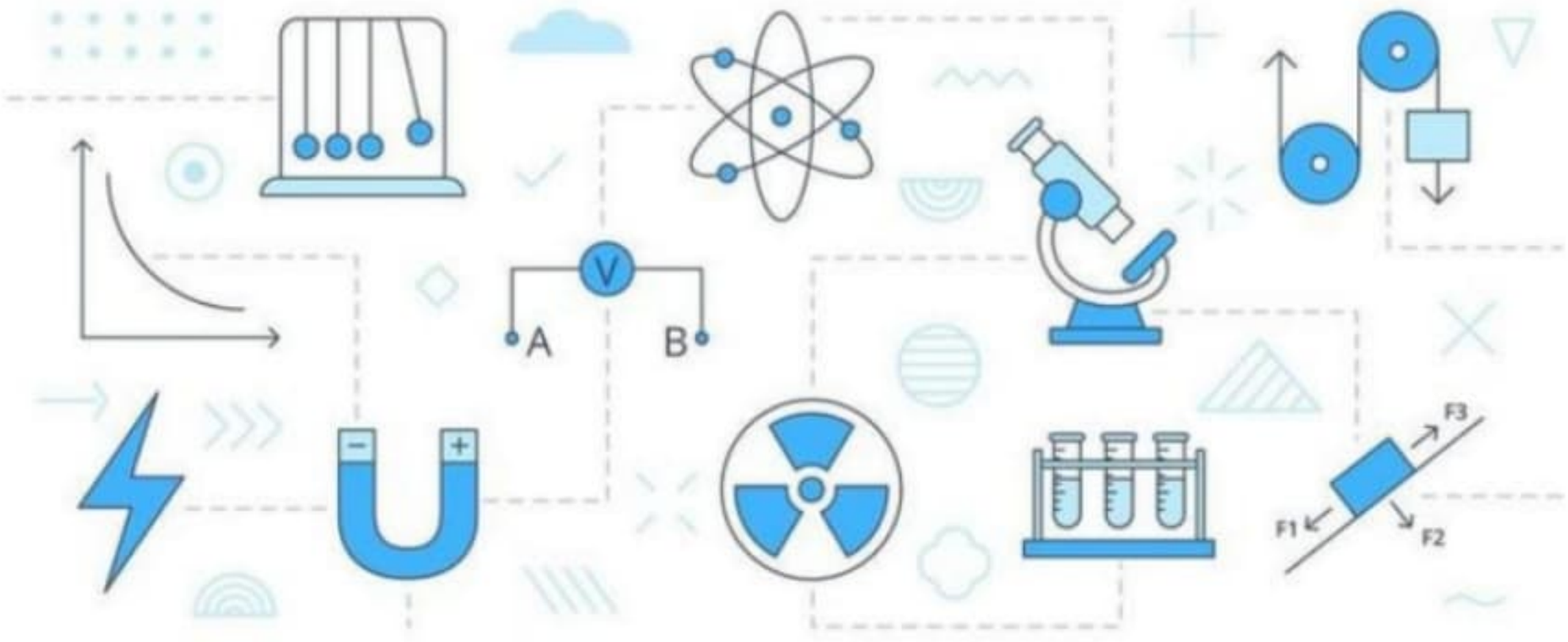
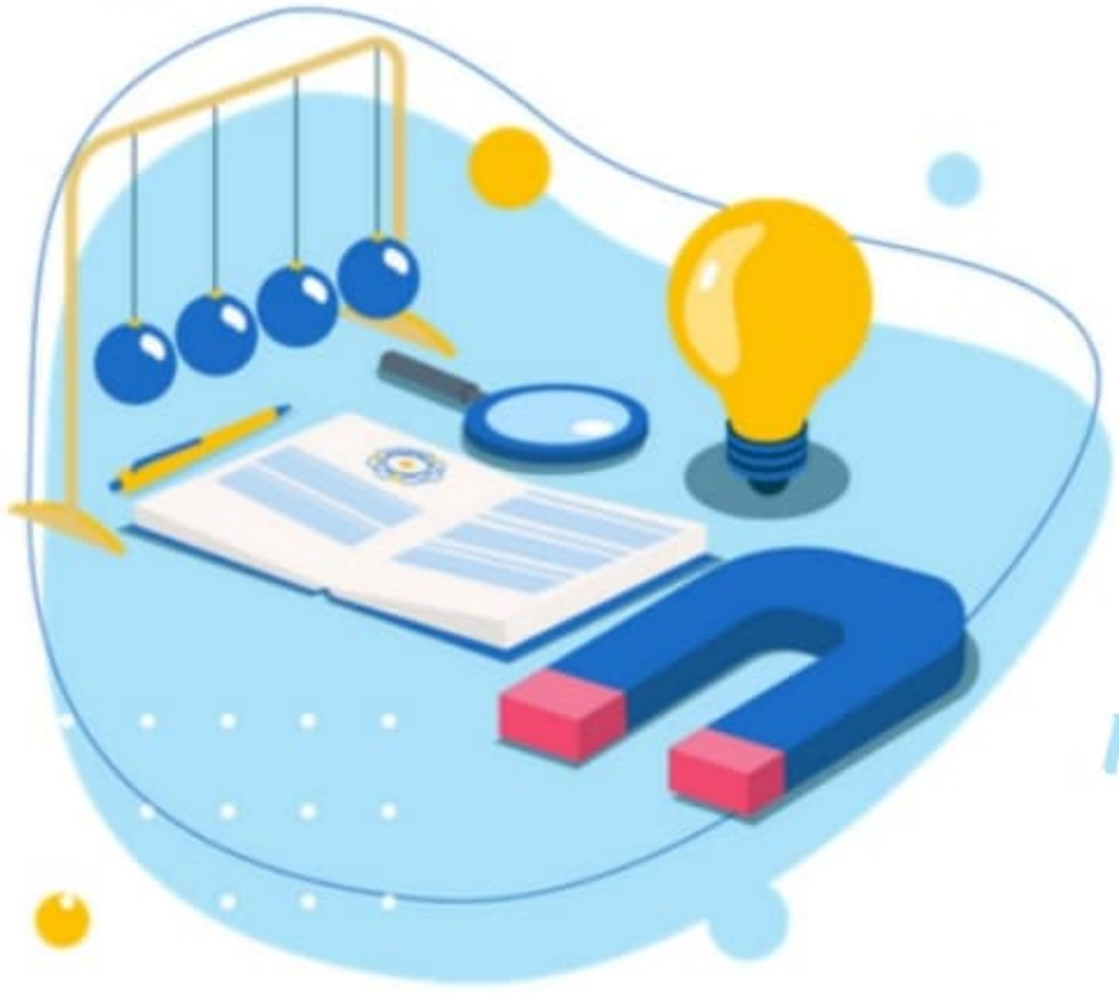



