الوحدة الثالثة الامواج المستقرة

الدرس الأول الأمواج المستقرة العرضية

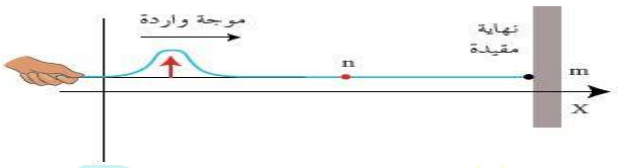
طول الموجة λ : هي المسافة التي يقطعها الاهتزاز خلال زمن قدره دور واحد T بسرعة انتشار v فتكون :

السرعة تساوي : $\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$ أي أن : $v = \frac{\lambda}{T} \xrightarrow{f=\frac{1}{T}} v = \lambda . f$ حيث f تواتر الاهتزاز .

سؤال نظري (30) تجربة الأمواج المستقرة العرضية في وتر مشدود على نهاية مقيّدة أجب عن الأسئلة الآتية :

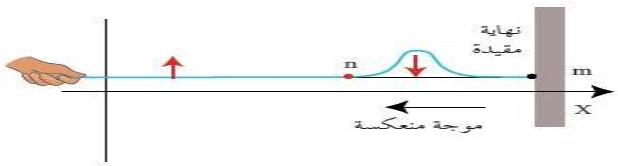
1. أكتب معادلة مطال موجة جيبية واردة تنتشر في الاتجاه الموجب للمحور $\overrightarrow{xx'}$ لنقطة n من الوتر فاصلتها $\bar{x}$ عند النهاية المقيدة m في اللحظة t
2. أكتب معادلة مطال موجة جيبية منعكسة تنتشر في الاتجاه السالب للمحور $\overrightarrow{xx'}$ لنقطة n من الوتر فاصلتها $\bar{x}$ عند النهاية المقيدة m في اللحظة t
3. ماذا يتشكل عند تداخل موجة جيبية واردة مع موجة جيبية منعكسة ؟
4. علل تشكل عقد وبطون الاهتزاز؟
5. كيف تهتز نقاط مغزل واحد فيما بينها ونقاط مغزلين متجاورين مفسّراً تسمية هذه الأمواج بالأمواج المستقرة ؟
6. ما قيمة فرق الطور بين الموجة الواردة والمنعكسة عندما تنعكس الإشارة على نهاية مقيدة وعلى نهاية طليقة ؟

الحل :



1. مطال موجة جيبية واردة تنتشر في الاتجاه الموجب للمحور $\overrightarrow{xx'}$

لنقطة **n** من الوتر $\bar{y}_1(t) = y_{max} \cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}\bar{x})$

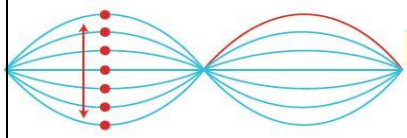


2. مطال موجة جيبية منعكسة تنتشر في الاتجاه السالب للمحور $\overrightarrow{xx'}$

لنقطة **n** من الوتر $\bar{y}_2(t) = y_{max} \cos(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} + \bar{\varphi}')$

3. تتكون الأمواج المستقرة العرضية عند التداخل بين موجة جيبية واردة مع موجة جيبية منعكسة على النهاية المقيدة وتعاكسها بجهة الانتشار ولها التواتر والسعة نفسها

4. **عقد الاهتزاز N**: نقاط تنعدم فيها سعة الاهتزاز وهي ساكنة لأنه تلتقي فيها الأمواج العرضية (الواردة والمنعكسة) على تعاكس دائم والمسافة بينها ثابتة وتحصر مغزل.



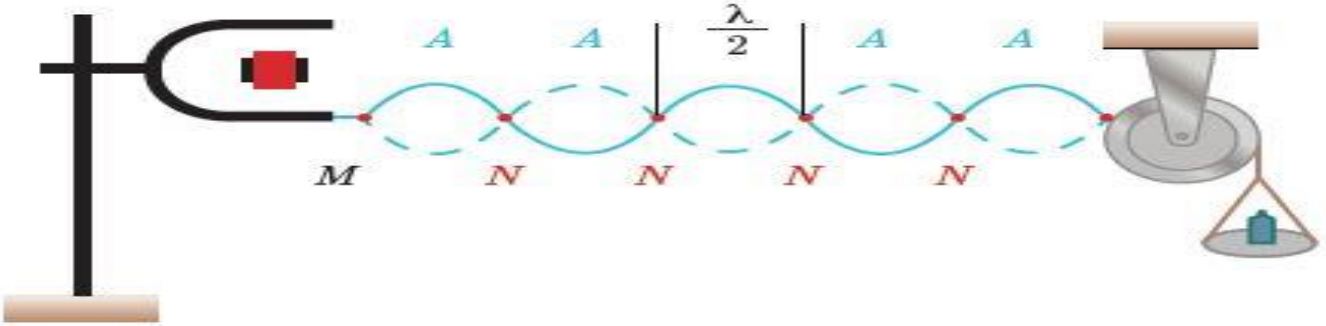
بطون الاهتزاز A: نقاط تهتز بسعة عظمى لأنه تلتقي فيها الأمواج العرضية(الواردة والمنعكسة) على توافق دائم.

5. تهتز نقاط مغزل واحد على توافق فيما بينها وتهتز نقاط مغزلين متجاورين على تعاكس دائم وتبدو الموجة وكأنها تهتز مراوحة في مكانها فيأخذ الحبل شكلاً ثابتاً لذلك سميّت بالأمواج المستقرة .

6. عندما تنعكس الاشارة (الموجة) على نهاية مقيدة أو طليقة ينشأ فرق طور بين الموجة الواردة والمنعكسة ما قيمة فرق الطور هذا؟

1- نهاية مقيدة $\varphi' = \pi\ rad$

2- نهاية طليقة $\varphi' = 0\ rad$



سؤال نظري (31) في الدراسة النظرية للأمواج العرضية المستقرة في وتر استنتج تابع المطال المحصل لنقطة n من الوتر؟

تنتشر في الاتجاه الموجب للمحور $\overrightarrow{xx'}$ موجة جيبية واردة تصل إلى نقطة n فاصلتها $\bar{x}$ عند النهاية المقيدة m فتولد مطالاً .

$$\bar{y}_1(t) = y_{max}\cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}\bar{x})$$

وتولد الموجة المنعكسة والمنتشرة في الاتجاه السالب للمحور $\overrightarrow{xx'}$ في النقطة n مطالاً . $\bar{y}_2(t) = y_{max}\cos(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} + \bar{\varphi}')$

ويكون المطال المحصل $\bar{y}_n(t)$ لاهتزاز النقطة n التي تخضع لتأثير الموجتين الواردة والمنعكسة معاً : $\bar{y}_n(t) = \bar{y}_1(t) + \bar{y}_2(t)$

$$\bar{y}_n(t) = y_{max}\cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}\bar{x}\right) + y_{max}\cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} + \bar{\varphi}'\right)$$

$$\bar{y}_n(t) = y_{max}\left(\cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}\bar{x}\right) + \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} + \bar{\varphi}'\right)\right)$$

دستور للحفظ

$$\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos\frac{\alpha+\beta}{2}.\cos\frac{\alpha-\beta}{2}$$

$$y_n(t) = 2y_{max}\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} + \frac{\bar{\varphi}'}{2}\right).\cos\left(\omega t + \frac{\bar{\varphi}'}{2}\right)$$ حيث: $(\cos(-\theta) = \cos\theta)$

في الانعكاس على نهاية مقيدة $\varphi' = \pi$ ←← $y_n(t) = 2y_{max}\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} + \frac{\pi}{2}\right).\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$

وحسب دستور الارجاع للربع الأول : $\cos\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right) = -\sin\theta$

$$y_n(t) = 2y_{max}(-\sin\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x}).(-\sin\omega t)$$

تابع المطال لنقطةn من وتر مهتز : $y_n(t) = 2y_{max}\sin\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x}.\sin\omega t$

وتصبح العلاقة : $y_n(t) = y_{max,n}\sin\omega t$

تمثل سعة الموجة المستقرة العرضية $y_{max,n} = 2y_{max}\left|\sin\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x}\right|$

سؤال نظري (32) انطلاقاً من هذه العلاقة المعبرة عن سعة الموجة المستقرة العرضية $y_{max,n} = 2y_{max}\left|\sin\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x}\right|$ استنتج العلاقة المحددة لأبعاد عقد الاهتزاز مفسراً سبب سكونها وأبعاد بطون الاهتزاز مفسراً سبب سعتها العظمى عند النهاية المقيدة؟

دورة 2003 – 2006 – 2007 ـ 2013 – 2015 الثانية 2017 الأولى

أولاً: عقد الاهتزاز N: سعتها معدومة و ساكنة لأنه يصلها الاهتزاز وارد واهتزاز منعكس على تعاكس دائم.

$$y_{max,n} = 0 \Rightarrow \sin\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} = 0 \xrightarrow{\sin\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} = \sin nx} \frac{2\pi}{\lambda}x = n\pi \xrightarrow{\text{نعزل } x} $$

معادلة العقد $x = n\frac{\lambda}{2}$ حيث $n = 0,1,2,3,4$ .....

أي البعد بين العقد يساوي أعداد صحيحة من نصف طول الموجة وتكون المسافة بين عقدتين متتاليتين $\frac{\lambda}{2}$ (طول المغزل)

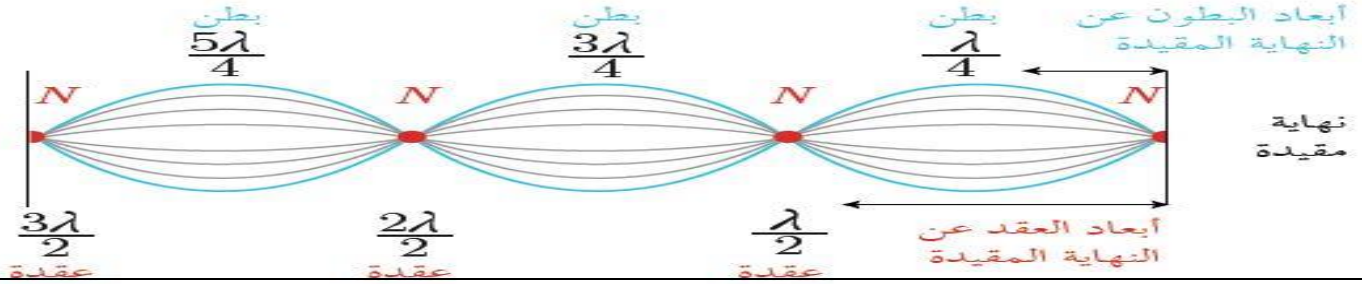
ثانياً: بطون الاهتزاز A: سعة اهتزازها عظمى لأنه يصلها اهتزاز وارد واهتزاز منعكس على توافق دائم.

$$y_{max,n} = 2y_{max} \Rightarrow \left|\sin\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x}\right| = 1 \Rightarrow \sin\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} = \sin(\frac{\pi}{2} + n\pi)$$

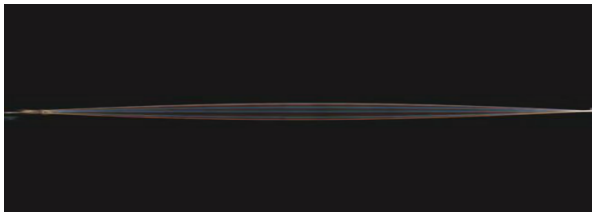
$$\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} = \frac{\pi}{2} + n\pi \xrightarrow{\text{نخرج } \pi} \frac{2\pi}{\lambda}\bar{x} = (2n+1)\frac{\pi}{2} \xrightarrow{\text{نعزل } x}$$

معادلة البطون $x = (2n+1)\frac{\lambda}{4}$ حيث $n = 0,1,2,3,4$ .....

