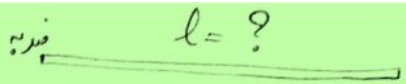
بسم الله الرحمن الرحيم

حل مسائل آخر فصل ۴

●●۸- شخصی با چکش به انتهای یک میلهٔ نازک ضربه‌ای می‌زند. تندی صوت در میله ۱۵ برابر تندی صوت در هواست. فرد دیگری که گوشش را نزدیک به انتهای دیگر میله نگه داشته است دو صدا را با بازهٔ زمانی ۰/۱۲s می‌شنود: یکی از طریق میله می‌آید و دیگری از طریق هوای مجاور میله. اگر تندی صوت در هوا ۳۴۳ m/s باشد، طول میله چقدر است؟

۴- ۷۰



$v_{air} = 340 \frac{m}{s}$ و $v_{air} = \frac{1}{15} v_{آب}$

صوت در این مسیر l را در زمان t_1 طی می‌کند

$$l = v_{آب} t_1 \quad (1)$$

صوت در هوا مسیر l_2 را در زمان t_2 طی می‌کند

$$l = v_{air} t_2 \quad (2)$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 0.14\,s \quad (3)$$

$$(1), (2) \rightarrow l = l \Rightarrow v_{آب} t_1 = v_{air} t_2$$

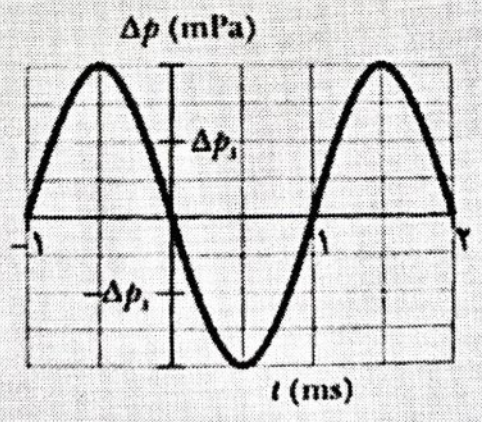
$$15 v_{air} t_1 = v_{air} t_2 \Rightarrow t_2 = 15 t_1$$

$$(3) \quad t_2 - t_1 = 0.14 \Rightarrow 15 t_1 - t_1 = 0.14$$

$$t_1 = \frac{0.14}{14} s$$

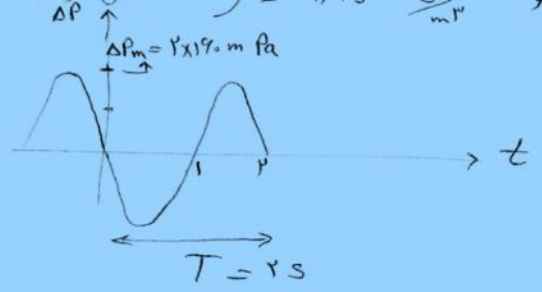
$$(1) \quad l = v_{آب} t_1 = 15 \times 340 \times \frac{0.14}{14} \; (m)$$

۱۴۰۰- شکل ۳۳-۳۳ خروجی از یک نشان‌دهندهٔ فشار را نشان می‌دهد که در نقطه‌ای در مسیر گذر یک موج صوتی تک بسامد که در هوایی با چگالی یکنواخت $1/21\ kg/m^3$ و با تندی $343\ m/s$ حرکت می‌کند، قرار دارد. مقیاس محور عمودی با $\Delta p = 160\ mPa$ مشخص شده است. اگر تابع جابه‌جایی موج به صورت $s(x,t) = s_m \cos(kx - \omega t)$ نوشته شده باشد، (الف) s_m، (ب) k و (پ) ω چقدرند؟ سپس هوا را سرد می‌کنیم تا چگالی آن برابر $1/35\ kg/m^3$ و تندی موج صوتی در آن برابر $320\ m/s$ باشد. چشمهٔ صوتی دوباره یک موج صوتی را با همان بسامد و همان دامنهٔ فشار گسیل می‌کند. اکنون (ت) s_m، (ث) k و (ج) ω چقدرند.



