الأمواج المستقرة:

المسألة الأولى:

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

المطلوب:

❶احسب البُعد بين بطنين متتاليين، ثمَّ استنتج رتبة الصوت.

❷نسخّن المزمار إلى الدرجة $t = 819C°$ استنتج طول الموجة المتكوّنة ليصدر المزمار الصوت السابق نفسه.

❸احسب طول مزمار آخر ذي فم، نهايتُه مغلقة يحوي الهواء في الدرجة$0C°$ ، تواتر مدروجه الثالث يساوي تواتر الصوت الصادر عن المزمار السابق(في الدرجة.) $0C°$

الحل

❶ $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{330}{110} = 3m$

البعد بين بطنين متتاليين $\frac{\lambda}{2} = \frac{3}{2} = 1.5m$

يعطى طول المزمار متشابه الطرفين بالعلاقة

$$L = n\frac{\lambda}{2} \Longrightarrow 3 = n1.5 \Rightarrow n = 2$$

المدروج الثاني

❷

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{T_1}}{\sqrt{T_2}} \Rightarrow \frac{330}{v_2} = \frac{\sqrt{0+273}}{\sqrt{819+273}} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow v_2 = 660m.s^{-1}$$

❸ $L = (2n-1)\frac{\lambda}{4}$

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

$$L = (3)\frac{330}{4 \times 110} = \frac{9}{4} = 2.25m$$

Marwan Bajjou

Scanned with CamScanner

المسألة الثانية :

يصدر مزمار ذو فم نهايته مفتوحة صوتاً بإمرار هواء بدرجة $t = 15C°$ **، فيتكوّن داخله عقدتان للاهتزاز البعد بينهما،** 50 cm

المطلوب:

❶ طول موجة الصوت البسيط الصادر عن المزمار.

❷ طول المزمار.

❸ تواتر الصوت البسيط الصادر عن المزمار.

❹ طول مزمار آخر ذي فم نهايته مغلقة يعطي في الدرجة $t = 15C°$ **صوتاً أساسيّاً مواقتاً للصوت الصادر عن المزمار السابق.**

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

الحل

❶ مزمار ذو فم نهايته مفتوحة (المزمار متشابه الطرفين)

البعد بين عقدتين متتاليتين $\frac{\lambda}{2}$

$$\frac{\lambda}{2} = 0.5 \Rightarrow \lambda = 2 \times 0.5 = 1\ m$$

$$L = n\frac{\lambda}{2} = 2 \times 0.5 = 1\ m$$ ❷

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

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

$$L = (2n-1)\frac{v}{4f} = 1 \times \frac{340}{4 \times 340} = \frac{1}{4} = 0.25m$$ ❹

Marwan Bajjou

Scanned with CamScanner

المسألة الثالثة :

❶ لدينا مزمار متشابه الطرفين طوله $L = 3.32m$ يصدر صوتاً تواتره $f = 1024Hz$ ، وهو يحوي هواء بدرجة $t = 15C°$ ينتشر فيه الصوت بسرعة $v = 340m.s^{-1}$. احسب عدد أطوال الموجة التي يحويها المزمار.

❷ نريد أن يحوي المزمار نصف عدد أطوال الموجة السابقة وهو يصدر الصوت السابق نفسه بتغيير درجة حرارة هوائه فقط لتصبح t'. احسب قيمة t' .

❸ إذا تكوّن في طرفي المزمار بطنان للاهتزاز وعقدة واحدة فقط في منتصفه بدرجة الحرارة $t = 15C°$ بتغيير قوَّة النفخ عند منبعه الصوتيّ .احسب تواتر الصوت الصادر عنه حينئذٍ.

الحل

❶ عدد أطوال الموجة $\frac{L}{\lambda} = \frac{Lf}{v} = \frac{3.32\times1024}{340} = 10$

❷ عدد أطوال الموجة الجديد $\frac{L}{\lambda'} = \frac{Lf}{v'} = \frac{3.32\times1024}{v'} = 5 \Rightarrow v' \approx 680m.s^{-1}$

$$\frac{v}{v'} = \frac{\sqrt{T}}{\sqrt{T'}} \Rightarrow \frac{340}{680} = \frac{\sqrt{15+273}}{\sqrt{t'+273}} \Rightarrow t' = 879℃$$

❸ $L = n\frac{\lambda}{2}$

$$n = 1 \Longrightarrow L = \frac{v}{2f'}$$

$$f' = \frac{v}{2L} = \frac{340}{2\times3.32} = 51.2Hz$$

المسألة الرابعة :