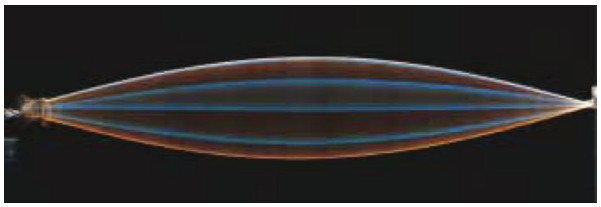
أي أبعاد البطون هي أعداد فردية من ربع طول الموجة ويكون المسافة بين بطنين متتاليين $\frac{\lambda}{2}$ والمسافة بين بطن وعقدة متتالية $\frac{\lambda}{4}$



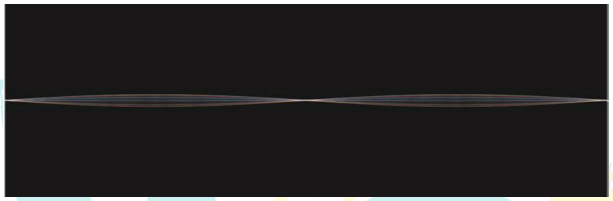
سؤال نظري (33) في تجربة ملد على نهاية مقيدة: نأخذ هزازة جيبية مغذاة سعتها العظمى صغيرة ، يمكن تغيير تواترها f ،نصل إحدى شعبتيها إلى نقطة a من وتر مرن L ويشد من طرفه الآخر بثقل مناسب ، بجعل تواتره الأساسي ثابتاً(f_1=10Hz) مثلاً ، نزيد تواتر الهزازة بالتدريج بدءاً من الصفر ،ماذا تلاحظ ، وماذا تستنتج ؟



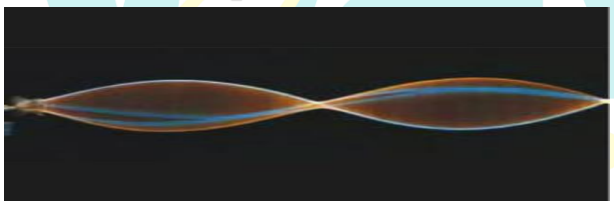
1- إذا كان f <10Hz نشاهد : اهتزازات قسرية في الوتر بسعة اهتزاز صغيرة من رتبة سعة اهتزاز الهزازة



2- من أجل (f=10Hz) الوتر يهتز بمغزل واحد واضح ، وسعة اهتزاز البطن عظمى y ، أي أن : الوتر تجاوب مع الرنانة وشكّل موجة مستقرة عرضية



3- إذا كان 10Hz< f < 20 تعود سعة الاهتزاز صغيرة ويتكون مغزلين غير واضحين



4- من أجل (f=20Hz) الوتر يهتز بمغزلين واضحين وبسعة اهتزاز y>>ymax ومما يلي الوتر تجاوب مع الرنانة وشكّل موجة مستقرة عرضية

نستنتج مما سبق : تتولد أمواج في الوتر مهما كانت قيمة تواتر الهزازة f فإذا كان تواتر الهزازة لا يساوي مضاعفات صحيحة للتواتر الأساسي للوتر فإن سعة الاهتزاز تبقى صغيرة نسبياً ،أما إذا كان تواتر الهزازة مساوياً إلى أي من المضاعفات الصحيحة للتواتر الأساسي للوتر يكون في حالة تجاوب (طنين) ونشاهد مغازل واضحة وتكون سعة البطن عظمى وكبيرة

سؤال نظري (34) متى يحدث تجاوب بين الهزازة والوتر ومتى يزداد عدد المغازل؟ وما العوامل المؤثرة في سرعة انتشار الاهتزاز

- يحدث تجاوب إذا تحقق الشرطان:
  1. طول الوتر يقسم إلى عدد صحيح n مغازل (قطع) طول كل منها نصف طول الموجة $L = n\frac{\lambda}{2}$
  2. تواتر الهزازة مساوياً مضاعفات صحيحة للتواتر الأساسي للوتر $f = nf_1$
- يزداد عدد المغازل عندما يزداد طول الوتر L أو يزداد تواتر الاهتزاز f أو بنقصان قوة الشد F_T
- دورة 2021 سرعة انتشار الاهتزاز العرضي v في وتر تتناسب طرداً مع الجذر التربيعي لقوة الشد F_T وعكساً مع الكتلة الخطية μ للوتر حيث أن (الكتلة الخطية للوتر(ميو μ) هي النسبة بين كتلته m وطوله L: $\mu = \frac{m}{L}$): وفق العلاقة $v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$

سؤال نظري (35) استنتج تواتر المدروجات لاهتزاز وتر على نهاية مقيدة :

$$L = n\frac{\lambda}{2} \xrightarrow{\lambda=\frac{v}{f}\text{ نعوض}} L = n\frac{v}{2f} \xrightarrow{f\text{ نعزل}} \boxed{f = n\frac{v}{2L}}$$

يسمى أول تواتر– مغزل واحد :تواتر الصوت الأساسي $n=1 \Rightarrow f_1 = \frac{v}{2L}$.

وبقية التواترات تواتر المدروجات. $f = n\frac{v}{2L} \Rightarrow f = nf_1$

حيث: $n = 1,2,3,4$ ..... عدد صحيح موجب يمثل مدروج الصوت الصادر

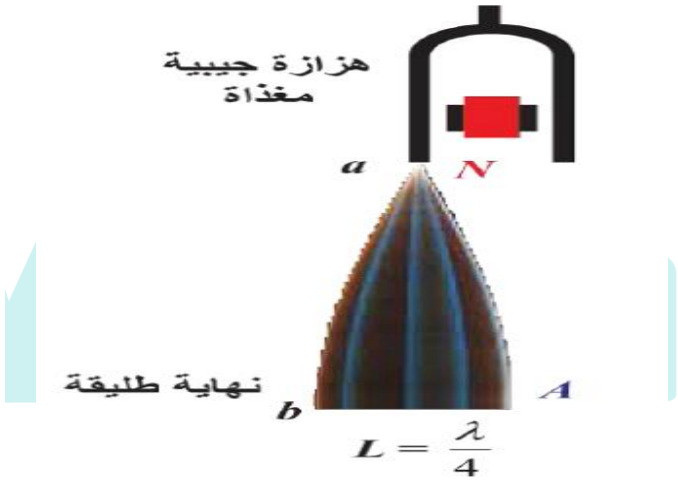
تعلّم!!!! إذا لم يتحقق التجاوب يتشكل في الوتر أمواج بسعة صغيرة ومغازل غير واضحة.

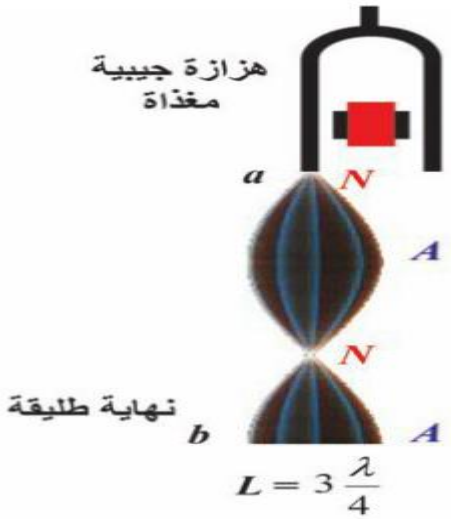
سؤال نظري (36) استنتج تواتر المدروجات لاهتزاز وتر على نهاية طليقة:

تتكون أمواج مستقرة في حالة التجاوب وعقدة في النقطة a وبطن عند b كما في الشكل ويكون:

$$L = (2n-1)\frac{\lambda}{4} \xrightarrow{\lambda=\frac{v}{f}\text{ نعوض}} L = (2n-1)\frac{v}{4f} \xrightarrow{f\text{ نعزل}} \boxed{f = (2n-1)\frac{v}{4L}}$$

حيث : $n = 1,2,3,4$ ..... عدد صحيح موجب و$(2n-1)$ يمثل مدروج الصوت الصادر





الأمواج الكهرطيسية المستقرة

سؤال نظري (37) في تجربة الأمواج الكهرطيسية المستقرة ، أجب عن الأسئلة الاتية !!! دورة 2016 الأولى و الثانية

1. كيف تتكون الأمواج الكهرطيسية المستقرة؟
2. كيف يتم الكشف عن الحقلين الكهربائي $\vec{E}$ والمغناطيسي $\vec{B}$؟
3. ننقل الكاشفين بين الهوائي المرسل والحاجز اشرح ما تجد؟
4. تتمتع الأمواج الكهرومغناطيسية بطيف واسع من الترددات ماهي ؟

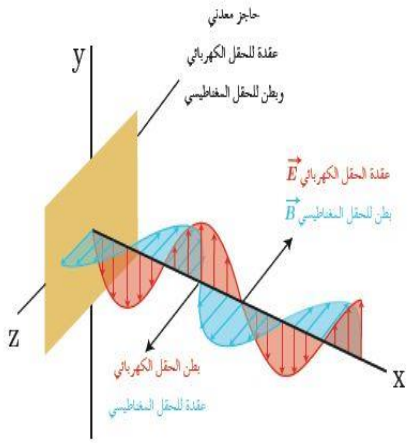
الحل :

1. نولد أمواجاً كهرطيسية مستوية من هوائي مرسل ينتشر كلاً من الحقلين المتعامدين الكهربائي والمغناطيسي في الهواء المجاور وعلى بعد مناسب نضع حاجزاً ناقلاً مستوياً عمودياً على منحنى الانتشار لتنعكس عنده الموجة وتتداخل مع الأمواج الواردة لتؤلف جملة أمواج مستقرة كهرطيسية
2. – نكشف عن الحقل الكهربائي $\vec{E}$ بهوائي مستقبل نضعه موازياً للهوائي المرسل ، يمكن تغيير طوله وعند وصل طرفي الهوائي المستقبل براسم اهتزاز مهبطي ، وتغيير طول الهوائي حتى يرتسم على شاشة راسم الاهتزاز خط بياني بسعة عظمى فيكون أصغر طول للهوائي المستقبل مساوياً $\frac{\lambda}{2}$.

– نكشف عن الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ بحلقة نحاسية عمودية على $\vec{B}$ فيولد فيها توتراً بتغير التدفق المغناطيسي الذي يجتازها .

3. عند نقل الكاشفين بين الهوائي المرسل والحاجز نجد الآتي :

a. توالي مستويات للعقد N يدل فيها الكاشف على دلالة صغرى ومستويات للبطون A يدل فيها الكاشف على دلالة عظمى متساوية الأبعاد عن بعضها $\frac{\lambda}{2}$ بين كل مستويين لهما نفس الحالة الاهتزازية.

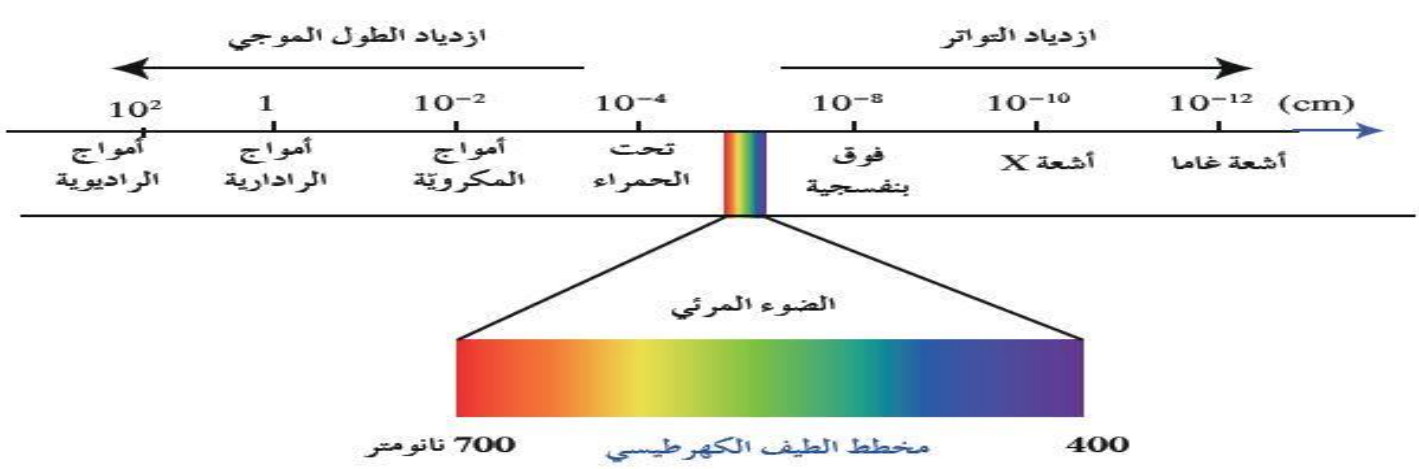


b. مستويات عقد الحقل الكهربائي هي مستويات بطون للحقل المغناطيسي وبالعكس.