# الأمواج المستقرة الطولية

## القسم النظري + ملاحظات

## حل مسائل الدرس

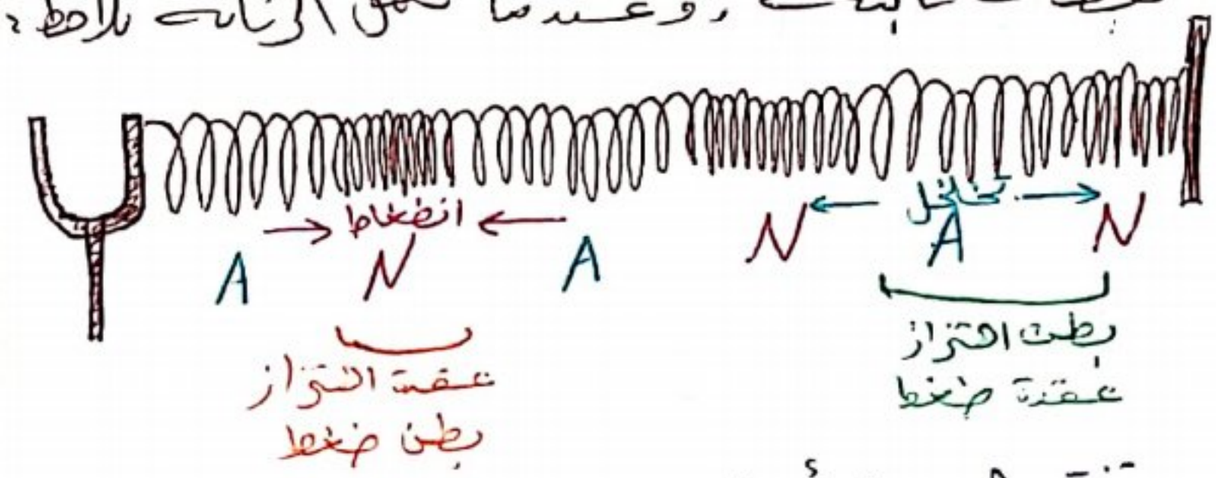


قناتنا على التلغرام:
الفيزياء مع المدرس توفيق حمود
https://t.me/physics20212022syr