(۱) در هوای گرم‌تر $\rho = 1{,}21 \ \frac{kg}{m^3}$ و $v = 343 \ \frac{m}{s}$ سرعت صوت

(۲) در هوای سردتر $\rho = 1{,}37 \ \frac{kg}{m^3}$ و $v_{صوت} = 320 \ \frac{m}{s}$



مربوط به حالت (۱)

امگا و ب و ه

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T} = 1000\ \pi\ \frac{rad}{s}$$

$$v_1 = \frac{\lambda}{T} = \frac{\frac{2\pi}{k}}{\frac{2\pi}{\omega}} = \frac{\omega}{k} \Rightarrow k = \frac{\omega}{v} = \frac{1000\pi}{343} \ (m^{-1})$$

$$\Delta P_m = \rho_1 v_1 \omega_1 s_{m1} \Rightarrow 2\times 160\ \frac{10^{-3}}{m}\ Pa = 1{,}21 \times 343 \times \frac{1000\pi}{343}\ s_{m1}$$

$s_{m1} =$ [ ]

تـ و شـ و ج

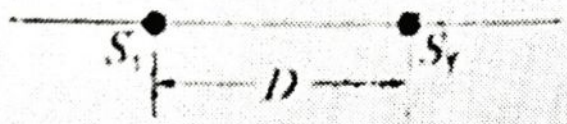
در حالت دوم همان بامد $\Rightarrow \omega_2 = \omega_1 = 1000\ \pi\ \frac{rad}{s}$

$$v_2 = \frac{\omega_2}{k_2} \Rightarrow k_2 = \frac{\omega_2}{v_2} = \frac{1000\pi}{320} \ (m^{-1})$$

همان دامنه $\Delta P_m = 2\times 160\times 10^{-3} = \rho_2 v_2 \omega_2 s_{m2} = 1{,}37 \times 320 \times \frac{1000\pi}{320}\ s_{m2}$

$s_{m2} =$

۱۷۰۰- شکل ۳۳-۳۴ دو چشمهٔ صوتی نقطه‌ای و همسانگرد S_1 و S_2 را نشان می‌دهد. چشمه‌ها موجهایی با طول موج ۰/۵۰m به طور همفاز گسیل می‌کنند؛ فاصلهٔ چشمه‌ها $D = 1/75m$ است. اگر یک آشکار ساز صوتی را روی دایرهٔ بزرگی که مرکز آن در وسط دو چشمه قرار دارد حرکت دهیم، در چند نقطه موجها (الف) دقیقاً همفاز و (ب) دقیقاً ناهمفاز به آشکارساز می‌رسند؟

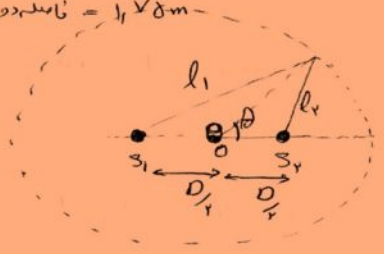


شکل ۳۳-۳۴ مسئلهٔ ۱۷

۴- ۱۷ :

دو چشمه هم‌فاز و هم‌طول موج $\lambda = 0.5\ m$

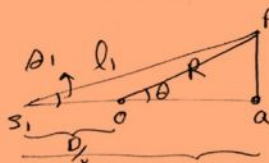
فاصله دو چشمه از هم $= 1.75\ m$



اگر شعاع کره چرخش R باشد

هرجا Δl حسب λ با فرض تداخل سازنده $|l_2 - l_1| = m\lambda$ ، $m = 0, 1, 2, \dots$

حسب $(m+\frac{1}{2})\lambda$ طول موج $|l_1 - l_2| = (m+\frac{1}{2})\lambda$ ---- $m = 0, 1, \dots$

تداخل ویرانگر

$l_{1y} = l_1 \sin\theta_1 = R\sin\theta$ ← ΔS_1PQ ، ΔOPA ← دو مثلث OPA

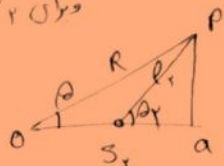
$l_{1x} = l_1\cos\theta_1 = \frac{D}{2} + R\cos\theta$

$l_1 = \sqrt{l_{1x}^2 + l_{1y}^2} = \left[\left(\frac{D}{2} + R\cos\theta\right)^2 + (R\sin\theta)^2\right]^{\frac{1}{2}}$