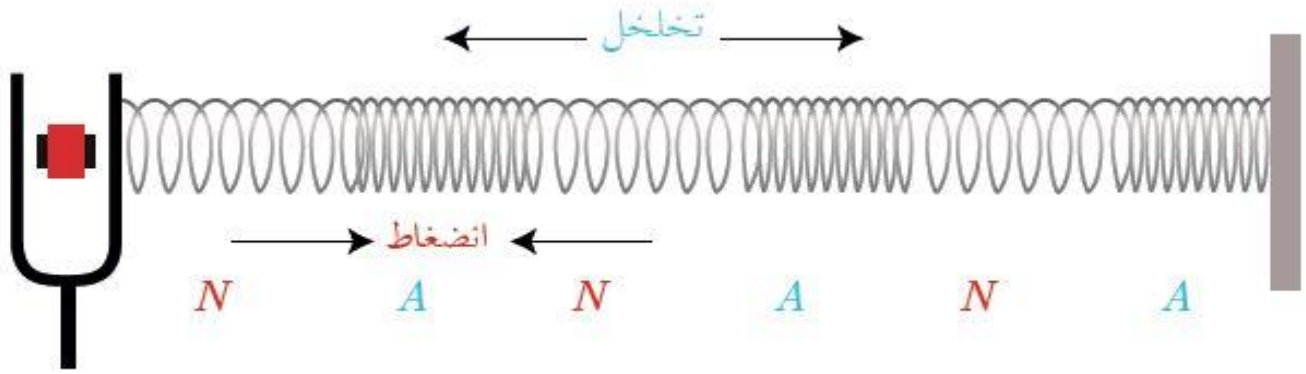
c. الحاجز الناقل المستوي عقدة للحقل الكهربائي وبطن للحقل المغناطيسي.

4. تتمتع الأمواج الكهرطيسية بطيف واسع من الترددات يشمل :
   - الأمواج الطويلة مثل : (الراديوية ، الرادارية ، المكروية)
   - الأمواج القصيرة مثل : (ضوء مرئي، أشعة سينية ، أشعة غاما ، الأشعة الكونية)

مخطط الطيف الكهرطيسي



الدرس الثاني الأمواج المستقرة الطولية في نابض



سؤال نظري (38) في تجربة الأمواج المستقرة الطولية في نابض أجب عن الأسئلة التالية :

1. كيف تتكون الأمواج المستقرة الطولية في نابض وكيف تبدو حلقات النابض
2. ما هي عقد الاهتزاز وما هي بطون الاهتزاز؟
3. علل كلاً مما يلي:
   a. بطون الاهتزاز هي عقد للضغط
   b. عقد الاهتزاز هي بطون للضغط

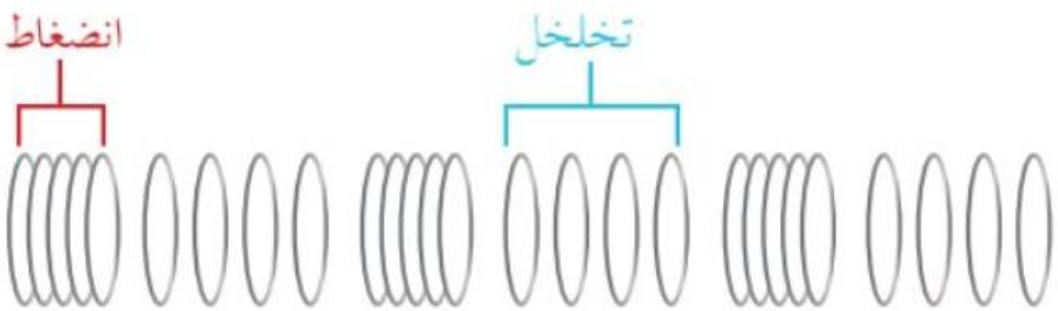
الحل :

1. تتكون الأمواج المستقرة الطولية بتداخل الأمواج الطولية الواردة من المنبع مع الأمواج المنعكسة عند نقطة التثبيت للنابض فترى على طول النابض حلقات تدوير ساكنة وحلقات تهتز بسعات متفاوتة لا تتضح معالمها
2. عقد الاهتزاز: حلقات ساكنة سعة اهتزازها معدومة تصلها الموجة الطولية الواردة والموجة الطولية المنعكسة على تعاكس دائم.

   بطون الاهتزاز : الحلقات الأوسع اهتزازاً سعة اهتزازها عظمى حيث تصلها الموجتان الطوليتان الواردة والمنعكسة على توافق دائم.
3. a - إن بطن الاهتزاز والحلقات المجاورة تترافق دوماً في الاهتزاز إلى احدى الجهتين تكاد تبدو المسافات بينها ثابتة فلا نلاحظ تضاغطاً بين حلقات النابض أو تخلخل فيها أي يبقى الضغط ثابت أي أن بطون الاهتزاز هي عقد للضغط.

   b- إن عقد الاهتزاز تبقى في مكانها وتتحرك الحلقات المجاورة على الجانبين في جهتين متعاكستين دوماً فتتقارب خلال نصف دور وتتباعد خلال نصف دور آخر فنلاحظ تضاغطاً يليه تخلخل أي عقد الاهتزاز التي يحدث عندها تغير الضغط هي بطون للضغط .

والمسافة بين عقدتي اهتزاز متتاليتين أو بطني اهتزاز متتاليين $\frac{\lambda}{2}$ وبين عقد اهتزاز وبطن اهتزاز $\frac{\lambda}{4}$

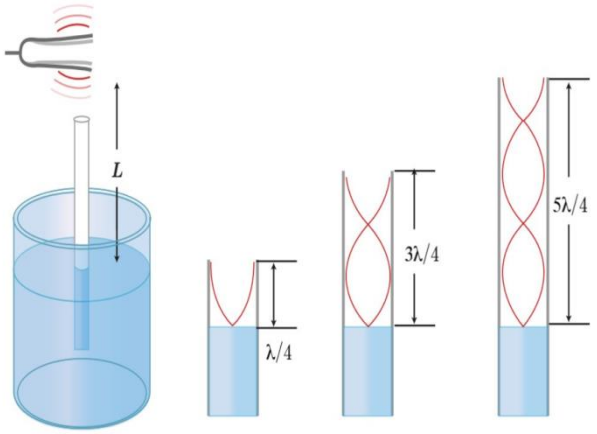


الأعمدة الهوائية

سؤال نظري (39) في تجربة الأعمدة الهوائية لدينا عمود هوائي مغلق ومملوء بالماء الساكن ، أمسك الرنانة من قاعدتها ثم أضرب بالمطرقة على إحدى شعبتيها . أجب عن الأسئلة التالية :

1. ماذا يتولد داخل هواء الأنبوب ومتى نسمع صوتاً شديداً عالياً ؟
2. أين تتكون كلاً من عقدة الاهتزاز وبطن الاهتزاز ؟
3. ما هو طول العمود الهوائي فوق سطح الماء عند الرنين الأول وعند الرنين الثاني وماهي المسافة بين صوتين شديدين متتاليين ؟
4. ماذا يتشكل في العمود الهوائي المفتوح الطرفين والعمود الهوائي المغلق ؟
5. فسر عند استخدام رنانة تواترها كبير نحصل على عمود هوائي أقصر

الحل :



1. يتولد أمواجاً مستقرة طولية ونسمع صوتاً شديداً عالياً

عندما يكون تواتر الرنانة يساوي تواتر الهواء في عمود الأنبوب

2. عقدة الاهتزاز عند سطح الماء الساكن (يعتبر نهاية مغلقة)
بطن الاهتزاز تقريبا عند فوهة الأنبوب (يعتبر نهاية مفتوحة)
3. - طول العمود الهوائي عند الرنين الاول يساوي $L_1 = \frac{\lambda}{4}$ (أقصر طول)
- طول العمود الهوائي عند الرنين الثاني يساوي $L_2 = \frac{3\lambda}{4}$
- المسافة بين صوتين شديدين متتاليين $\Delta L = L_2 - L_1 = \frac{3\lambda}{4} - \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2}$
4. - في العمود الهوائي المفتوح يتشكل عند كل طرف مفتوح بطن

للاهتزاز، وفي منتصف العمود عقدة لاهتزاز فيكون طول العمود الهوائي في هذه الحالة $L = \frac{\lambda}{2}$.

- في العمود الهوائي المغلق يتشكل بطن عند سطحه وعقدة عن سطح الماء ولا يمكن الحصول على المدروجات ذات العدد الزوجي. (فقط فردية)

5. لأن تواتر الرنانة يتناسب عكساً مع طول العمود $f = (2n-1)\frac{v}{4L}$

ملاحظة القناة السمعية في الأذن والتي تنتهي بغشاء الطبل نعتبرها عمود هوائي مغلق
أنفاق عبور السيارات نعتبرها عمود هوائي مفتوح

سؤال نظري (40) عرف العمود الهوائي المفتوح ، وكيف يمكن تغيير طوله ، وماهو طول الأنبوب عند التجاوب واستنتج التواتر ؟

الحل :

- **العمود الهوائي المفتوح :** هو أنبوب أسطواني الشكل ، مفتوح الطرفين والمملوء بجزيئات الهواء الساكنة يمكن تغيير طوله بإضافة أنبوب آخر قطره أقل ، وطول هذا الأنبوب عند التجاوب يساوي عدداً صحيحاً من نصف طول الموجة
- طول الأنبوب عند التجاوب : $L = n\frac{\lambda}{2}$
- استنتاج التواتر : $L = n\frac{\lambda}{2} \xrightarrow{\lambda=\frac{v}{f}} L = n\frac{v}{2f} \xrightarrow{\text{نعزل } f} \boxed{f = \frac{nv}{2L}}$

حيث : $n = 1,2,3 \ldots\ldots$ عدد صحيح يمثل مدروجات الصوت والمدروج الأساسي $n = 1$ ويعطي تواتر أساسي $f_1 = \frac{v}{2L}$

سؤال نظري (41) عرف العمود الهوائي المغلق ، وكيف يمكن تغيير طوله ، وماهو طول الأنبوب عند التجاوب ؟

الحل :

- **العمود الهوائي المغلق:** هو أنبوب أسطواني الشكل ، مفتوح من طرف ومغلق من الطرف الآخر ، والمملوء بجزيئات الهواء الساكنة يمكن تغيير طوله بإضافة الماء ،
- طول هذا الأنبوب عند التجاوب يساوي عدداً فردياً من ربع طول الموجة

$$L = (2n-1)\frac{\lambda}{4}$$ حيث : $n = 1,2,3 \ldots\ldots$

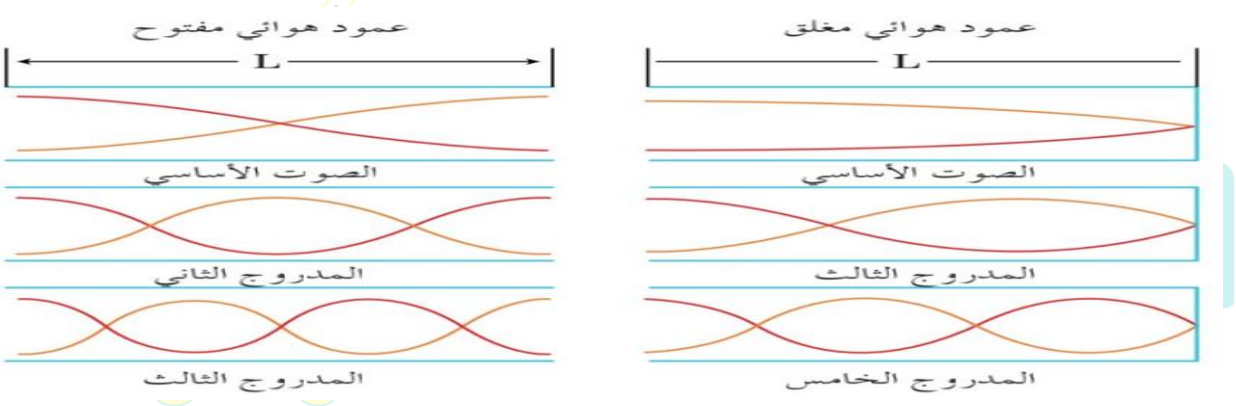
- **استنتاج التواتر :** $L = (2n-1)\frac{\lambda}{4} \xrightarrow{V=\lambda.f \Rightarrow \lambda=\frac{v}{f}\ :\text{نعوض}} L = (2n-1)\frac{v}{4f}$

$$\xrightarrow{f\ :\text{نعزل}} \boxed{f = (2n-1)\frac{v}{4L}}$$

حيث : $n = 1,2,3 \ldots\ldots$ والمدروج الأساسي $n = 1$ ويعطي تواتر أساسي $f_1 = \frac{v}{4L}$

ملاحظة : $(2n-1) = 1,3,5, \ldots$ القوس يمثل مدروجات الصوت المدروج الثالث : $(2n-1) = 3$

والمدروج الأساسي $(2n-1) = 1$ ، يعطي تواتر أساسي : $f = \frac{v}{4L}$



المزامير

عرف المزمار ماهي أنواع المنابع الصوتية؟

الحل :

المزمار: عمود غازي (هواء) اسطواني أو موشوري مقطعه ثابت وصغير بالنسبة لطوله يهتز بالتجاوب مع منبع صوتي ويحصر هذا العمود الغازي أنبوباً سميك الجدران حتى لا تشارك جدرانه الاهتزاز تصنف إلى:

1. **منبع ذو فم:** نهايته غرفة صغيرة مفتوحة يدفع فيها الهواء ليخرج من شق ضيق ويتشكل عند الفم بطن الاهتزاز عقدة ضغط.
2. **منبع ذو لسان:** صفيحة مرنة تدعى اللسان وقابلة للاهتزاز مثبتة من احد طرفيها لتقطع جريان الهواء لها تواتر اللسان عند اللسان عقدة اهزاز وبطن ضغط.