# الأمواج المستقرة الطولية

★ الأمواج المستقرة الطولية في ناضر ،

لدينا ناضر مرنة يثبت بشكل أفقي بحيث تثبت طرفه إلى رنانة والطرف الآخر نقطة ثابتة ، وعندما تعمل الرنانة نلاحظ ،




• تنتشى الأمواج الطولية الواردة وفق استقامة الناضر لتصل إلى النهاية المقيدة وتنعكس عنها.

• فتتداخل الأمواج الطولية المنعكسة مع الأمواج الطولية الواردة لتنتج " الأمواج المستقرة الطولية ".

• نلاحظ من هذا التداخل ،

① حلقات تهتز بسعات معدومة ،

- تسمى عقد اهتزاز
- تتلاقى عندها الموجة الطولية الواردة والموجة الطولية المنعكسة على " تعاكس دائم "
- تسمى بطون الضغط

② حلقات تهتز بسعات عظمى ،

- تسمى بطون اهتزاز.
- تتلاقى عندها الموجة الطولية الواردة والموجة الطولية المنعكسة على " توافق دائم ".
- تسمى عقد الضغط.

• المسافة بين عقدتي اهتزاز متتاليتين أو بطني اهتزاز متتاليين تساوي نصف طول الموجة $\frac{\lambda}{2}$.

• المسافة بين عقدة اهتزاز وبطن اهتزاز متتاليين تساوي ربع طول الموجة $\frac{\lambda}{4}$.

## ★ الأعمدة والمزامير :

لدينا عمود هوائي مغلق نضع رنانة أمام فوهته المفتوحة ، المطلوب ،

① متى يُسمع صوتاً شديداً عالياً عندما تعمل الرنانة ؟ وضح ذلك بالشرح.

② ماذا نسمي هذه الحادثة ؟

① يُسمع صوتاً شديداً عالياً عندما يكون تواتر الرنانة يساوي تواتر الهواء في عمود الأنبوب (العمود) ، حيث تتشكل أمواج مستقرة طولية في الهواء الأنبوب وذلك بسبب :

عندما تعمل الرنانة يحدث انعكاسات متكررة داخل الأنبوب للأمواج الصوتية يتولد عنها "أمواج مستقرة ذات نغمات صوتية واضحة".

- يتكون عقدة اهتزاز عند سطح الماء الساكن (حيث يتبين نهاية مغلقة).
- وبطن اهتزاز عند فوهة الأنبوب (نهاية مفتوحة).

② تسمى هذه الحادثة تضخيم وتقوية الصوت.

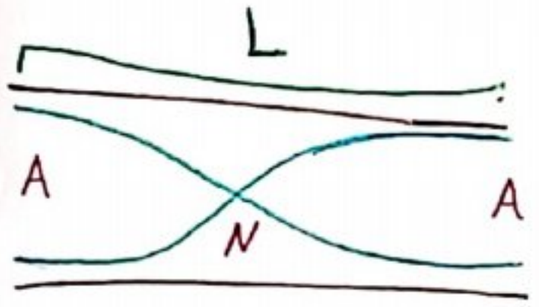
★ طول أقصر عمود هوائي (أنبوب) فوق سطح الماء يحدث عنده التجاوب يساوي $L_1 = \frac{\lambda}{4}$ .

## ★ الأعمدة الهوائية المفتوحة:

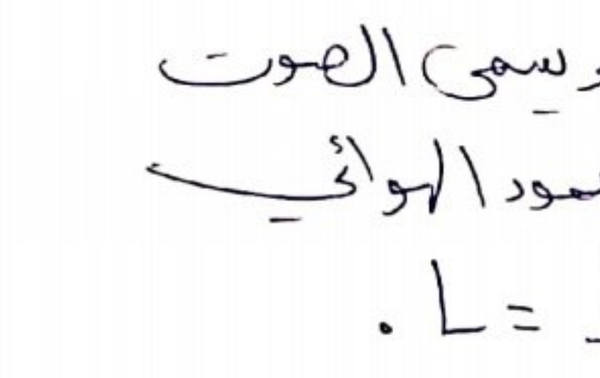
العمود الهوائي المفتوح ، هو عبارة عن أنبوب اسطواني الشكل ، مفتوح الطرفين ، مملوء بجزيئات الهواء الساكنة ، طول هذا الأنبوب عنه التجاوب يساوي عدداً صحيحاً من نصف طول الموجة .