ادامه سوال ۱۷

$l_1 = \left[\frac{D^2}{4} + R^2 + RD\cos\theta\right]^{\frac{1}{2}}$

و برای l_2 به همین ترتیب



$\left.\begin{array}{l}\\ \\ \end{array}\right\} l_2\sin\theta_2 = R\sin\theta$

$\underbrace{\frac{D}{2}}_{R\cos\theta}\ \underbrace{l_{2x}}_{R\cos\theta}$ $\qquad l_{2x} = R\cos\theta - \frac{D}{2}$

$l_2 = \left[l_x^2 + l_{2y}^2\right]^{\frac{1}{2}} = \left[(R\cos\theta - \frac{D}{2})^2 + R^2\sin^2\theta\right]^{\frac{1}{2}}$

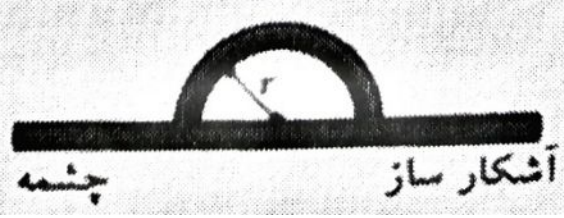
$= \left[\frac{D^2}{4} + R^2 - DR\cos\theta\right]^{\frac{1}{2}}$

به ازای هر زاویه θ چک می‌شود که کدام شرط یعنی تداخل سازنده یا ویرانگر برآورده می‌شود

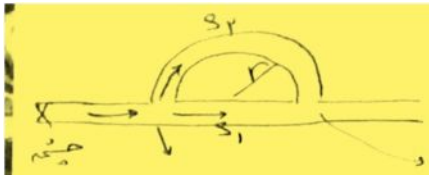
$|l_1 - l_2| = \begin{cases} m\lambda & \text{سازنده} \\ (m+\frac{1}{2})\lambda & \text{ویرانگر} \end{cases}$

با جایگذاری l_1 و l_2 یا شرط سازنده بودن یا ویرانگر بودن وضعیت بینابینی را برآورده می‌سازد

●●۱۸۰۰- در شکل ۳۳-۳۵، صوتی با طول موج ۴۰/۰cm از چشمه‌ای به سمت راست لوله‌ای که شامل یک قسمت مستقیم و یک نیمدایره است حرکت می‌کند. قسمتی از موج صوتی پس از عبور از قسمت نیمدایره به بقیهٔ موج که مستقیماً از قسمت مستقیم می‌گذرد، می‌پیوندد. این بهم پیوستن منجر به تداخل می‌شود. کوچکترین شعاع r که باعث ایجاد کمینهٔ شدت در آشکارساز می‌شود، چقدر است؟



۴ـ ۱۸ ؛



دراین حرکت بخشی از موج S_1 دوصوت رسید کار از دو مسیر
وارد و بخشی از موج S_2 دراین جا به هم رسیده
و برهم تاثیر می گذارند

با توجه به اختلاف راه طی شده توسط صوت در دو مسیر می توان اتفاقات مختلفی رخ دهد

$$S_2 - S_1 = \pi r - 2r = (\pi - 2)r$$

S_2: مسیری که صوت در میدان خمیده طی کرده

S_1: مسیری که صوت در مسیر مستقیم طی نموده

شرط تداخل ویرانگر $S_2 - S_1 = (m + \frac{1}{2})\lambda$

$$(\pi - 2)r = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

هرچه شعاع زیاد شود m نیز زیاد می شود

کمترین شعاع $m = 0 \Rightarrow$

$$r_{min} = \frac{\frac{\lambda}{2}}{\pi - 2}$$

۲۹۰- تراز صوتی یک چشمهٔ صوتی معین تا ۳۰dB افزایش می‌یابد. با چه ضریبی (الف) شدت آن و (ب) دامنهٔ فشار آن افزایش می‌یابد؟ SSM WWW

۴ـ۲۹ :

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad , \quad I = \frac{1}{2} \rho v \omega^2 s_m^2 \quad (*)$$

$$\Delta p_m = \rho v \omega s_m \quad (**)$$

$$\beta_2 - \beta_1 = 20\ dB$$

$$10 \log \frac{I_2}{I_0} - 10 \log \frac{I_1}{I_0} = 30 \Rightarrow 10 \log \frac{I_2}{I_1} = 30$$

