائي ليصدر **نغمته الأساسية** وتسمي **الرنين الأول** . فإن بعض **النغمات التوافقية** وتسمي **بالرنين الثاني والثالث وهكذا** تصدر مرافقة للنغمة الأساسية كما يحدث في الأنابيب الأرغوانية . ويزداد شدة النغمات التوافقية المرافقة للنغمة الأساسية كما يزداد عدد هذه النغمات تدريجيا مما يؤدي إلي تغير نوع النغمة في الأنبوب الأرغواني.

علل لما يلي :1- تغير نوع النغمة في الأنبوب الأرغواني (آلات النفخ) ؟

بسبب زيادة شدة النغمات التوافقية المرافقة للنغمة الأساسية كما يزداد عدد النغمات تدريجيا .

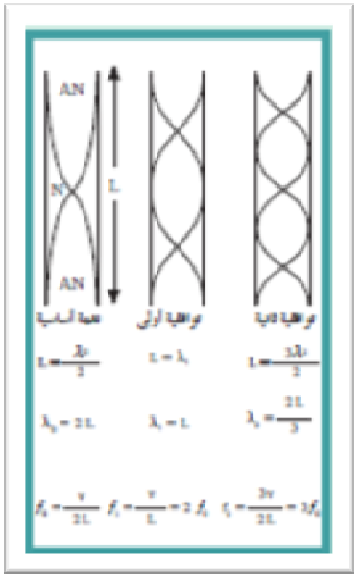
2- حدوث رنين في الأعمدة الهوائية ؟

عندما تهتز جزيئات الوسط بسعة عظمي نتيجة تأثرها بمصدر يهتز بتردد يساوي احد ترددات النغمة الأساسية أو التوافقية .

لاحظة هامة : التردد للنغمات في العمود الهوائي **يتناسب عكسيا** مع **طول العمود الهوائي .**

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{L_2}{L_1}$$

الرنين في الأعمدة الهوائية المفتوحة



1- النغمة الأساسية : إذا اهتز بحيث تتكون علي امتداد طوله عقدة واحدة وبطنين أي علي شكل قطاع واحد .كما بالشكل المقابل .
ويكون طول العمود (طول القطاع) = نصف طول موجة . لأن المسافة بين بطنين متتاليتين يساوي نصف طول موجة .

$$L=\frac{\lambda}{2}$$

2- النغمة التوافقية الأولي : إذا اهتز علي شكل قطاعين كما بالشكل المقابل .

$$L=\frac{2\lambda}{2}$$

3- النغمة التوافقية الثانية : إذا إهتز علي شكل ثلاث قطاعات كما بالشكل المقابل .

$$L=\frac{3\lambda}{2}$$

وهكذا .....

حساب تردد النغمة الأساسية في العمود الهوائي المفتوح :

$$f_o=\frac{v}{\lambda}=\frac{v}{2L}$$

حساب تردد النغمات التوافقية في العمود الهوائي المفتوح :

$$f_{n-1}=n\ f_o=\frac{n\ v}{2\ L}$$

n = 1 , 2 , 3 , 4 ,..... (عدد القطاعات)

حيث أن : (f_{n-1}) : تردد النغمة التوافقية

(f_o) : تردد النغمة الأساسية

النسبة بين الترددات : $f_o : f_1 : f_2 : .....$

$1 : 2 : 3 : .....$

ملاحظات هامة : 1- عدد القطاعات (n) يسبق **رتبة** النغمة التوافقية بمقدار **1** .
2- في العمود المفتوح يكون **عدد القطاعات (n)** يساوي **عدد العقد** في الرسم الموضح للعمود المفتوح
3- الفرق بين **طولي عموديين هوائيين يحدثان رنينين متتاليين** يساوي **نصف طول الموجة** سواء أكان الأنبوب مفتوحا أم مغلقا .