$$L = n \frac{\lambda}{2} \quad ; n = 1, 2, 3 \text{ ــــ}$$

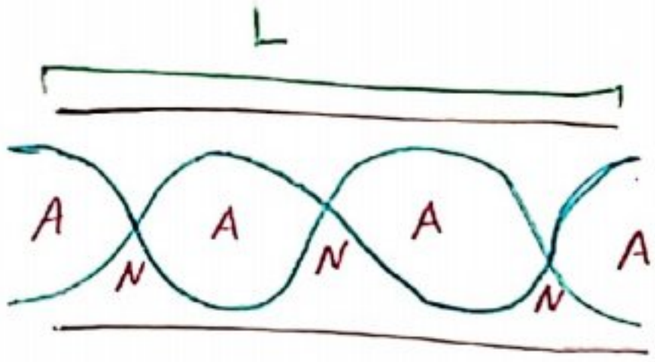
طول الأنبوب




• المدروج الأول (الصوت الأساسي)
• الرنين الأول
$L = 1 \frac{\lambda}{2}$ •



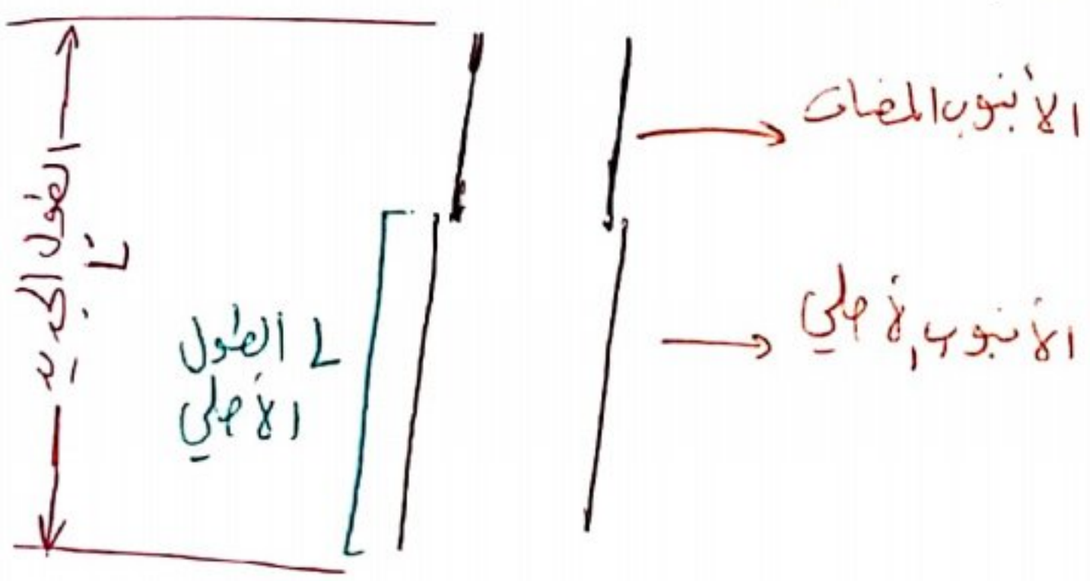

• المدروج الثاني
$L = 2 \frac{\lambda}{2}$ •




• المدروج الثالث
$L = 3 \frac{\lambda}{2}$ •

• يحدث الرنين الأول ويسمى الصوت الأساسي في العمود الهوائي المفتوح عند $L = \frac{\lambda}{2}$ .

• يمكن تغيير طول الأنبوب المفتوح بإضافة أنبوب آخر قطره أقل .