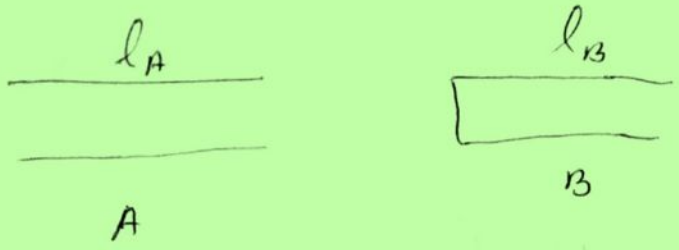
$$\log \left(\frac{I_2}{I_1}\right) = 3 \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 10^3$$

$$(*) \quad \frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{s_{m2}}{s_{m1}}\right)^2 \Rightarrow \frac{s_{m2}}{s_{m1}} = \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^{1/2} = (100)^{1/2}$$

$$(**) \quad \frac{\Delta p_{m2}}{\Delta p_{m1}} = \frac{s_{m2}}{s_{m1}} = \sqrt{100}$$

۴۲۰•- لولهٔ A ارگی، با دو سر باز، دارای بسامد اصلی ۲۰۰Hz است. هماهنگ سوم لولهٔ B ارگ، با یک انتهای باز، دارای بسامدی برابر با بسامد هماهنگ دوم لولهٔ A است. طول (الف) لولهٔ A و (ب) لولهٔ B چقدر است؟

۴۲- ۴



$v = ۳۴۳ \frac{m}{s}$ ، هاشور اول A $f'_A = ۳۰۰ Hz$

$f_B^۳ = f_A^۲$

B بیشترین $f_B^n = \frac{n v}{۴ l}$ ، A بیشترین $f_A^n = \frac{n v}{۲ l_A}$

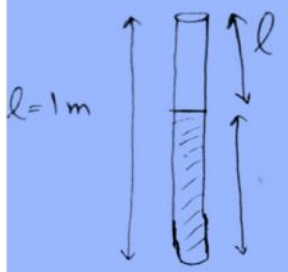
$f_B^۳ = f_A^۲ \Rightarrow \frac{۳ v}{۴ l_B} = \frac{۲ v}{۲ l_A} \Rightarrow l_B = \frac{۳}{۴} l_A$

$f'_A = ۳۰۰ = \frac{۱ \times v}{۲ l_A} \Rightarrow l_A = \frac{v}{۶۰۰} = \frac{۳۴۳}{۶۰۰}$

$l_B = \frac{۳}{۴} l_A = \frac{۳}{۴} \times \frac{۳۴۳}{۶۰۰}$

۴۴۰- سطح آب در یک لولهٔ شیشه‌ای قائم به طول ۱/۰۰m پر است. یک دیاپازن که در ۶۸۶Hz ارتعاش می‌کند درست بالای قسمت باز لوله نگهداشته می‌شود تا در هوای قسمت بالای لوله موج ایستاده برقرار شود. (هوای قسمت بالای لوله مانند لوله‌ای عمل می‌کند که یک سر آن بسته و سر دیگر آن باز است.) (الف) سطح آب در چند مکان متفاوت برای صوت حاصل از دیاپازن در قسمت پر از هوای لوله، که مانند لوله‌ای است که یک سر آن بسته (توسط آب) و انتهای دیگرش باز است تشدید ایجاد می‌کند؟ مطلوب است تعیین (الف) کمترین و (ب) دومین کمترین ارتفاع در لوله برای اینکه تشدید ایجاد شود.