سؤال نظري (42) في تجربة الأمواج المستقرة الطولية في هواء مزمار ، أجب عن الأسئلة الآتية :

1. كيف تتشكل الأمواج المستقرة الطولية في هواء المزمار؟
2. علل الانعكاس على نهاية مفتوحة؟
3. اذكر الحالة الاهتزازية في طرفي المزمار؟

الحل :

1. عندما تهتز طبقة الهواء المجاورة للمنبع ينتشر الاهتزاز طولياً في هواء المزمار لينعكس عند النهاية وتتداخل الأمواج الواردة مع الأمواج المنعكسة تتكون الأمواج المستقرة الطولية وتكون النهاية المغلقة عقدة اهتزاز والنهاية المفتوحة بطن اهتزاز.
2. إن الانضغاط الوارد إلى طبقة الهواء الأخيرة يزيحها إلى الهواء الخارجي فتسبب انضغاطاً فيه وتخلخلاً وراءها يستدعي تهافت هواء المزمار ليملأ الفراغ وينتج عن ذلك تخلخل ينتشر من نهاية المزمار إلى بدايته وهو منعكس الانضغاط الوارد .
3. منبع ذو فم يتشكل عنده بطن اهتزاز ، منبع ذو لسان يتشكل عنده عقدة اهتزاز.

نهاية المزمار مفتوحةيتشكل عندها بطن اهتزاز. نهاية المزمار مغلقة يتشكل عندها عقدة اهتزاز.

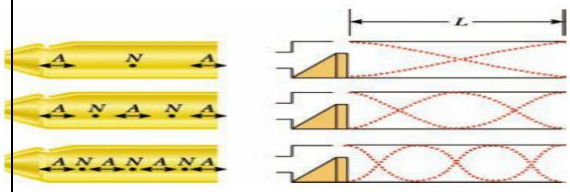
وعليه :

المزمار	متشابه الطرفين	ذو فم نهاية مفتوحة
		ذو لسان نهاية مغلقة
	مختلف الطرفين	ذو فم نهاية مغلقة
		ذو لسان نهاية مفتوحة

سؤال نظري (43) كيف نجعل مزمار (ذو فم أو ذو لسان) متشابه الطرفين ، ثم استنتج عبارة تواتر الصوت البسيط الذي يصدره هذا المزمار؟

دورة 2012ـ 2014 الأولى والثانية

الحل :



- منبع ذو فم (بطن اهتزاز) بجعل نهايته مفتوحة (بطن اهتزاز)
  منبع ذو لسان (عقدة اهتزاز) بجعل نهايته مغلقة (عقدة اهتزاز)

يكون طول المزمار يساوي عدداً صحيحاً من نصف طول الموجة $L = n\frac{\lambda}{2}$

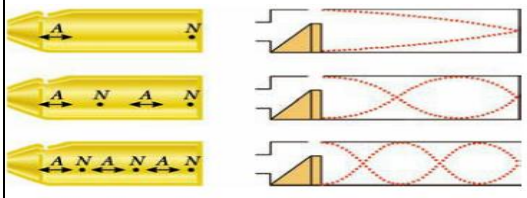
- استنتاج التواتر : $L = n\frac{\lambda}{2} \xrightarrow{\lambda=\frac{v}{f}} L = n\frac{v}{2f} \xrightarrow{\text{نعزل } f} \boxed{f = \frac{nv}{2L}}$

حيث : $n = 1,2,3 \ldots\ldots$ عدد صحيح يمثل مدروجات الصوت والمدروج الأساسي $n = 1$ ويعطي تواتر أساسي $f_1 = \frac{v}{2L}$

سؤال نظري (44) كيف نجعل مزمار (ذو فم أو ذو لسان) مختلف الطرفين ،ثم استنتج عبارة تواتر الصوت البسيط الذي يصدره هذا المزمار؟

دورة 2013 الثانية ـ 2021 الثانية

الحل :



- منبع ذو فم (بطن اهتزاز) بجعل نهايته مغلقة (عقدة اهتزاز)
  منبع ذو لسان (عقدة اهتزاز) بجعل نهايته مفتوحة (بطن اهتزاز)

يكون طول المزمار يساوي عددا فردياً من ربع طول الموجة $L = (2n-1)\frac{v}{4f}$

- استنتاج التواتر : $L = (2n-1)\frac{v}{4f} \xrightarrow{\text{نعوض: } V=\lambda.f \Rightarrow \lambda=\frac{v}{f}} L = (2n-1)\frac{\lambda}{4}$

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

حيث : $n = 1,2,3 \ldots\ldots$ والمدروج الأساسي $n = 1$ ويعطي تواتر أساسي $f_1 = \frac{v}{4L}$

سؤال نظري (45) ما العوامل المؤثرة في سرعة انتشار الصوت في غاز معين داخل المزمار ثم أكتب العلاقات التي تربط تلك العوامل بسرعة الانتشار ؟

- سرعة انتشار الصوت في غاز معين تتناسب طرداً مع الجذر التربيعي لدرجة حرارته المطلقة T مقدرة (بالكلفن)

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \quad : T_k = 273 + t_c$$

- سرعة انتشار الصوت في غازين مختلفين تتناسب عكساً مع الجذر التربيعي لكثافتيهما D_1, D_2 بالنسبة للهواء إذا كان الغازان في درجة حرارة واحدة ، ولهما رتبة ذرية واحدة (أي عدد الذرات التي تؤلف جزيئاته هي نفسها)

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

$D = \frac{M}{29}$ ، حيث D كثافة غاز بالنسبة للهواء , M : الكتلة المولية للغاز (الكتلة الجزيئية الغرامية)

ملاحظات لحل مسائل الأمواج

- البعد بين عقدتين متتاليتين أو بطنين متتاليين (هو نصف طول الموجة $\frac{\lambda}{2}$)
- البعد بين عقدة وبطن يليها (هو ربع طول الموجة $\frac{\lambda}{4}$)
- عدد أطوال الموجة يحسب : $\frac{\text{طول الوتر}}{\text{طول الموجة}} = \frac{L}{\lambda}$ وواحدته (طول موجة)
- طول الخيط (الوتر المشدود) L : يقسم إلى عدد n من المغازل كل مغزل طوله $\frac{\lambda}{2}$ ويكون :

1. طول (الخيط المشدود) الوتر $\boxed{L = n\frac{\lambda}{2}}$ $\xrightarrow{\text{نعزل المجهول}}$ $\begin{cases} \text{عند طلب } \lambda \text{ طول الموجة} & \boxed{\lambda = \frac{2L}{n}} \\ \text{عند طلب } n \text{ عدد المغازل} & \boxed{n = \frac{2L}{\lambda}} \end{cases}$

2. **حساب السعة لنقطة (ارتفاع النقطة) تبعد مسافة (x *معطاة*) عن النهاية المقيدة :**

$\boxed{y_{max,n} = 2y_{max}\left|\sin\frac{2\pi}{\lambda}\bar{x}\right|}$ حيث : y_{max} سعة اهتزاز المنبع

3. **الكتلة الخطية للوتر(ميو) هي النسبة بين كتلته m وطوله L** : $\boxed{\mu = \frac{m}{L}}$ واحدتها $kg.m^{-1}$

- يمكن حساب الكتلة الخطية لوتر اسطواني كتلته الحجمية (كثافته ρ) : $\boxed{\mu = \rho.\pi r^2}$

$$\mu = \frac{m}{L} \xrightarrow{m=\rho.V} \mu = \frac{\rho.V}{L} = \frac{\rho.sL}{L} = \rho.s \Rightarrow \boxed{\mu = \rho.\pi r^2}$$

4. **لحساب سرعة انتشار الاهتزاز :** v سرعة انتشار الاهتزاز $\begin{cases} v = \lambda.f & f : \text{تواتر الاهتزاز} \\ v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} & F_T : \text{قوة الشد} \end{cases}$

5. **حساب التواترات الخاصة لعدة مدروجات :** $f = \frac{n.v}{2L}$ حيث $n = 1,2,3,4$ تمثل عدد المغازل

(المدروج الثالث : $n = 3$ ، المدروج الثاني : $n = 2$ ، المدروج الأساسي (الأول) : $n = 1$)

6. **حساب قوة الشد F_T من أجل n مغزل وفق الخطوات الآتية :**

$$f = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}} \Leftarrow \begin{cases} v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} \\ f = \frac{n.v}{2L} \end{cases}$$

$\xrightarrow{\text{تربيع الطرفين ونعوض}}$ $f^2 = \frac{n^2}{4L^2}\frac{F_T}{\mu}$ بعد التعويض نحصل على قيمة F_T

7. **حساب أبعاد العقد والبطون عن النهاية المقيدة :**

معادلة العقد : $\boxed{x = n.\frac{\lambda}{2}}$ حيث : $n = 0$ أول عقدة , 1 ثاني عقدة , 2 ثالث عقدة , 3 رابع عقدة

معادلة البطون : $x = (2n+1)\frac{\lambda}{4}$ حيث : $n = 0$ أول بطن , 1 ثاني بطن , 2 ثالث بطن , 3 رابع بطن

ملاحظة : لما يغير عدد المغازل نحسب طول موجة جديدة $\lambda_{\text{جديدة}} = \frac{2L}{n_{\text{جديدة}}}$

ملاحظات المزامير (الأنابيب الصوتية)

مزمار متشابه الطرفين		مزمار مختلف الطرفين	
ذو فم نهاية مفتوحة ، ذو لسان نهاية مغلقة		ذو فم نهاية مغلقة ، ذو لسان نهاية مفتوحة	
طول المزمار	$L = n.\frac{\lambda}{2}$	طول المزمار	$L = (2n-1)\frac{\lambda}{4}$
تواتر الصوت	$f = \frac{n.v}{2L}$	تواتر الصوت	$f = (2n-1)\frac{v}{4L}$
n تمثل مدروجات الصوت	$n = 1, 2, 3, 4$ ($n = 1$ صوت أساسي)	القوس $(2n-1)$ يمثل مدروجات الصوت $(n = 1, 2, 3, 4)$	$(2n-1) = 1, 3, 5$ ($(2n-1) = 1$ صوت أساسي)
طول الموجة يحسب في المزامير من العلاقة :	$\lambda = \frac{v}{f}$	عدد أطوال الموجة يحسب :	$\frac{\text{طول المزمار}}{\text{طول الموجة}} = \frac{L}{\lambda}$
البعد بين عقدتين متتاليتين أو بطنين متتاليين	$\frac{\lambda}{2}$	البعد بين عقدة وبطن يليها	$\frac{\lambda}{4}$
تغيير السرعة v عند تغيير شروط التجربة (درجة حرارة الوسط أوكثافة الغاز)			
السرعة تتناسب **طرداً** مع الجذر التربيعي لدرجة الحرارة		السرعة تتناسب **عكساً** مع الجذر التربيعي لكثافة الغاز	
نسخن : $\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}$	كلفن $T = t(C^0) + 273$	كثافة الغاز $D = \frac{M_{\text{الكتلة الغرامية}}}{29}$	$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{D_1}{D_2}} = \sqrt{\frac{\frac{M_1}{29}}{\frac{M_2}{29}}} = \sqrt{\frac{M_1}{M_2}}$:

ملاحظات الأعمدة الهوائية

نعوض القوس $(2n-1)$ برقم المدروج ونعوض n برقم الرنين

العمود الهوائي المفتوح (متشابه الطرفين) (نفق عبور سيارات)	العمود الهوائي المغلق (مختلف الطرفين) (قناة سمعية)
طوله $L = n.\frac{\lambda}{2}$	**طوله** $L = (2n-1)\frac{\lambda}{4}$
الرنين الأول : $n = 1$ الرنين الثاني : $n = 2$	القوس $(2n-1)$ يمثل مدروجات الصوت $(n = 1, 2, 3, 4)$
تواتره $f = \frac{n.v}{2L}$	الرنين الأول : $n = 1$ $(2n-1) = 1$ المدروج الأساسي
$n = 1, 2, 3, 4$	الرنين الثاني $n = 2$ $(2n-1) = 3$ المدروج الثالث
($n = 1$ الرنين الأول)	طول العمود الهوائي عند الرنين الاول يساوي $L_1 = \frac{\lambda}{4}$ (أقصر طول)
القوة الضاغطة تساوي الضغط ضرب مساحة السطح $F = P.S$	طول العمود الهوائي عند الرنين الثاني يساوي $L_2 = \frac{3\lambda}{4}$
البعد بين صوتين شديدين متتاليين (رنينين متعاقبين) : $\frac{\lambda}{2}$	البعد بين صوتين شديدين متتاليين $\Delta L = L_2 - L_1 = \frac{3\lambda}{4} - \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2}$
طول الموجة : $\lambda = \frac{v}{f}$	$\Delta L = L_2 - L_1 = \frac{\lambda}{2}$
	تواتره $f = (2n-1)\frac{v}{4L}$
	البعد الذي يحدث عنده الرنين الأول : $L_1 = ?$
	الرنين الأول : $(2n-1) = 1$ ⇨ $f = \frac{v}{4L_1}$ ⇨ $L_1 = \frac{v}{4f}$

- **اختبر نفسي** : أولاً: اختر الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

1. في الأمواج المستقرة العرضية المسافة بين عقدتين متتاليتين تساوي:

$\frac{\lambda}{4}$ -a $\frac{\lambda}{2}$ -b λ -c 2λ -d

2. فرق الطور φ بين الموجة الواردة والموجة المنعكسة على نهاية مقيدة تساوي بالراديان:

$\varphi = 0$ -a $\varphi = \frac{\pi}{3}$ -b $\varphi = \frac{\pi}{2}$ -c $\varphi = \pi$ - d

3. في تجربة ملد مع نهاية طليقة يصدر وتراً طوله L صوتاً أساسياً، طول موجته λ تساوي:

$4L$ -a $2L$ -b L -c $\frac{L}{2}$ -d

توضيح الإجابة: $L = \frac{\lambda}{4}$ ⇨ $\lambda = 4L$

4. وتر مهتز طوله L، وسرعة انتشار الموجة العرضية على طوله v ، وقوة شده F_T ، فإذا زدنا قوة شده أربع مرات لتصبح سرعة انتشاره v' تساوي:

$\frac{v}{4}$ -a $\quad$ $\frac{v}{2}$ -b $\quad$ $2v$ -c $\quad$ $4v$ -d

توضيح الإجابة: $v' = \sqrt{\frac{4F_T}{\mu}} = 2v$

5. وتر مهتز طوله L، وكتلته m، وكتلته الخطية μ، نقسمه إلى *قسمين متساويين*، فإن الكتلة الخطية لكل قسم تساوي:

2μ -a $\quad$ μ -b $\quad$ $\frac{\mu}{2}$ -c $\quad$ 4μ -d

توضيح الإجابة: $\mu = \frac{m}{L} = \frac{\frac{m}{2}}{\frac{L}{2}} = \mu'$ لاتتغير الكتلة الخطية للوتر عند إنقاص طول الوتر للنصف.

6. يمثل الشكل أنبوباً هوائياً مغلقاً طوله $L = 150\ cm$ ، فإن طول الموجة الصوتية λ تساوي:

50 cm -a $\quad$ 250 cm -b $\quad$ 200 cm -c $\quad$ 150 cm -d

توضيح الإجابة:

$$L = 3\frac{\lambda}{4} \Rightarrow \lambda = \frac{4L}{3} = \frac{4 \times 150}{3} = 200$$

7. طول العمود الهوائي المفتوح الذي يصدر نغمته الأساسية يعطى بالعلاقة:

$L = \frac{\lambda}{4}$ -a $\quad$ $L = \frac{\lambda}{2}$ -b $\quad$ $L = \lambda$ -c $\quad$ $L = 2\lambda$ -d

توضيح الإجابة: $L = n.\frac{\lambda}{2} \xrightarrow{\text{اساسي n=1}} L = \frac{\lambda}{2}$

8. طول العمود الهوائي المغلق الذي يصدر نغمته الأساسية يعطى بالعلاقة:

$L = \frac{\lambda}{4}$ -a $\quad$ $L = \frac{\lambda}{2}$ -b $\quad$ $L = \lambda$ -c $\quad$ $L = 2\lambda$ -d

توضيح الإجابة: $L = (2n-1)\frac{\lambda}{4} \xrightarrow{\text{اساسي n=1}} L = \frac{\lambda}{4}$

9. وتران متجانسان من المعدن نفسه مشدودان بقوة الشد نفسها، قطر الوتر الأول 1mm، وقطر الوتر الثاني 2mm، فإذ كانت سرعة انتشار اهتزاز عرضي في الوترين v_2, v_1 على الترتيب، فإن:

$v_1 = v_2$ -a $\quad$ $v_1 = 2v_2$ -b $\quad$ $v_1 = 4v_2$ -c $\quad$ $2v_1 = v_2$ -d

توضيح الإجابة: $\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{\frac{F_T}{\mu_2}}}{\sqrt{\frac{F_T}{\mu_1}}} = \sqrt{\frac{\mu_1}{\mu_2}} = \sqrt{\frac{\rho s_1}{\rho s_2}} = \sqrt{\frac{\pi r_1^2}{\pi r_2^2}} = \sqrt{\frac{r_1^2}{4r_1^2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow v_1 = 2v_2$

10. مزمار متشابه الطرفين طوله L، وسرعة انتشار الصوت في هوائه v ، فتواتر صوته البسيط الأساسي الذي يصدره يعطى بالعلاقة:

$f = \frac{v}{2L}$ -a $\quad$ $f = \frac{v}{4L}$ -b $\quad$ $f = \frac{4v}{L}$ -c $\quad$ $f = \frac{2v}{L}$ -d

توضيح الإجابة: $f = \frac{n.v}{2L} \xrightarrow{\text{اساسي n=1}} f = \frac{v}{2L}$

11. مزمار ذو فم، نهايته مفتوحة، عندما يهتز هواؤه بالتجاوب يتكون عند نهايته المفتوحة:

بطن ضغط -a $\quad$ بطن اهتزاز -b $\quad$ عقدة اهتزاز -c $\quad$ جميع ما سبق صحيح. -d

12. مزمار متشابه الطرفين طوله L ، يصدر صوتاً أساسياً مواقتاً للصوت الأساسي لمزمار آخر مختلف الطرفين طوله L' في الشروط نفسها. فإن:

$L = L'$ -a $\quad$ $L = 2L'$ -b $\quad$ $L = 3L'$ -c $\quad$ $L = 4L'$ -d

توضيح الإجابة: موقتاً أي لهما نفس التواتر $\begin{cases} f = \frac{n.v}{2L} \\ f = (2n-1)\frac{v}{4L'} \end{cases} \xrightarrow{\text{اساسي } n=1} \frac{v}{2L} = \frac{v}{4L'} \Longleftarrow L = 2L'$

13. يصدر أنبوب صوتي مختلف الطرفين صوتاً أساسياً تواتره 435 Hz فإن تواتر الصوت التالي الذي يمكن أن يصدره يساوي :

145 Hz -a $\quad$ 217.5 Hz -b $\quad$ 870 Hz -c $\quad$ 1305 Hz -d

توضيح الإجابة: $f_2 = 3f_1 \Rightarrow f_2 = 3 \times 435 = 1305\ Hz$

14. في تجربة ملد مع نهاية مقيدة تتكون أربعة مغازل عند استخدام وتر طوله $L = 2m$، وهزازة تواترها $f = 435\ Hz$ فتكون سرعة انتشار الاهتزاز v مقدّرة بـ $m.s^{-1}$ تساوي:

435 -a $\quad$ 290 -b $\quad$ 1742 -c $\quad$ 870 -d

توضيح الإجابة: $f = \frac{n.v}{2L} \Rightarrow v = \frac{2Lf}{n} \Rightarrow v = \frac{2\times2\times435}{4} = 435 m.s^{-1}$

15. إذا كانت v_1 سرعة انتشار الصوت في غاز الهيدروجين $(H = 1)$، و v_2 سرعة انتشار الصوت في غاز الأوكسجين $(O = 16)$:

$v_1 = v_2$ -a $\quad$ $v_1 = 4v_2$ -b $\quad$ $v_1 = 8v_2$ -c $\quad$ $v_1 = 16v_2$ -d

توضيح الإجابة: $\frac{v_1}{v_2}=\sqrt{\frac{D_{O_2}}{D_{H2}}}=\sqrt{\frac{\frac{M_{O_2}}{29}}{\frac{M_{H_2}}{29}}}\Rightarrow v_1=\sqrt{\frac{\frac{32}{29}}{\frac{2}{29}}}\times v_2\Rightarrow v_1=\sqrt{16}\times v_2\Rightarrow v_1=4v_2$

16. طول الموجة المستقرة هو:

a- المسافة بين بطنين متتاليين أو عقدتين متتاليتين.
b- مثلي المسافة بين بطنين متتاليين أو عقدتين متتاليتين.
c- نصف المسافة بين بطنين متتاليين أو عقدتين متتاليتين.
d- نصف المسافة بين بطن وعقدة تليه مباشرة.

b- ثانياً: أجب عن الأسئلة الآتية:

1. في تجربة أمواج مستقرة عرضية تعطى معادلة اهتزاز نقطة n من وتر مرن تبعد $\bar{x}$ عن نهايته المقيدة: $\bar{y}_{n(t)}=2Y_{max}sin\frac{2\pi}{4}\bar{x}\sin(\omega t)$ استنتج العلاقة المحددة لكل من مواضع بطون وعقد الاهتزاز، ما بعد البطن الثاني عن النهاية المقيدة؟

(محلول في النظري سابقاً)

2. كيف نجعل مزماراً ذا لسان مختلف الطرفين من الناحية الاهتزازية؟ استنتج العلاقة المحددة لتواتر الصوت البسيط الذي يصدره هذا المزمار بدلالة طوله.

(محلول في النظري سابقاً)

3. نثبت بإحدى شعبتي رنانة كهربائية تواترها f طرف وتر له طول مناسب ومشدود بثقل مناسب كتلته m لتتكون أمواج مستقرة عرضية بثلاثة مغازل، ولكي نحصل على مغزليين نجري التجربتين الآتيتين:

a. نستبدل الرنانة السابقة برنانة أخرى، تواترها f' مع الكتلة السابقة نفسها m. استنتج العلاقة بين التواترين f ، f'.
b. نستبدل الكتلة السابقة m بكتلة أخرى m' مع الرنانة السابقة نفسها f. استنتج العلاقة بين الكتلتين m,m'.

الحل: $n=2$ و $n'=3$

-a
$$f=\frac{nv}{2L}\xrightarrow{v=\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}}f=\frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$$
$$f'=\frac{n'}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$$
$$\frac{f'}{f}=\frac{n'}{n}=\frac{2}{3}\Rightarrow\boxed{f'=\frac{2}{3}f}$$

-b
الرنانة السابقة نفسها: أي نفس التواتر: $f=f'$
بأخذ النسبة: $f=\frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$ $f'=\frac{n'}{2L}\sqrt{\frac{F_T'}{\mu}}$
$$\xrightarrow{F_T=mg}\frac{f'}{f}=\frac{n'}{n}\times\sqrt{\frac{(m'g)}{(mg)}}\Rightarrow 1=\frac{2}{3}\sqrt{\frac{m'}{m}}\xrightarrow{\text{تربيع}}1=\frac{4}{9}\frac{m'}{m}$$
$$\Rightarrow\boxed{m'=\frac{9m}{4}}$$

4. كيف يتم عملياً الكشف عن الحقل الكهربائي $\vec{E}$ ، و الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ في الأمواج المستقرة الكهرطيسية المنتشرة في الهواء؟

نكشف عن الحقل الكهربائي $\vec{E}$ بهوائي مستقبل نضعه موازياً للهوائي المرسل ويتم ذلك بوصل طرفي الهوائي المستقبل براسم اهتزاز مهبطي وتغيير طول الهوائي حتى يرتسم على الشاشة خط بياني بسعة عظمى فيكون أصغر طول الهوائي المستقبل مساوياً $\frac{\lambda}{4}$ نكشف عن الحقل المغناطيسي $\vec{B}$ لحلقة نحاسية عمودية على $\vec{B'}$ فيولد فيها توتراً نتيجة تغير التدفق المغناطيسي الذي يجتازها.

5. إذا تكونت ثلاثة مغازل لأمواج مستقرة عرضية في وتر مشدود بقوة مناسبة، وأردنا الحصول على خمسة مغازل بتغيير قوة الشد فقط، فهل نزيد تلك القوة أم ننقصها؟ ولماذا؟

$$f=\frac{nv}{2L}=\frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$$
$$n=\frac{2Lf}{\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}}\Rightarrow n=2Lf\frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{F_T}}$$

n تتناسب عكساً مع $\sqrt{F_T}$ أي لزيادة عدد المغازل يجب إنقاص قوة الشد.