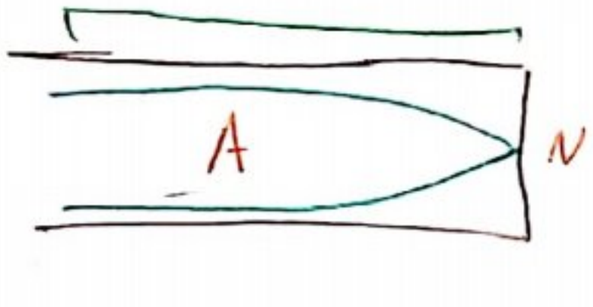



العمود الهوائي المغلق ، هو عبارة عن أنبوب اسطواني الشكل ، مفتوح من طرف ومغلق من الطرف الآخر ، مملوء بجزيئات الهواء الساكنة ، طول هذا الأنبوب عنه التجاوب يساوي عدداً فردياً من ربع طول الموجة .

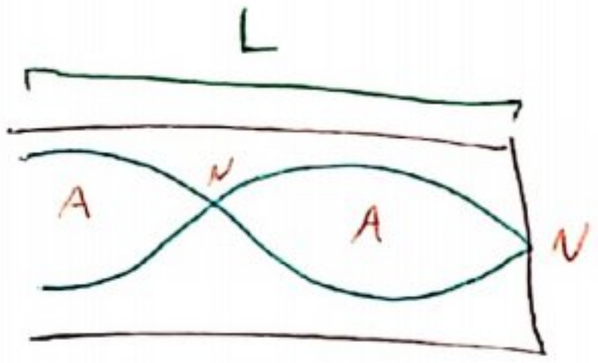
$$L = (2n - 1) \frac{\lambda}{4} \quad ; n = 1, 2, 3, \text{ ــــ}$$