۴۴ - ۴ :



فرکانس تشدید در لوله یک سر باز $\longrightarrow f = \frac{nv}{4\ell}$

$v = ۳۴۳ \ \frac{m}{s}$

$f = ۶۸۶ \ Hz$ دیاپازون

$$f = \frac{nv}{4\ell} \Rightarrow ۶۸۶ = \frac{n}{\ell} \times \frac{۳۴۳}{۴} \Rightarrow \frac{n}{\ell} = ۸$$

$$\Rightarrow \ell = \frac{n}{۸}$$

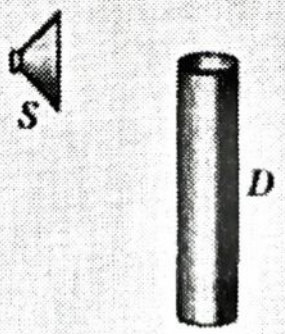
$$\ell \leq ۱ \Rightarrow \frac{n}{۸} \leq ۱$$

n می‌تواند حداکثر $n = ۸$ باشد

$n = ۱ \Rightarrow \ell_۱ = \frac{۱}{۸}$ (m) کمترین ارتفاع هوای بالای لوله که فاقد آب بوده و موج ایستاده تشکیل می‌شود

$n = ۲ \Rightarrow \ell_۲ = \frac{۲}{۸}$ (m)

۴۵۰- در شکل ۳۳-۴۱، S یک بلندگوی کوچک است که با یک نوسانگر صوتی با بسامد از ۱۰۰۰Hz تا ۲۰۰۰Hz کار می‌کند و D یک لولهٔ استوانه‌ای به طول ۴۵/۷cm با دو انتهای باز است. تندی صوت در هوای داخل لوله ۳۴۴m/s است. (الف) در چند بسامد صدای بلندگو در لوله تشدید ایجاد می‌کند؟ مطلوب است تعیین (الف) کمترین و (ب) دومین کمترین بسامدهایی که در آنها تشدید ایجاد می‌شود. SSM



۴۵ -

$f = 1000 - 2000$ Hz متغیر

$v = 344 \frac{m}{s}$

مرکانس شده در لوله دوسرباز

$f = \frac{nv}{2l} = \frac{nv}{2D}$

طول لوله

$f = \frac{n \times 344}{2 \times 4.85 \times 10^{-2}}$

$1000 \leq 3709.4\, n \leq 2000$

$\frac{1000}{3709.4} \leq n \leq \frac{2000}{3709.4}$

اعداد صحیح مثبت

$2.69 \leq n \leq 5.39$

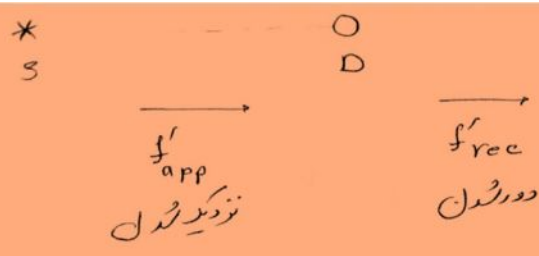
n می‌تواند 3، 4 و 5 باشد

$n = 3$ $\quad f_3 = 3 \times 3709.4$

$n = 4$ $\quad f_4 = 4 \times 3709.4$

$n = 5$ $\quad f_5 = 5 \times 3709.4$

۶۲۰۰- آشکارساز ساکنی بسامد یک چشمهٔ صوتی را اندازه‌گیری می‌کند که در ابتدا مستقیماً با سرعت ثابت به طرف آشکارساز حرکت می‌کند و سپس (پس از زد شدن از آشکارساز) مستقیماً با سرعت ثابت از آن دور می‌شود. بسامد گسیل شده f است. وقتی چشمه به آشکارساز نزدیک می‌شود بسامد برابر f'_{app} و وقتی از آن دور می‌شود بسامد برابر f''_{app} است. اگر $(f_{app} - f_{rec})/f = 0/500$ باشد، نسبت v/v_s تندی چشمه به تندی صوت چقدر است؟



+ دور شدن
- نزدیک شدن

$$f' = f \frac{v}{v \pm v_s}$$

D یا کل فضا و حرکت می کند

$$\frac{f'_{app} - f'_{rec}}{f} = 0.1$$

$$\frac{f\left(\frac{v}{v - v_s}\right) - f\left(\frac{v}{v + v_s}\right)}{f} = 0.1$$