6. علل ما يأتي:

a. لا يحدث انتقال للطاقة في الأمواج المستقرة كما في الأمواج المنتشرة.
b. تسمى الأمواج المستقرة بهذا الاسم.

الحل:

-a لأن الأمواج المستقرة هي أمواج واردة و أمواج معاكسة تنقل الطاقة باتجاهين متعاكسين.
-b لأن نقاط الوسط تهتز مراوحة في مكانها شكلاً ثابتاً وتظهر وكأنها ساكنة.

7. في الأمواج المستقرة العرضية، هل يهتز البطن الأول، و البطن الثالث التالي على توافق أم على تعاكس فيما بينهما؟

على توافق لأن فرق المسير بينهما λ، أي أن نقاط مغزليين متجاورين تهتز فيما بينهما على تعاكس في الطور.

ثالثا: حل المسائل الآتية: (في جميع المسائل $g = 10\ m.s^{-1}$)

المسألة الأولى (درس):

إذا كانت سرعة انتشار الصوت في الهواء $v = 331\ m.s^{-1}$، بدرجة $0°C$. احسب سرعة انتشار الصوت في الدرجة $t = 27°C$.

المعطيات: $v_1 = 331\ m.s^{-1}$ $t_1 = 0°C$ $v_2 = ?$ $t_2 = 27°C$

الحل: $\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{T_2(k)}{T_1(k)}} \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{t_2+273}{t_1+273}}.v_1 \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{300}{273}} \times 331 \Rightarrow \boxed{v_2 = 347m.s^{-1}}$

المسألة الثانية (درس):

يصدر أنبوب صوتي مختلف الطرفين صوتاً أساسياً تواتره $f = 435\ Hz$. فما تواترات الأصوات الثلاثة المتتالية التي يمكنه أن يصدرها؟

المعطيات: مختلف الطرفين $(2n-1) = 1$ (صوت أساسي) $f_1 = 435\ Hz$

الحل: مختلف الطرفين $f_n = (2n-1)f_1$ التواترات التالية هي أعداد فردية من التواتر الأساسي .

$$f_2 = 3f_1 = 1305\ Hz$$
$$f_3 = 5f_2 = 2175\ Hz$$
$$f_4 = 7f_3 = 3045\ Hz$$

المسألة الثالثة (درس):

يصدر وتر صوتاً أساسياً تواتره $250\ Hz$. كم يصبح تواتر صوته الأساسي إذا نقص طول الوتر حتى النصف $\left(L' = \frac{L}{2}\right)$ وازدادت قوة الشد حتى مثليها $(F'_T = 2F_T)$

المعطيات: $f_1 = 250\ Hz$ $f = ?$ $L' = \frac{L}{2}$ $F'_T = 2F$

الحل: $f_1 = \frac{nv}{2L} = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$ (قبل التغيير) $f' = \frac{1}{2L'}\sqrt{\frac{F'_T}{\mu}}$ (بعد التغيير)

$$\frac{f'}{f_1} = \frac{\frac{1}{2L'}\sqrt{\frac{F'_T}{\mu}}}{\frac{1}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}} \Rightarrow \frac{f'}{f_1} = \frac{L}{L'}.\sqrt{\frac{F'_T}{F_T}} \xrightarrow{F'_T=2F_T \quad L'=\frac{L}{2}} \frac{f'}{f_1} = \frac{L}{\frac{L}{2}}\sqrt{\frac{2F_T}{F_T}}$$

$$\frac{f'}{f_1} = 2\sqrt{2} \Rightarrow f' = 2\sqrt{2} \times 250 \Rightarrow \boxed{f' = 500\sqrt{2}\ Hz}$$

المسألة الرابعة (درس):

تهتز رنانة تواترها $f = 440\ Hz$ فوق عمود هوائي مغلق، حدد البعد الذي يحدث عنده الرنين الأول عندما تكون درجة حرارة الهواء في العمود $t = 20°C$ ، حيث سرعة انتشار الصوت في هذه الحالة $v = 340\ m.s^{-1}$.

المعطيات: $v = 340\ m.s^{-1}$ $(2n-1) = 1$ (الرنين الأول الأساسي) $f = 440\ Hz$

الحل: عمود هوائي مغلق $f = (2n-1)\frac{v}{4L} \Rightarrow L = (2n-1)\frac{v}{4f}$

$$L = 1 \times \frac{340}{4\times440} \Rightarrow \boxed{L = 0.19\ m}$$

المسألة الخامسة (درس):

استعملت رنانة تواترها $f = 445\ Hz$ فوق عمود رنين مغلق لتحديد سرعة انتشار الصوت في غاز الهيليوم ، فإذا كان البعد بين صوتين شديدين متتاليين (رنينين متعاقبين) $L = 110\ cm$، احسب سرعة انتشار الصوت في غاز الهيليوم.

المعطيات: البعد بين صوتين شديدين $\frac{\lambda}{2} = L = 110cm$ $f = 445\ Hz$

الحل:

$$\frac{\lambda}{2} = 110 \Rightarrow \lambda = 220 \times 10^{-2}\ m$$

$$v = \lambda f \Rightarrow v = 220 \times 10^{-2} \times 445 \Rightarrow \boxed{v = 979\ m.s^{-1}}$$

المسألة السادسة (درس):

احسب تواتر الصوت الأساسي لوتر مشدود طوله $L = 0.7\ m$ وكتلته $m = 7\ g$ ، شُدَّ بقوة قدرها $F_T = 49\ N$.

المعطيات: $F_T = 49\ N \quad m = 7 \times 10^{-3}\ kg \quad L = 0.7 = 7 \times 10^{-1}\ m \quad n_{\text{أساسي}} = 1 \quad f = ?$

الحل:

$$f = \frac{nv}{2L} = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T.L}{m}} \Rightarrow f_1 = \frac{1}{2\times7\times10^{-1}} \times \sqrt{\frac{49\times7\times10^{-1}}{7\times10^{-3}}}$$

$$f_1 = \frac{1}{2\times7\times10^{-1}} \times \frac{7}{10^{-1}} = \frac{1}{2\times10^{-2}} = \frac{100}{2} \Rightarrow \boxed{f_1 = 50\ Hz}$$

المسألة السابعة (درس):

تهتز شعبتا رنانة كهربائية بتواتر $f = 30\ Hz$، نصل إحدى الشعبتين بخيط مرن طوله $L = 2m$.

1. يشد الخيط بقوة شدتها $F_T = 7.2\ N$ فيهتز مكوناً مغزلاً واحداً. استنتج كتلة الخيط؟
2. احسب قوتي الشد التي تجعل الخيط يهتز بمغزلين ثم بثلاثة مغازل مع الرنانة نفسها؟

المعطيات: $f = 30\ Hz \qquad L = 2\ m$

الحل:

-1 مغزل واحد أي : $n = 1$ ، $F_T = 72 \times 10^{-1}\ N$

$$f = \frac{nv}{2L} = \frac{n}{2}\sqrt{\frac{F_T.L}{m}} \Rightarrow f^2 = \frac{n^2}{2L^2}.\frac{F_T.L}{m} \xrightarrow{\text{نعزل } m} m = \frac{n^2.F_T}{4.L.f^2}$$

$$m = \frac{1\times72\times10^{-1}}{4\times2\times900} \Rightarrow \boxed{m = 10^{-3}kg}$$

-2 $n = \frac{2}{n} = 3 \quad F_T = ? \quad m = 10^{-3}kg$

$$f = \frac{nv}{2L} = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T L}{m}}$$

من أجل مغزلين : $n = 2 \Rightarrow 30 = \frac{2}{2\times2}\sqrt{\frac{F_T\times2}{10^{-3}}}$

$$900 = \frac{1}{4} \times \frac{2F_T}{10^{-3}} \Rightarrow 900 = \frac{F_T}{2\times10^{-3}}$$

$$F_T = 2 \times 900 \times 10^{-3} = 1800 \times 10^{-3} \Rightarrow \boxed{F_T = 1.8\ N}$$

♥ نفس العملية: من أجل ثلاثة مغازل : $n = 3 \Rightarrow \boxed{F_T = 0.8\ N}$

المسألة الثامنة (درس):

احسب سرعة انتشار اهتزاز عرضي في وتر قطر مقطعه $0.1\ mm$، وكثافة مادته 8، مشدود لقوة شدتها $F_T = 100\pi\ N$.

المعطيات: $F_T = 100\pi\ N$ ، الكثافة $D = 8 \quad v = ?$

الحل: نوجد نصف قطر مقطع الوتر r :

$$2r = 0.1\ mm = 10^{-1}m = 10^{-1} \times 10^{-3} = 10^{-4} \Rightarrow r = \frac{1}{2} \times 10^{-4} = 0.5 \times 10^{-4} \Rightarrow (r = 5 \times 10^{-5}m)$$ (قطر مقطعه)

$$\rho_{\text{مادة}} = \text{الكثافة} \times \rho_{\text{الماء}} \Rightarrow \rho_{\text{مادة}} = 8 \times 1000 = 8000\ kg.m^{-3}$$

$$v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} = \sqrt{\frac{F_T}{\rho.s}} = \sqrt{\frac{F_T}{\rho.\pi.r^2}} = \sqrt{\frac{100\pi}{8000\times\pi\times25\times10^{-10}}} = \sqrt{\frac{1}{2000\times10^{-10}}}$$

$$v=\sqrt{\frac{1}{2\times10^{-7}}}=\sqrt{5\times10^{-1}\times10^{7}}=\sqrt{5\times10^{6}}\Rightarrow \boxed{v=\sqrt{5}\times10^{3}m.s^{-1}}$$

المسألة التاسعة (درس):

المطلوب: إذا كانت سرعة انتشار الصوت في الهواء $v=330\ m.s^{-1}$

1. احسب تواتر الصوت الأساسي الذي يصدره عمود هوائي طوله $L=2m$ إذا كان مغلقاً، ثم إذا كان مفتوحاً.
2. احسب تواتر المدروج الثالث في كل حالة.

المعطيات: $v=330\ m.s^{-1}$ $L=2m$

الحل:

نوع العمود	عمود هوائي مفتوح متشابه الطرفين $f=\frac{nv}{2L}$	عمود هوائي مغلق (مختلف الطرفين) $f=(2n-1)\frac{v}{4L}$
الطلب الاول	$\xrightarrow{n=1\ (\text{أساسي})} f_1=1\times\frac{330}{2\times2}=\frac{330}{4}\ Hz$	$\xrightarrow{(2n-1)=1\ \text{اساسي}} f_1=\frac{1\times330}{4\times2}=\frac{330}{8}\ Hz$
الطلب الثاني	$\xrightarrow{n=3\ (\text{ثالث مدروج})} f=\frac{3\times330}{2\times2}=\frac{990}{4}\ Hz$	$\xrightarrow{(2n-1)=3\ (\text{ثالث مدروج})} f=\frac{3\times330}{4\times2}=\frac{990}{8}\ Hz$

المسألة العاشرة (درس):

المطلوب: وتر آلة موسيقية، طوله $L=1m$، وكتلته $m=20\ g$، مثبت من طرفيه ومشدود بقوة $F_T=2N$،

1. سرعة انتشار الاهتزاز على طول الوتر .
2. تواتر الصوت الأساسي الذي يمكن أن يصدر عنه.
3. التواترات الخاصة لمدروجاته الثلاثة الأولى.

المعطيات: $L=1m\ m=20\times10^{-3}=2\times10^{-2}\ kg\ \ F_T=2N$

الحل:

-1 $v=\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}=\sqrt{\frac{F_T.L}{m}}=\sqrt{\frac{2\times1}{2\times10^{-2}}}=\sqrt{10^2}=10\ m.s^{-1}$

-2 تواتر الوتر المشدود (نهاية مقيدة) : $f=\frac{nv}{2L}$

$n=1$ اساسي $\Rightarrow f_1=\frac{1\times10}{2\times1}=5\ Hz$

-3 $f=\frac{nv}{2L}$

المدروج الأول (الأساسي) : $n=1\ \Rightarrow f_1=5Hz$

المدروج الثاني : $n=2\ \Rightarrow f_2=2f_1=10Hz$

المدروج الثالث : $n=3\ \Rightarrow f_3=3f_1=15\ Hz$

المسألة الحادية عشرة (درس):

مزمار متشابه الطرفين طوله $L=1m$ يصدر صوتاً تواتره $f=170\ Hz$ ، يحوي هواء في درجة حرارة معينة حيث سرعة انتشار الصوت $v=340\ m.s^{-1}$.