$(2n-1) = 1, 3, 5 \text{ ــــ}$

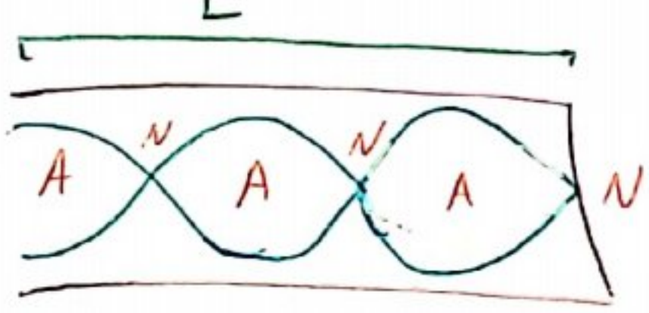
طول الأنبوب




• المدروج الأول (الصوت الأساسي)
• الرنين الأول
$L = 1 \frac{\lambda}{4}$ •




• المدروج الثالث
$L = 3 \frac{\lambda}{4}$ •

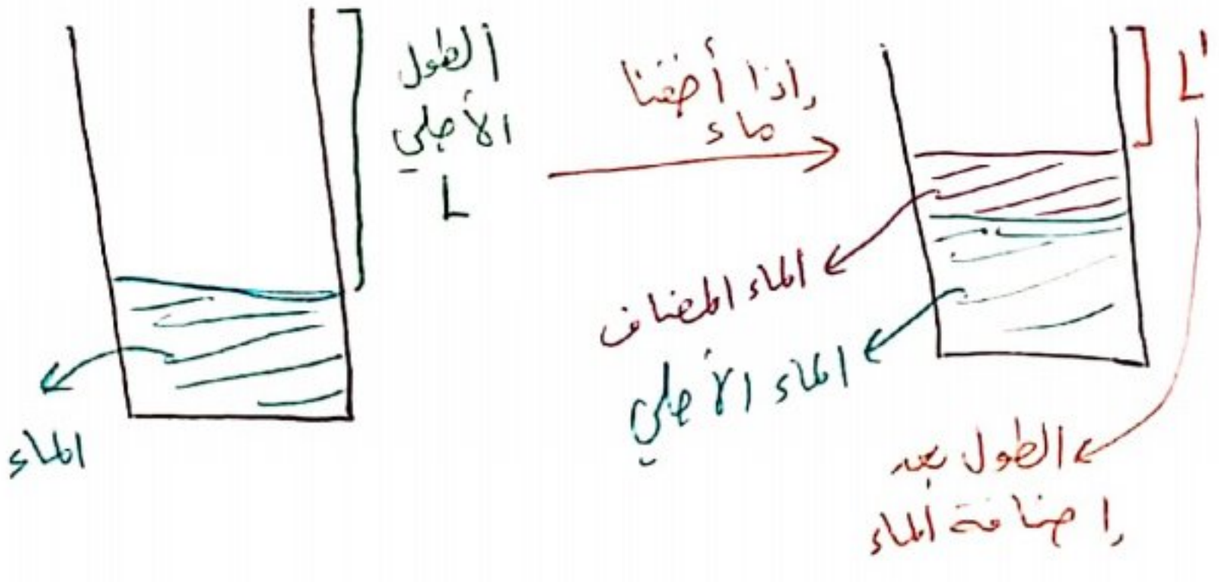



• المدروج الخامس
$L = 5 \frac{\lambda}{4}$ •

• يحدث الرنين الأول ويسمى الصوت الأساسي في العمود الهوائي المغلق عند

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

• يمكن تغيير طول الأنبوب المغلق بإضافة الماء .



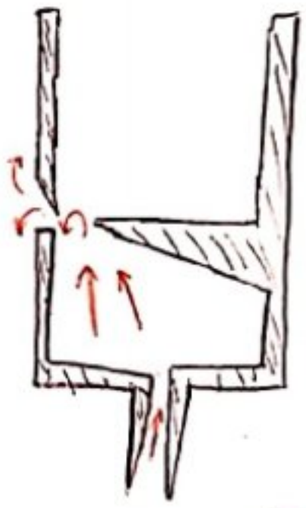
## ★ المزمار :

هو أنبوب اسطواني أو موشوري، مقطعه ثابت وصغير بالنسبة إلى طوله، جداره خشبية أو معدنية ثخينة لكي لا تشارك في الاهتزاز، يحتوي غاز يهتز بالتجاوب مع المنبع الصوتي للمزمار.

### س: ادرس أنواع المنابع الصوتية في المزمار:

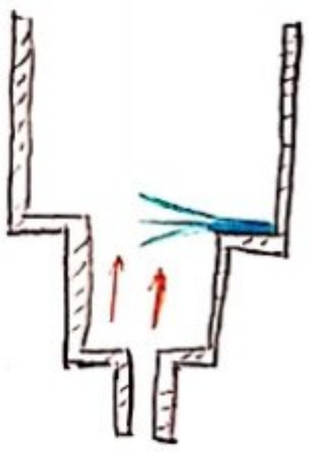
① المنبع ذو الفم: هو عبارة عن نهاية أنبوب صغيرة مفتوحة يُدفع فيها الهواء بنسق ليخرج من منفذ ضيق.

- فيتشكل عند الفم بطن اهتزاز (عقدة ضغط).



② المنبع ذو اللسان: هو عبارة عن صفيحة مرنة تدعى اللسان قابلة للاهتزاز مثبتة من أحد طرفيها.

- تهتز بتواتر يساوي تواتر المنبع.
- يتشكل عند اللسان عقد الاهتزاز (بطن ضغط).



أعط تفسيراً علمياً لتشكل الأنواع المستقرة الطولية في المزمار ذو النهاية المغلقة:

- عندما تهتز طبقة الهواء المجاورة للمنبع يتشكى هذا الاهتزاز طولياً في هواء المزمار حتى يصل إلى النهاية المغلقة لينعكس عليها فتتداخل الأمواج الواردة مع الأمواج المنعكسة داخل الأنبوب لتؤلف "جملة أمواج مستقرة طولية":
- تتكون عند النهاية المغلقة "عقدة للاهتزاز"

أعط تفسيراً علمياً لتشكل الأنواع المستقرة الطولية في المزمار ذو النهاية المفتوحة:

- عندما تهتز طبقة الهواء المجاورة للمنبع يتشكى هذا الاهتزاز طولياً في هواء المزمار حتى يصل إلى النهاية المفتوحة لينعكس عليها فتتداخل الأمواج الواردة مع الأمواج المنعكسة داخل الأنبوب لتؤلف "جملة أمواج مستقرة طولية":
- تتكون عند النهاية المفتوحة "بطن اهتزاز"

أعط تفسيراً علمياً لتشكل بطن الاهتزاز عند نهاية المزمار ذو النهاية المفتوحة:

إن الانضغاط الوارد إلى طبقة الهواء الأخيرة يزيحها إلى الهواء الخارجي فتسبب انضغاطاً فيه وتخلخلاً وراءها يستدعي تراجع هواء المزمار ليملأ الفراغ من آخر المزمار إلى بدايته وندعو هذا "منعكس الانضغاط الوارد"