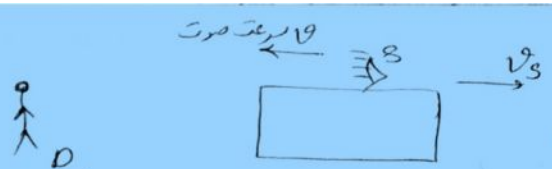
v را صورت و مخرج فاکتور می‌گیریم

$$\Rightarrow \frac{\frac{v}{v}\left[\frac{1}{1 - \frac{v_s}{v}} - \frac{1}{1 + \frac{v_s}{v}}\right]}{1} = 0.1$$

$$\Rightarrow \frac{1 + \frac{v_s}{v} - 1 + \frac{v_s}{v}}{1 - \left(\frac{v_s}{v}\right)^2} = \frac{1}{2} \quad \text{- - - -}$$

●●●۶۵- شخصی در نزدیکی پنجرهٔ باز قطاری که با سرعت ۱۰/۰۰m/s به طرف شرق حرکت می‌کند نشسته است. شخص دیگری در نزدیکی خط آهن ایستاده و دور شدن قطار را مشاهده می‌کند. لوکوموتیو سوت خود را با بسامد ۵۰۰/۰Hz به صدا در می‌آورد. هوا آرام است. (الف) شخص بیرون چه بسامدی را می‌شنود؟ (ب) شخص درون قطار چه بسامدی را می‌شنود؟ باد از شرق با تندی ۱۰/۰۰m/s شروع به وزیدن می‌کند. (پ) اکنون شخص بیرون چه بسامدی را می‌شنود؟ (ت) شخصی درون قطار چه بسامدی را می‌شنود؟

۴ - ۶۸ :



چشمه روی قطار متحرک دارد و همان سرعت قطار را دارا خواهد بود

$$f' = f \frac{v}{v \pm v_s}$$ در دور شدن چشمه (+)

$$f' = f \frac{v}{v + v_s}$$

$f = 500\ Hz$ نسبت به چشمه ناظر ساکن است

الف) $f' = 500 \times \frac{340}{340+10}$

ج) وزش باد از شرق به غرب سرعت باد در جهت انتشار صوت بوده ولذا سرعت صوت نسبت به زمین را تقویت میکند

v سرعت صوت نسبت به هوا

v_{wind} سرعت باد نسبت به زمین

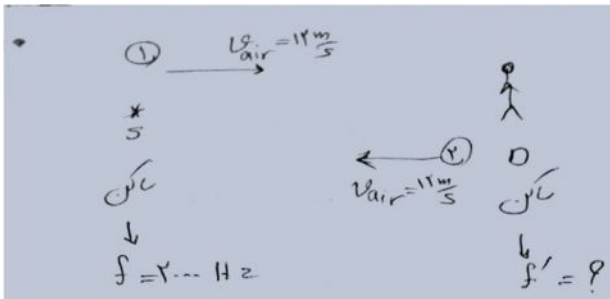
$v + v_{wind}$ سرعت صوت نسبت به زمین

$$f' = f \frac{v + v_{wind} \pm v_D}{v + v_{wind} \pm v_S}$$

$$f' = 500 \times \frac{340+10}{340+10+10}$$

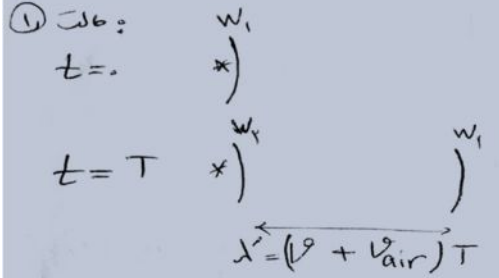
۶۷۰۰۰- آژیری با بسامد ۲۰۰۰Hz و مأمور پدافند شهری هر
دو نسبت به زمین ساکن هستند. مأمور چه بسامدی را می‌شنود
اگر بادی با تندی ۱۲m/s (الف) از چشمه به مأمور و (ب) از
مأمور به چشمه بوزد؟

۴- ۹۷ :



وزش باد بر حرکت لایه‌های هوا و لذا سرعت انتشار صوت در هوا تاثیری گذارد

حالت ①:



$$f' = \frac{v'}{\lambda'} = \frac{(v+v_{air})}{(v+v_{air})T} = \frac{1}{T} = f \Rightarrow f' = f$$

بنابراین در حالتی که S و D ساکن هستند و فقط باد بین آنها می‌وزد فرکانس صوت شنیده شده توسط D همان فرکانس چشمه است

حالت ② : مانند حالت ①