المطلوب:

1. احسب عدد اطوال الموجة التي يحويها المزمار.
2. احسب طول مزمار آخر مختلف الطرفين يحوي الهواء يصدر صوتاً أساسياً مواقتاً للصوت السابق في درجة الحرارة نفسها.

المعطيات: $v=340\ m.s^{-1}$ $f=170Hz$ $L=1\ m$ (متشابه الطرفين)

الحل:

-1 عدد أطوال الموجة $=\frac{L}{\lambda}$

نحسب طول الموجة λ : $\lambda=\frac{v}{f}=\frac{340}{170}=2\ m$

عدد أطوال الموجة $=\frac{1}{2}$(طول الموجة)

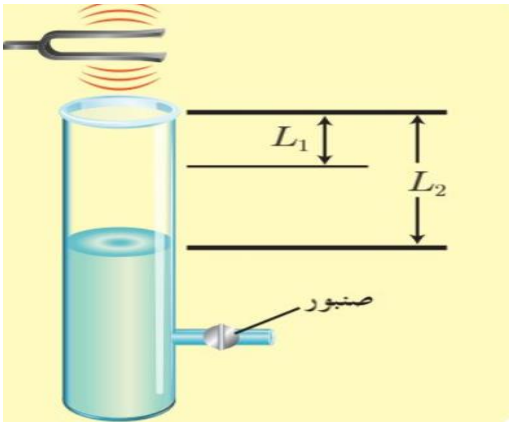
2- مواقتاً $f_{\text{متشابه}} = f_{\text{مختلف}}$ أساسي $(2n-1)=1$ $L'=?$ مختلف الطرفين

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

$f=170\ Hz$ مواقتاً (نفس الصوت ونفس f) $v=340\ m.s^{-1}$ (نفس الحرارة ونفس الغاز)

$$L'=1\times\frac{340}{4\times170} \Rightarrow \boxed{L'=\frac{1}{2}m}$$

المسائل العامة :



المسألة 27 عامة: أنبوب أسطواني مملوء بالماء وله صنبور عند قاعدته، تهتز رنانة فوق طرفه العلوي المفتوح، وعند إنقاص مستوى الماء في الأنبوب، سمع صوت شديد يبعد مستوى الماء فيه عن طرفه العلوي بمقدار $L_1=17\ cm$ ، وباستمرار إنقاص مستوى الماء سمع صوت شديد ثانٍ يبعد مستوى الماء فيه عن طرفه العلوي بمقدار $L_2=49\ cm$ ، فإذا علمت أن سرعة انتشار الصوت في شروط التجربة السابقة $v=340\ m.s^{-1}$ ، احسب تواتر الرنانة المستخدمة.

الحل : المعطيات، ملاحظة: عمود الهواء المغلق نعامله معاملة مختلف الطرفين بالمزمار

عمود الهواء مفتوح الطرفين نعامله معاملة متشابه الطرفين.

$L_1=17\ cm$ (صوت شديد أول)

$L_2=49\ cm$ (صوت شديد ثانٍ)

$v=340\ m.s^{-1}$ عمود هواء مغلق

♥ مختلف الطرفين:

$$v=\lambda f \Rightarrow f=\frac{v}{\lambda}$$

نحسب λ : $L=(2n-1)\frac{\lambda}{4}$

$$\left.\begin{array}{l} n=1 \Rightarrow (2n-1)=1 \Rightarrow L_1=1\frac{\lambda}{4} \text{ صوت أول} \\ n=2 \Rightarrow (2n-1)=3 \Rightarrow L_2=3\frac{\lambda}{4} \text{ صوت أول} \end{array}\right\} \Delta L=(L_2-L_1)=\frac{3\lambda}{4}-\frac{\lambda}{4}=\frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta L=(L_2-L_1)=\frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda=2\times(49-17)=2\times32=64\text{cm} \Rightarrow (\lambda=64\times10^{-2}m)$$

$$f=\frac{v}{\lambda}=\frac{340}{64\times10^{-2}} \Rightarrow \boxed{f=531{,}25\ Hz}$$

المسألة 28 عامة: مزمار ذو فم نهايته مفتوحة طوله $L=3m$ فيه هواء درجة حرارته $0°C$ حيث سرعة انتشار الصوت فيه $v=330m.s^{-1}$ وتواتر الصوت الصادر $f=110\ Hz$ ، **المطلوب:**

1. احسب البعد بين بطنين متتاليين، ثم استنتج رتبة الصوت .
2. نسخن المزمار إلى الدرجة $t=819°C$ ، استنتج طول الموجة المتكونة ليصدر المزمار الصوت السابق نفسه.
3. احسب طول مزمار آخر ذي فم، نهايته مغلقة يحوي الهواء في الدرجة $0°C$ ، تواتر مدروجه الثالث يساوي تواتر الصوت الصادر عن المزمار السابق (في الدرجة $0°C$).

المعطيات، متشابه الطرفين $L=3m$ $v=330\ m.s^{-1}$, $t=0°C$ $f=110\ Hz$

الحل :

1- البعد بين بطنين متتاليين $=\frac{\lambda}{2}$

نحسب طول الموجة اولاً : $\Rightarrow \lambda=\frac{v}{f}=\frac{330}{110}=3m$

البعد بين بطنين $=\frac{3}{2}=1.5$ m

♥ رتبة الصوت n

طريقة أولى : $L=n\frac{\lambda}{2} \Rightarrow 3=\frac{n\times3}{2} \Rightarrow \boxed{n=2}$

طريقة ثانية : $f=\frac{nv}{2L} \Rightarrow 110=\frac{n\times330}{2\times3} \Rightarrow 1=\frac{n}{2} \Rightarrow \boxed{n=2}$

-2 $v_2 = ?$ و $t_2 = 819°C$ تناسب طردي :

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{t_2+273}{t_1+273}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{819+273}{0+273}} \times 330 = \sqrt{\frac{1092}{273}} \times 330 = 2 \times 330 = 660\ \text{m.s}^{-1}$$

نحسب طول الموجة :

$$\lambda_2 = \frac{v_2}{f} = \frac{660}{110} \Rightarrow \boxed{\lambda_2 = 6m}$$

-3 $L' = ?$

$$f = (2n-1)\frac{v}{4L'} \Rightarrow L' = \underbrace{(2n-1)}_{(2n-1).3 \text{ مدروجه الثالث}} \frac{v}{4f}$$

♥ (نفس التواتر) متشابه $f = f$ مختلف عند الحرارة $0°C$, $v = 330\ m.s^{-1}$

$$L' = \frac{3\times330}{4\times110} \Rightarrow \boxed{L' = \frac{9}{4}m}$$

المسألة 29 عامة: خيط مرن أفقي طوله $L = 1m$ وكتلته $m = 10g$، نربط أحد طرفيه برنانة كهربائية شعبتاها أفقيتان تواترها $f = 50Hz$، ونشد الخيط على محز بكرة بثقل مناسب لتكون نهايته مقيدة، فإذا علمت أن طول الموجة المتكونة $40cm$،

المطلوب:

1. ما عدد المغازل المتكونة على طول الخيط؟
2. احسب السعة بنقطة تبعد 20cm ثم بنقطة تبعد 30 cm عن النهاية المقيدة للخيط إذا كانت سعة اهتزاز المنبع $Y_{max} = 1$ cm .
3. احسب الكتلة الخطية للخيط، واحسب قوة شد هذا الخيط، وسرعة انتشار الاهتزاز فيه.
4. احسب قوة شد الخيط التي تجعله يهتز بمغزلين، وحدد أبعاد العقد والبطون عن النهاية المقيدة في هذه الحالة.
5. نجعل طول الوتر نصف ما كان عليه. هل تتغير كتلته الخطية باعتبار أنه متجانس.

المعطيات: $L = 1m \quad m = 10 \times 10^{-3} = 10^{-2}kg \quad f = 50Hz \quad \lambda = 40 \times 10^{-2} = 4 \times 10^{-1}m$

الحل :

-1

$$L = n\frac{\lambda}{2} \Rightarrow n = \frac{2L}{\lambda} = \frac{2\times1}{4\times10^{-1}} \Rightarrow \boxed{n = 5 \text{ مغازل}}$$

-2 $X_2 = 30 \times 10^{-2}m \quad Y_{max/n} = ? \quad X_1 = 20 \times 10^{-2} \quad Y_{max} = 1 \times 10^{-2}m$ علماً أن سعة اهتزاز المنبع :

قانون سعة نقطة (n) :

$$Y_{max/n} = 2Y_{max}\left|\sin\frac{2\pi x}{\lambda}\right|$$

♥ إذا هي عقدة

$$X_1 = 20 \times 10^{-2}m \Rightarrow Y_{max/n_1} = 2 \times 10^{-2}\underbrace{\left|\sin\frac{2\pi\times20\times10^{-2}}{40\times10^{-2}}\right|}_{\sin\pi=0} \Rightarrow \boxed{Y_{max/n_1} = 0}$$

♥ إذاً هي بطن

$$X_2 = 30 \times 10^{-2}m \Rightarrow Y_{max/n_2} = 2 \times 10^{-2}\underbrace{\left|\sin\frac{2\pi\times30\times10^{-2}}{40\times10^{-2}}\right|}_{\left|\sin\frac{3\pi}{2}\right|=1} \Rightarrow \boxed{Y_{max/n_2} = 2 \times 10^{-2}m}$$

-3

$$(\text{الكتلة الخطية}) \Rightarrow \mu = \frac{m}{L} = \frac{10^{-2}}{1} \Rightarrow \boxed{\mu = 10^{-2}\ kg.m^{-1}}$$

قوة الشد

$$\begin{cases} f = \frac{nv}{2L} \\ v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} \end{cases} \Rightarrow f = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}} \text{ نربع و نعوض } \Rightarrow f^2 = \frac{n^2}{4L^2}\frac{F_T}{\mu}$$

$$2500 = \frac{25}{4} \times \frac{F_T}{10^{-2}} \Rightarrow \frac{F_T}{4} = 1 \Rightarrow \boxed{F_T = 4N}$$

سرعة انتشار الاهتزاز

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} = \sqrt{\frac{4}{10^{-2}}} = \sqrt{400} \Rightarrow \boxed{v = 20\ m.s^{-1}}$$

-4 حساب قوة الشدة من أجل مغزلين : $n = 2$ بنفس طريقة الطلب الثالث :

قوة الشد

$$\begin{cases} f = \frac{nv}{2L} \\ v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} \end{cases} \Rightarrow f = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}} \text{ نربع و نعوض } \Rightarrow f^2 = \frac{n^2}{4L^2}\frac{F_T}{\mu} \Rightarrow 2500 = \frac{4}{4\times1} \times \frac{F_T}{10^{-2}} \Rightarrow \boxed{F_T = 25\ N}$$

ملاحظة هامة : عندما نغير عدد المغازل نحسب طول موجة جديدة

$$\lambda = \frac{2L}{n} = \frac{2\times1}{2} = 1\ m$$

مغزلين (ثلاث عقد وبطنين)

♥ أبعاد العقد $X = n.\frac{\lambda}{2}$

$n=0 \Rightarrow$ أول عقدة $\boxed{X_1=0}$

$n=1 \Rightarrow$ ثاني عقدة $\boxed{X_2=\frac{1}{2}\,m}$

$n=2 \Rightarrow$ ثالث عقدة $\boxed{X_3=1m}$

♥ أبعاد البطون $X=(2n+1)\frac{\lambda}{4}$

$n=0 \Rightarrow$ أول بطن $\boxed{X_1=\frac{1}{4}m}$

$n=1 \Rightarrow$ ثاني بطن $\boxed{X_2=\frac{3}{4}m}$

• هذا البطن مرفوض لأنه لا ينتمي للوتر $n=2 \Rightarrow$ ثالث بطن $\Rightarrow X_3=\frac{5}{4}=1.25\,m \Rightarrow$

-5 (قد يأتي كسؤال اختيار متعدد/فسر) عند قسم الوتر إلى قسمين متساويين فإن طوله وكتلته تصبح نصف ماكانت عليها :

$$L'=\frac{L}{2}\Rightarrow m'=\frac{m}{2}$$

$$\mu'=\frac{m'}{L'}=\frac{\frac{m}{2}}{\frac{L}{2}}=\frac{m}{L}=\mu$$

لا تتغير الكتلة الخطية للوتر فهو متجانس $\mu'=\mu$

المسألة 30 عامة: وتر طوله $L=1.5\,m$ ، وكتلته $m=15g$ نجعله يهتز بالتجاوب بواسطة هزازة تواترها $f=100\,Hz$ يتشكل فيه ثلاثة مغازل، **المطلوب:**

1. احسب طول موجة الاهتزاز.
2. احسب الكتلة الخطية للوتر.
3. احسب سرعة انتشار الاهتزاز في الوتر.
4. احسب مقدار قوة الشد المطبقة على الوتر.
5. احسب بعد أماكن عقد وبطون الاهتزاز عن نهايته المقيدة.