وتقسم المزامير من الناحية الاهتزازية إلى نوعين ← متشابه الطرفين، مختلف الطرفين:

### متشابه الطرفين:

- منبع ذو فم ← نهايته مفتوحة ← بطن اهتزاز (عقدة ضغط) / نهايته مغلقة ← عقدة اهتزاز (بطن ضغط)
- منبع ذو لسان ← عقدة اهتزاز (بطن ضغط) / نهايته مغلقة ← عقدة اهتزاز (بطن ضغط)

### مختلف الطرفين:

- منبع ذو فم ← بطن اهتزاز (عقدة ضغط) / نهايته مغلقة ← عقدة اهتزاز (بطن ضغط)
- منبع ذو لسان ← عقدة اهتزاز (بطن ضغط) / نهايته مفتوحة ← بطن اهتزاز (عقدة ضغط)

**تلخيص لتبسيط الفكرة:**

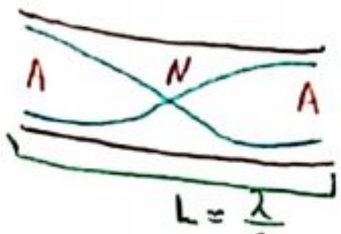
- منبع ذو لسان يعني مغلق / نهاية مغلقة، يتشكل عندها عقدة اهتزاز أو بطن ضغط
- منبع ذو فم يعني مفتوح / نهاية مفتوحة، يتشكل عندها بطن اهتزاز أو عقدة ضغط

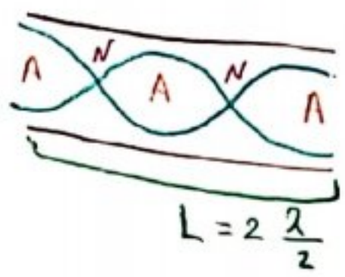
س: كيف يتم الحصول على مزمار متشابه / مختلف الطرفين من الناحية الاهتزازية؟

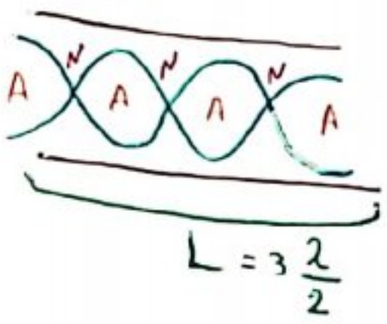
الجواب في الأعلى ← الشرح الصوتي

* استنتج عبارة توافر الصوت الصادر عن مزمار متشابه / مختلف الطرفين.

لـ متشابه الطرفين:




- يتشكل في المزمار متشابه الطرفين أعداد صحيحة من نصف طول الموجة.
- نلاحظ من الشكل أنه طول المزمار L يساوي تقريباً:

$\frac{\lambda}{2}, 2\frac{\lambda}{2}, 3\frac{\lambda}{2}, \text{---}$

أي:

$$\left.\begin{aligned} L &= n\frac{\lambda}{2} \\ \lambda &= \frac{v}{f} \end{aligned}\right\} \Rightarrow L = n\frac{v}{2f}$$

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

تواتر الصوت البسيط الصادر عن المزمار (Hz)

$n = 1, 2, 3, \text{---}$ عدد صحيح موجب يمثل رتبة الصوت ومدروجاته

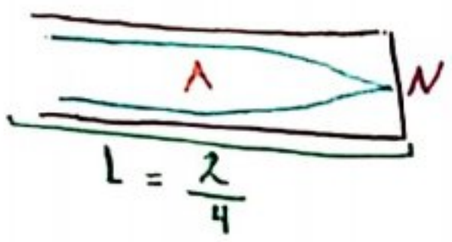
v سرعة انتشار الصوت في غاز المزمار $(m.s^{-1})$

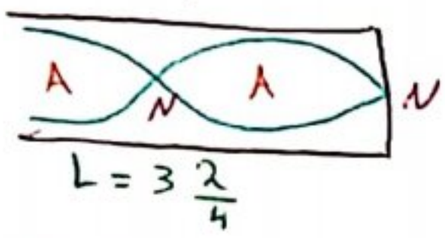
L طول المزمار (m)

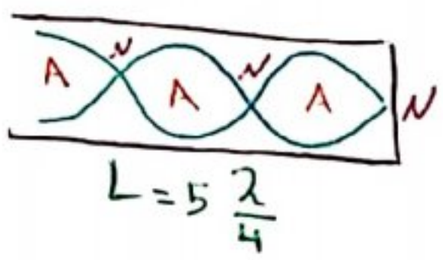
- لكي يصدر المزمار مدروجاته المختلفة نزيد نفخ الهواء فيه تدريجياً.
- يمكن إصدار مدروجات المزمار ذي اللسان بتغيير طول اللسان.