استُعمل عمود هوائيّ مغلق لقياس سرعة انتشار الصوت بواسطة رنّانة تواترها $f = 392Hz$ فسُمع أوّل صوتٍ شديدٍ عندما كان طول عمود الهواء مساوياً $L_1 = 21\ cm$ ، وسُمع 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 العمود الهوائيّ أكبر أم أصغر من درجة حرارة الغرفة والتي تساوي $t = 20C°$

الحل

$$\Delta L = L_2 - L_1 = 65.3 - 21 = 44.3\ cm = 0.443\ m$$

$$\Delta L = \frac{3\lambda}{4} - \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2} \Longrightarrow 0.443 = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 0.886\ m$$

$$v = \lambda\, f = 0.886 \times 392 = 347.3\ m.s^{-1}$$

سرعة انتشار الصوت في الدرجة $20℃$ تساوي $340m.s^{-1}$

سرعة انتشار الصوت في درجة حرارة عمود الهواء تساوي $347.312\ m.s^{-1}$ وهي أكبر من $340m.s^{-1}$

نستنتج أن درجة حرارة عمود الهواء أكبر من درجة حرارة الغرفة.

Marwan Bajjou

Scanned with CamScanner

المسألة الخامسة :

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

❶ احسب طول هذا المزمار.

❷ نستبدل بغاز الأكسجين في المزمار غاز الهدروجين في درجة الحرارة نفسها، احسب تواتر الصوت الأساسيّ الذي يصدره هذا المزمار في هذه الحالة.

الحل

❶ $L = (2n-1)\frac{\lambda}{4}$

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

$$L = (2\times 1-1)\frac{324}{4\times 162}$$

$$L = 0.5\ m$$

❷ $$\frac{v_{H_2}}{v_{O_2}} = \frac{\sqrt{D_{O_2}}}{\sqrt{D_{H_2}}} = \frac{\sqrt{\frac{M_{O_2}}{29}}}{\sqrt{\frac{M_{H_2}}{29}}} = \frac{\sqrt{\frac{32}{29}}}{\sqrt{\frac{2}{29}}} = \frac{\sqrt{32}}{\sqrt{2}} = 4$$

$$v_{H_2} = v_{O_2}$$

$$v_{H_2} = 4\times 324 = 1296\ m.s^{-1}$$

$$f' = (2n-1)\frac{v_{H_2}}{4L} = 1\times\frac{1296}{4\times 0.5} = 648\ Hz$$

Marwan Bajjou

Scanned with CamScanner

المسألة السادسة :

يملأ مزمار ذو فم نهايته مغلقة طوله L_1 بالهيدروجين وننفخ فيه فيصدر صوتا أساسيا تواتره يساوي مثلي تواتر الصوت الأساسي الذي يصدره مزمار آخر ذو فم نهايته مفتوحة طوله L_2 مملوء بالهواء فإذا علمت أن سرعة انتشار الصوت بالهواء $v_1 = 340m.s^{-1}$ و سرعة انتشار الصوت في غاز الهيدرجين $v_2 = 1292m.s^{-1}$ فاحسب النسبة بين طولي المزمارين

المزمار الأول مختلف الطرفين

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

$$\Rightarrow f_1 = (2n-1)\frac{v_1}{4L_1}$$

الصوت الأساسي $2n-1=1$

$$f_1 = \frac{v_1}{4L_1}$$

المزمار الثاني متشابه الطرفين

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

$$\Rightarrow f_2 = n\frac{v_2}{2L_2}$$

الصوت الأساسي $n=1$

$$f_2 = \frac{v_2}{2L_2}$$

$$\Rightarrow \frac{v_1}{4L_1} = 2\frac{v_2}{2L_2}$$

$$\Rightarrow \frac{L_1}{L_2} = \frac{v_1}{4v_2} = \frac{1292}{4\times 340} = \frac{1292}{1360} = 0.95$$

Scanned with CamScanner

المسألة السابعة :

خيط مرن أفقيّ طوله $L = 1m$ وكتلته $m = 10\ g$ ، نربط أحد طرفيه برنّانة كهربائيّة شعبتاها أفقيَّتان تواترها $f = 50Hz$، ونشدّ الخيط على محزّ بكرة بثقل مناسب لتكون نهايته مقيَّدة، فإذا علمت أنّ طول الموجة المتكوّنة. $40\ cm$

المطلوب:

❶ ما عدد المغازل المتكوِّنة على طول الخيط؟

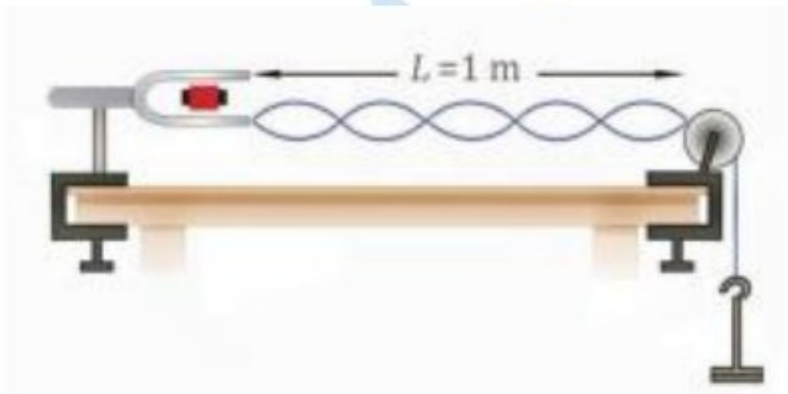
❷ حسب السعة بنقطة تبعد $20\ cm$ ثمَّ بنقطة تبعد $30\ cm$ عن النهاية المقيَّدة للخيط إذا كانت سعة اهتزاز المنبع $Y_{max} = 1cm$.

❸ احسب الكتلة الخطِّيَّة للخيط، واحسب قوَّة شدِّ هذا الخيط، وسرعة انتشار الاهتزاز فيه.

❹ احسب قوَّة شدِّ الخيط التي تجعله يهتزُّ بمغزلين، وحدّد أبعاد العقد ولبطون عن النهاية المقيَّدة في هذه الحالة.

❺ نجعل طول الوتر نصف ما كان عليه .هل تتغيّر كتلته الخطِّيّة باعتبار أنّه متجانس.

الحل



❶ $L = n\frac{\lambda}{2}$

$1 = n\frac{0.4}{2} \Rightarrow n = 5$ **مغازل**

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

النقطة n_1 عقدة اهتزاز

$$Y_{max/n_1} = 2 \times 10^{-2}\left|sin\frac{2\pi}{0.4} \times 0.2\right| = 0$$

النقطة n_2 بطن اهتزاز

$$Y_{max/n_2} = 2 \times 10^{-2}\left|sin\frac{2\pi}{0.4} \times 0.3\right|$$

$$Y_{max/n_2} = 2 \times 10^{-2}m$$

❸ $\mu = \frac{m}{L} = \frac{10 \times 10^{-3}}{1} = 10^{-2}ng.m^{-1}$

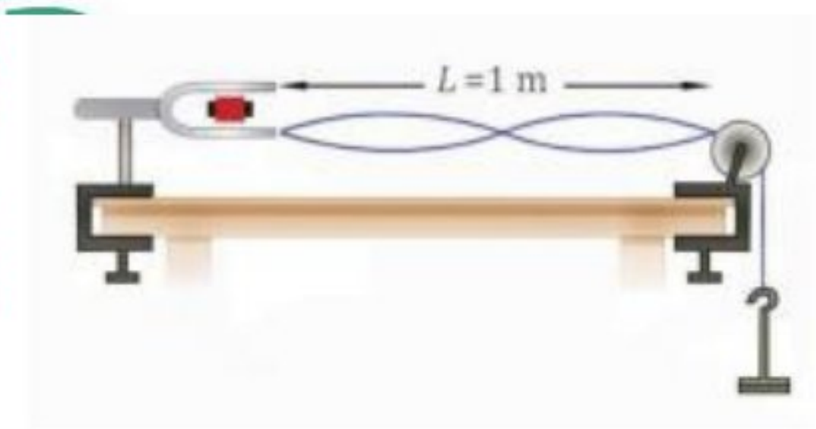
$$f = n\frac{1}{2L}\sqrt{\frac{F_T}{\mu}} \Longrightarrow 50 = 5\frac{1}{2 \times 1}\sqrt{\frac{F_T}{10^{-2}}}$$

$$F_T = 4N$$

$$v = \lambda f = 0.4 \times 50 = 20m.s^{-1}$$

Marwan Bajjou

Scanned with CamScanner



$$f = n' \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F'_T}{\mu}}$$ ❹

$$50 = 5 \frac{1}{2 \times 1} \sqrt{\frac{F'_T}{10^{-2}}} \Rightarrow F'_T = 25N$$