المعطيات: مغازل $n=3$ $\quad f=100Hz \quad m=15\times10^{-3}\,kg \quad L=1{,}5=15\times10^{-1}m$

الحل :

-1 $L=n\frac{\lambda}{2}\Rightarrow \lambda=\frac{2L}{n}=\frac{2\times1.5}{3}\Rightarrow \boxed{\lambda=1m}$

-2 $\mu=\frac{m}{L}=\frac{15\times10^{-3}}{15\times10^{-1}}\Rightarrow \boxed{\mu=10^{-2}\,kg.m^{-1}}$

-3 $v=\lambda f=1\times100=100m.s^{-1}$

-4 $\begin{cases} f=\frac{nv}{2L} \\ v=\sqrt{\frac{F_T}{\mu}} \end{cases}\Rightarrow f=\frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$ نربع و نعوض $\Rightarrow f^2=\frac{n^2}{4L^2}\frac{F_T}{\mu}$ قوة الشد

$$\Rightarrow 10000=\frac{9}{4\times225\times10^{-2}}\times\frac{F_T}{10^{-2}}\Rightarrow 10000=\frac{F_T}{10^{-2}}\Rightarrow \boxed{F_T=100N}$$

-5 ثلاثة مغازل (اربع عقد وثلاثة بطون)

♥ أبعاد العقد $X=n\frac{\lambda}{2}$

$n=0 \Rightarrow$ أول عقدة $\boxed{x_1=0}$

$n=1 \Rightarrow$ ثاني عقدة $\boxed{x_2=\frac{1}{2}m}$

$n=2 \Rightarrow$ ثالث عقدة $\boxed{X_3=1m}$

$n=3 \Rightarrow$ رابع عقدة $\boxed{X_4=1.5\,m}$

♥ أبعاد البطون $X=(2n+1)\frac{\lambda}{4}$

$n = 0 \Rightarrow$ أول بطن $\boxed{X_1 = \frac{1}{4}m}$

$n = 1 \Rightarrow$ ثاني بطن $\boxed{X_2 = \frac{3}{4}m}$

$n = 2 \Rightarrow$ ثالث بطن $\boxed{X_3 = \frac{5}{4}m}$

المسألة 31 عامة: مزمار ذو فم نهايته مفتوحة، طوله $L = 3.4\ m$ مملوء بالهواء يصدر صوتاً تواتره $f = 1000Hz$ حيث سرعة انتشار الصوت في هواء المزمار $v = 340\ m.s^{-1}$ في درجة حرارة التجربة:

1. احسب عدد أطوال الموجة التي يحويها المزمار.
2. إذا تكونت داخله عقدة واحدة فقط في منتصف المزمار في الدرجة نفسها من الحرارة، فاحسب تواتر الصوت البسيط عندئذٍ.
3. إذا كانت سرعة انتشار الصوت في الهواء $v = 331 m.s^{-1}$ في الدرجة 0°C، فاحسب درجة حرارة التجربة.

المعطيات: متشابه الطرفين $L = 3.4m = 34 \times 10^{-1}m$ $f = 1000Hz$ $v = 340m.s^{-1}$

الحل:

-1 عدد أطوال الموجة $= \frac{L}{\lambda}$

نحسب طول الموجة λ : $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{1000} = 34 \times 10^{-2}\ m$

عدد أطوال الموجة $= \frac{34\times10^{-1}}{34\times10^{-2}} = 10$ (طول الموجة)

-2 $f = \frac{nv}{2L} = \frac{1\times340}{2\times34\times10^{-1}} \Rightarrow \boxed{f = 50Hz}$

-3 $v_1 = 331\ m.s^{-1}$ $t_1 = 0°C$ $v_2 = 340$ $t_2 = ?$

$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \Rightarrow \frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{T_2}{T_1}$

$T_1(k) = t°C + 273 = 0 + 273$

$T_2 = \frac{v_2^2}{v_1^2} \times T_1 \Rightarrow T_2 = \frac{(340)^2}{(331)^2} = 228(k)$

$t_2(°C) = T_2(k) - 273$

$t_2 = 288 - 273 \Rightarrow \boxed{t_2 = 15°C}$

المسألة 32 عامة: يصدر مزمار ذو فم نهايته مفتوحة صوتاً بإمرار هواء بدرجة $t = 15°C$، فيتكون داخله عقدتان للاهتزاز البعد بينهما $50\ cm$ ، **المطلوب:**

1. طول موجة الصوت البسيط الصادر عن المزمار.
2. طول المزمار.
3. تواتر الصوت البسيط الصادر عن المزمار.
4. طول مزماراً آخر ذي فم نهايته مغلقة في الدرجة $t = 15°C$ صوتاً أساسياً مواقتاً للصوت الصادر عن المزمار السابق.

- سرعة انتشار الصوت في الهواء بالدرجة $t = 0°C$، تساوي $v = 331\ m.s^{-1}$

الحل:

-1 البعد بين عقدتين متتاليتين $\Rightarrow \frac{\lambda}{2} = 50 \Rightarrow \lambda = 100cm = 100 \times 10^{-2} \Rightarrow \boxed{\lambda = 1m}$

-2 $L = n\frac{\lambda}{2} = 2 \times \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{L = 1m}$

-3 $v = \lambda f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda}$

لدينا $\lambda = 1m$ نحسب السرعة ؟ $= v_2$ علماً $t_2 = 15$ $v_1 = 331\ m.s^{-1}$ $t_1 = 0°C$

$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}.v_1 \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{15+273}{0+273}} \times 331 = 340m.s^{-1}$

$$f=\frac{v}{\lambda}=\frac{340}{1}\Rightarrow \boxed{f=340\ Hz}$$

4- $L'=?$ $(2n-1)=1$ أساسي $t_2=15℃\Rightarrow v=340\ m.s^{-1}$

$f=340\ Hz$ مساوياً لتواتر الصوت الصادر عن المزمار السابق

$$f=(2n-1)\frac{v}{4L'}\Rightarrow L'=(2n-1)\frac{v}{4f}\Rightarrow L'=1\times\frac{340}{4\times340}\Rightarrow \boxed{L'=\frac{1}{4}m}$$

المسألة 33 عامة:

1. لدينا مزمار متشابه الطرفين طوله $L=3.32\ m$ يصدر صوتاً تواتره $f=1024\ Hz$ ، هو يحوي هواء بدرجة $t=15℃$ ينتشر فيه الصوت بسرعة $v=340\ m.s^{-1}$. احسب عدد أطوال الموجة التي يحويها المزمار.
2. نريد أن يحوي المزمار نصف عدد أطوال الموجة السابقة وهو يصدر الصوت السابق نفسه بتغيير درجة حرارة هوائه فقط لتصبح t' . احسب قيمة t'.
3. إذا تكون في طرفي المزمار بطنان للاهتزاز وعقدة واحدة فقط في منتصفه بدرجة الحرارة $t=15℃$، بتغيير قوة النفخ عند منبعه الصوتي. احسب تواتر الصوت الصادر عنه حينئذٍ.

المعطيات: متشابه الطرفين $v=340\ m.s^{-1}$ $t=15℃$ $f=1024\ Hz$ $L=332\times10^{-2}\ m$

الحل:

1- عدد أطوال الموجة $=\frac{L}{\lambda}$

نحسب طول الموجة λ : $\lambda=\frac{v}{f}=\frac{340}{1024}=0.332=332\times10^{-3}\ m$

عدد أطوال الموجة $=\frac{332\times10^{-2}}{332\times10^{-3}}=10$ (طول موجة)

2- الصوت السابق نفسه (نفس التواتر) $f'=f$

$$\frac{v'}{v}=\sqrt{\frac{T'}{T}}=\sqrt{\frac{t'+273}{t+273}}\qquad t=15℃\quad v=340m.s^{-1}$$

نحسب λ' ثم v' : عدد أطوال الموجة الجديدة $=5=\frac{L}{\lambda'}\Rightarrow\lambda'=\frac{L}{5}=\frac{332\times10^{-2}}{5}=\frac{664\times10^{-2}}{10}=66.4\times10^{-3}\ m$

نحسب v' : $v'=\lambda'.f'=664\times10^{-3}\times1024=679\ m.s^{-1}$

$\frac{679}{340}=\sqrt{\frac{t'+273}{15+273}}$ نربع الطرفين ثم نعزل $t'\Rightarrow \boxed{t'=879℃}$

3- $v=\lambda.f\Rightarrow f_{\text{جديدة}}=\frac{v}{\lambda}\qquad n=1$

نحسب طول الموجة الجديد : $L=n\frac{\lambda''}{2}\Rightarrow\lambda''=\frac{2L}{n}=\frac{2\times332\times10^{-2}}{1}=664\times10^{-2}$

$$f=\frac{340}{664\times10^{-2}}\Rightarrow \boxed{f=51.2\ Hz}$$

المسألة 34 عامة:

استعمل عمود هوائي مغلق لقياس سرعة انتشار الصوت بوساطة رنانة تواترها $f=392\ Hz$، فسمع أول صوت شديد عندما كان طول عمود الهواء مساوياً $L_1=21\ cm$، وسمع الصوت الشديد الثاني عندما كان طول عمود الهواء مساوياً $L_2=65.3\ cm$. احسب سرعة انتشار الصوت في هذه الحالة. هل درجة الحرارة في العمو د الهوائي أكبر أم أصغر من درجة حرارة الغرفة؟ (والتي تساوي $t=20℃$)

المعطيات: عمود هوائي مغلق = مختلف الطرفين $f=392\ Hz$

$n=2$ ثاني صوت شديد $L_2=65.3\ cm$, $n=1$ أول صوت شديد $L_1=21\ cm$

الحل:

نحسب طول الموجة λ من قانون طول العمود المغلق : $L=(2n-1)\frac{\lambda}{4}$

$$\left.\begin{aligned}n=1\Rightarrow L_1=\frac{\lambda}{4}\\ n=2\Rightarrow L_2=\frac{3\lambda}{4}\end{aligned}\right\}L_2-L_1=\frac{3\lambda}{4}-\frac{\lambda}{4}=\frac{\lambda}{2}\Rightarrow\lambda=2(L_2-L_1)$$

$$\lambda=2(65.3-21)=2(44.3)=88.6\ \text{m}$$

$v = \lambda . f = 88.6 \times 392 \Rightarrow \boxed{v = 347.3\ m.s^{-1}}$

للحفظ $\begin{cases} t = 15°C & \Rightarrow \quad v = 340\ m.s^{-1} \\ t = 20°C & \Rightarrow \quad v = 343 m.s^{-1} \\ t = 0°C & \Rightarrow \quad v = 331\ m.s^{-1} \end{cases}$

إن درجة الحرارة في العمود الهوائي أكبر من درجة حرارة الغرفة.

المسألة 35 عامة : مزمار ذو فم نهايته مغلقة يحوي غاز الأكسجين سرعة انتشار الصوت فيه $v = 324\ m.s^{-1}$ يصدر صوتاً أساسياً تواتره $f = 162Hz$ ، **المطلوب.**

1. احسب طول هذا المزمار.
2. نستبدل بغاز الأكسجين في المزمار غاز الهيدروجين في درجة الحرارة نفسها، احسب تواتر الصوت الأساسي الذي يصدره هذا المزمار في الحالة.

المعطيات : مختلف الطرفين $f = 162\ Hz$ صوت أساسي $(2n-1) = 1$ $v = 324\ m.s^{-1}$

الحل :

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

$L = 1 \times \frac{324}{4 \times 162} \Rightarrow \boxed{L = \frac{1}{2} m}$

-2 O_2 أوكسجين $\xrightarrow{\text{نستبدل}} H_2$ $\qquad v_1 = 324\ m.s^{-1} \xrightarrow{\text{عكسي}} v_2 = ?$

نحسب السرعة v_2 في غاز الهيدروجين : $\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{D_{O_2}}{D_{H_2}}} = \sqrt{\frac{\frac{M_{O_2}}{29}}{\frac{M_{H_2}}{29}}} \Rightarrow v_2 \sqrt{\frac{\frac{32}{29}}{\frac{2}{29}}} \times 324$

$v_2 = 4 \times 324 = 1296\ m.s^{-1}$

تواتر الصوت الأساسي : $f_2 = (2n-1)\frac{v_2}{4L}$

$f_2 = 1 \times \frac{1296}{4 \times \frac{1}{2}} \Rightarrow \boxed{f_2 = 648\ Hz}$

MY Way طريقي مع أنس أحمد
Anas Ahmad