لـ مختلف الطرفين:

- يتشكل في المزمار مختلف الطرفين أعداد فردية من ربع طول الموجة.
- نلاحظ من الشكل أنه طول المزمار L يساوي تقريباً:




$\frac{\lambda}{4}, 3\frac{\lambda}{4}, 5\frac{\lambda}{4}, \text{---}$

أي:

$$\left.\begin{aligned} L &= (2n-1)\frac{\lambda}{4} \\ \lambda &= \frac{v}{f} \end{aligned}\right\} \Rightarrow L = (2n-1)\frac{v}{4f}$$

$$f = (2n-1)\frac{v}{4L}$$

تواتر الصوت البسيط الصادر عن المزمار (Hz)

$n = 1, 2, 3, \text{---}$ عدد صحيح موجب

$(2n-1) = 1, 3, 5, \text{---}$ أعداد فردية تمثل رتبة صوت المزمار (مدروجات الصوت)

v سرعة انتشار الصوت في غاز المزمار $(m.s^{-1})$

L طول المزمار (m)

ملاحظات للفرح:

- هذا السؤال مرتبط بسؤال الصفحة السابقة.
- تذكر: كل مغزل يساوي $\frac{\lambda}{2}$ أي عندما يكون لدينا مغزل ونصف يكون $\frac{3}{2}.\frac{\lambda}{2}$ وهي $3\frac{\lambda}{4}$ ـــــ الخ بالنسبة للباقي.

## ملاحظات :

• تواتر الصوت الأساسي الذي يصدره مزمار يتناسب طرداً مع سرعة انتشار الصوت في غاز المزمار،
يمكن تغيير هذه السرعة بزيادة درجة حرارة الغاز أو تغيير طبيعته.

• تدل التجارب على أنه سرعة انتشار صوت في الغازات :

[a] تناسب سرعة انتشار الصوت في غاز معيّن طرداً مع الجذر التربيعي لدرجة حرارته المطلقة T (كلفن).

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$$

حيث :

$$T(K) = 273 + t(°C)$$

[b] تناسب سرعة انتشار الصوت في غازين مختلفين عكساً مع الجذر التربيعي لكثافتيهما $D_1, D_2$ بالنسبة للهواء،

• إذا كانت الغازات في درجة حرارة واحدة ولها رتبة ذرية واحدة [أي عدد الذرات التي تؤلف جزيئة هي نفسها]، أي :

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{D_2}{D_1}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

M : الكتلة المولية للغاز.
تعطى كثافة غاز بالنسبة للهواء بالعلاقة $D = \frac{M}{29}$.

## ملاحظات حل المسائل :

• طول الموجة $\lambda = \frac{v}{f}$

عدد أطوال الموجة = طول المزمار / طول الموجة $= \frac{L}{\lambda}$

• عمود هوائي :

مفتوح :

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

الرنين الأول $n=1 \Leftarrow L = \frac{\lambda}{2}$

$L = (2n-1)\frac{\lambda}{4}$

مغلق :

الرنين الأول $n=1 \Leftarrow L = \frac{\lambda}{4}$

• مزمار :

متشابه الطرفين { ذو فم نهايته مفتوحة، ذو لسان نهايته مغلقة،

$L = n\frac{\lambda}{2}$ ، $f = n\frac{v}{2L}$ (f مضاعف صوت)

مختلف الطرفين { ذو فم نهايته مغلقة. ذو لسان نهايته مفتوحة.

$L = (2n-1)\frac{\lambda}{4}$ ، $f = \underbrace{(2n-1)}\frac{v}{4L}$ (مضاعف الصوت)

• المسافة بين مستويي الماء الموافقين للصوتين الشديدين المتتاليين $\Delta L = \frac{\lambda}{2}$

• الصوت موافق لصوت آخر متشابه مختلف $f = f'$

• الصوت الأساسي $n=1$،

• في حال لم تتغير درجة الحرارة $v = v'$

+ القوانين عالميين ☺

Tawfiq Hammoud