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

$$1 = 2 \frac{\lambda'}{2} \Rightarrow \lambda' = 1m$$

أبعاد عقد الاهتزاز عن النهاية المقيدة: $X = n \frac{\lambda}{2}$

$$X = n \frac{1}{2}$$

العقدة الأولى N_1: $n = 0 \Rightarrow X_1 = 0m$

العقدة الثانية N_2: $n = 1 \Rightarrow X_2 = 1 \times \frac{1}{2} = 0.5m$

العقدة الثالثة N_3: $n = 2 \Rightarrow X_3 = 2 \times \frac{1}{2} = 1m$

أبعاد بطون الاهتزاز عن النهاية المقيدة: $X = (2n+1) \frac{\lambda}{4}$

$$X = (2n+1) \frac{1}{4}$$

البطن الأول A_1: $n = 0 \Rightarrow X_1 = 1 \times \frac{1}{4} = 0.25m$

البطن الثاني A_2: $n = 1 \Rightarrow X_2 = 3 \times \frac{1}{4} = 0.75m$

❺

$$\mu' = \frac{m'}{L'} = \frac{\frac{1}{2}m}{\frac{1}{2}L} = \frac{m}{L} = \mu$$

النتيجة: لا تتغير الكتلة الخطية بتغير طول الوتر

Scanned with CamScanner

المسألة الثامنة :

وتر طوله $L = 1.5m$، وكتلته $m = 15\ g$ نجعله يهتزُّ بالتجاوب بواسطة هزَّازة تواترها $f = 100Hz$ يتشكَّل فيه ثلاثة مغازل

المطلوب :

❶ احسب طول موجة الاهتزاز.

❷ احسب الكتلة الخطِّيَّة للوتر.

❸ احسب سرعة انتشار الاهتزاز في الوتر.

❹ احسب مقدار قوّة الشدّ المطبقة على الوتر.

❺ احسب بعد أماكن عقد وبطون الاهتزاز عن نهايته المقيَّدة.

الحل

❶ $L = n\frac{\lambda}{2}$

$$1.5 = 3\frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 1m$$

❷ $\mu = \frac{m}{L} = \frac{15\times10^{-3}}{1.5} = 10^{-2}ng.m^{-1}$

❸ $v = \lambda f = 1 \times 100 = 100m.s^{-1}$

❹ $v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}}$

$$100 = \sqrt{\frac{F_T}{10^{-2}}}$$

$$F_T = 100N$$

❺ أبعاد عقد الاهتزاز عن النهاية المقيدة:

$$X = n\frac{\lambda}{2} \Longrightarrow X = n\frac{1}{2}$$

العقدة الأولى N_1: $n = 0 \Rightarrow X_1 = 0m$

العقدة الثانية N_2: $n = 1 \Rightarrow X_2 = 1 \times \frac{1}{2} = 0.5m$

العقدة الثالثة N_3: $n = 2 \Rightarrow X_3 = 2 \times \frac{1}{2} = 1m$

العقدة الرابعة N_4: $n = 3 \Rightarrow X_4 = 3 \times \frac{1}{2} = 1.5\ m$

أبعاد بطون الاهتزاز عن النهاية المقيدة: $X = (2n+1)\frac{\lambda}{4}$

$$X = (2n+1)\frac{1}{4}$$

البطن الأول A_1: $n = 0 \Rightarrow X_1 = 1 \times \frac{1}{4} = 0.25m$

البطن الثاني A_2: $n = 1 \Rightarrow X_2 = 3 \times \frac{1}{4} = 0.75m$

البطن الثالث A_3: $n = 2 \Rightarrow X_3 = 5 \times \frac{1}{4} = 1.25m$

Marwan Bajjou

Scanned with CamScanner

المسألة التاسعة :

احسب سرعةَ انتشار اهتزازٍ عرضيّ في وترٍ قطرُ مقطعِه $0.1mm$ **، وكثافةُ مادّته** 0.8 **، مشدودٌ بقوَّةٍ شدّتُها** $F_T = 100\pi\ N$

الحل

$$v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} = \sqrt{\frac{F_T}{\frac{m}{L}}} = \sqrt{\frac{F_T\ L}{m}} = \sqrt{\frac{F_T\ L}{\rho\ V}} = \sqrt{\frac{F_T\ L}{\rho\ L\ s}}$$

$$v = \sqrt{\frac{F_T}{\rho\ \pi\ r^2}} = \sqrt{\frac{100\pi}{0.8\pi(5\times10^{-5})^2}}$$

$$v = 2236\ m.s^{-1}$$

Scanned with CamScanner