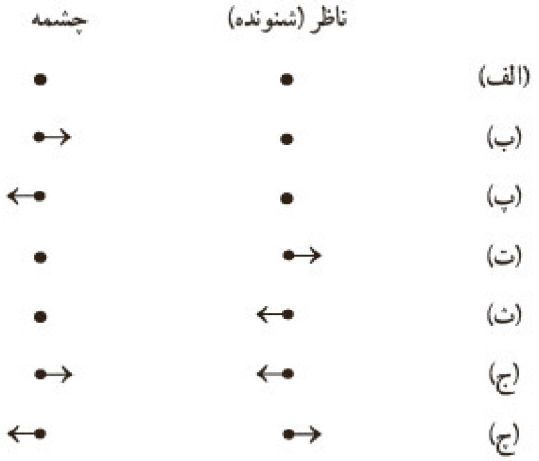
۱- شکل زیر جهت‌های حرکت یک چشمه‌ی صوتی و یک ناظر (شنونده) را در وضعیت‌های مختلف نشان می‌دهد.



بسامدی را که ناظر در حالت‌های مختلف می‌شوند با حالت الف مقایسه کنید.

« پاسخ »

اگر چشمه به طرف ناظر حرکت کند (حالت ب)، تجمع جبهه‌ای موج در جلوی آن بیش‌تر خواهد شد. بنابراین ناظر ساکن روبه‌روی آن طول موج کوتاه‌تری نسبت به وضعیتی که چشمه، ساکن بود اندازه می‌گیرد که این به معنی افزایش بسامد برای این ناظر است.

چشمه به ناظر نزدیک می‌شود. $f_{ب} > f_{الف}$

با دور شدن چشمه، از بسامدی که ناظر اندازه می‌گیرد کم می‌شود و بنابراین در حالت (پ) کاهش بسامد داریم.

چشمه از ناظر دور می‌شود. $f_{پ} > f_{الف}$

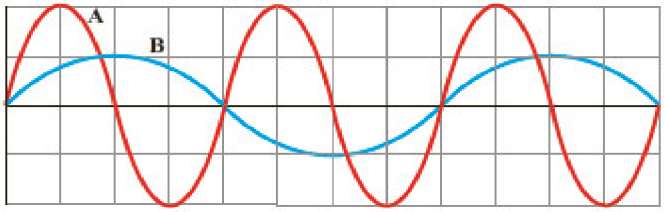
در حالت (ت) از چشمه دور شود به معنی کاهش بسامد خواهد بود.

ناظر از چشمه دور می‌شود. $f_{ت} > f_{الف}$

در حالت (ث) ناظر به هدف چشمه حرکت کند با جبهه‌های موج بیش‌تری مواجه می‌شود که به معنی افزایش بسامد است.

ناظر به چشمه نزدیک می‌شود. $f_{ث} > f_{الف}$

۲- نمودار جابه‌جایی - مکان دو موج صوتی A و B که در یک محیط منتشر شده‌اند، به صورت زیر است. دامنه، طول‌موج، بسامد و شدت این دو موج صوتی را با هم مقایسه کنید.



« **پاسخ** »

بر طبق شکل $A_A = ۲A_B \;,\; \lambda_B = ۲\lambda_A$

$$V_A = V_B \Rightarrow \frac{f_B}{f_A} = \frac{\frac{V_B}{\lambda_B}}{\frac{V_A}{\lambda_A}} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{۱}{۲}$$

$$\left.\begin{array}{l} E = ۲\pi^۲ mA^۲ f^۲ \\ I = \dfrac{\overline{P}}{۴\pi r^۲} = \dfrac{E}{۴\pi r^۲ t} \end{array}\right\} \Rightarrow I = \frac{۲\pi m A^۲ f^۲}{۴tr^۲}$$

$$\frac{I_B}{I_A} = \frac{A_B^۲ f_B^۲}{A_A^۲ f_A^۲} = \frac{A_B^۲ f_B^۲}{(۲A_B)^۲ (۲f_B)^۲} = \frac{۱}{۱۶} \Rightarrow I_A = ۱۶ I_B$$

۳- در یک آتش‌بازی، موشکی در بالای آسمان منفجر می‌شود. فرض کنید صوت به طور یک‌نواخت در تمام جهت‌ها منتشر شود. از جذب انرژی صوتی در محیط و نیز از بازتابی که ممکن است امواج صوتی از زمین پیدا کند چشم‌پوشی کنید. با فرض این‌که صوت با شدت $I = ۰/۱۰ \frac{W}{m^۲}$ به شنونده‌ای برسد که به فاصله‌ی $r_۱ = ۶۴۰\,m$ از محل انفجار قرار دارد، این صوت به شنونده‌ای که در فاصله‌ی $r_۲ = ۱۶۰\,m$ از محل انفجار قرار دارد با چه شدتی می‌رسد؟

« **پاسخ** »

$$I = \frac{\overline{P}}{A} = \frac{\overline{P}}{۴\pi r^۲} \Rightarrow \frac{I_۱}{I_۲} = \frac{\frac{\overline{P}}{۴\pi r_۱^۲}}{\frac{\overline{P}}{۴\pi r_۲^۲}} = \frac{r_۲^۲}{r_۱^۲} = \left(\frac{۱۶۰\,m}{۶۴۰\,m}\right)^۲ = \left(\frac{۱}{۴}\right)^۲$$

$$\frac{I_۱}{I_۲} = \left(\frac{۱}{۴}\right)^۲ \Rightarrow I_۲ = ۱۶ I_۱ = ۱۶ \times ۰/۱ \frac{W}{m^۲} = ۱/۶ \frac{W}{m^۲}$$

۴- یک دستگاه صوتی، صدایی با تراز شدت $\beta_۱ = ۹۰/۰\,dB$ و دستگاه صوتی دیگر، صدایی با تراز شدت $\beta_۲ = ۹۵/۰\,dB$ ایجاد می‌کند. شدت‌های مربوط به این دو تراز (برحسب $\frac{W}{m^۲}$) به ترتیب $I_۱$ و $I_۲$ هستند نسبت $\frac{I_۲}{I_۱}$ را تعیین کنید.

« **پاسخ** »

$$\beta_۲ - \beta_۱ = (۱۰\,dB)\,Log\left(\frac{I_۲}{I_۱}\right) \Rightarrow \frac{I_۲}{I_۱} = ۱۰^{\left(\frac{\Delta\beta}{۱۰\,dB}\right)} = ۱۰^{\left(\frac{۵\,dB}{۱۰\,dB}\right)} = ۱۰^{۰/۵} = ۳/۱۶$$

۵- اگر به مدت ۱۰ دقیقه در معرض صوتی با تراز شدت $۱۲۰\,dB$ باشیم، آستانه‌ی شنوایی به طور موقت از $۰\,dB$ به $۲۸\,dB$ افزایش می‌یابد. مطالعات نشان داده است که به طور متوسط اگر به مدت ۱۰ سال در معرض صدایی با تراز شدت $۹۲\,dB$ قرار گیریم، آستانه‌ی شنوایی به طور دائم به $۲۸\,dB$ افزایش می‌یابد. شدت‌های صوت مربوط به $۲۸\,dB$ و $۹۲\,dB$ چه‌قدر است؟ (راهنمایی: برای پاسخ دادن لازم است از ماشین‌حساب مناسب استفاده کنید.)

« **پاسخ** »

$$\beta_۱ = (۱۰\,dB)\,Log\frac{I_۱}{I_۰} \Rightarrow ۲۸\,dB = (۱۰\,dB)\,Log\left(\frac{I_۱}{۱۰^{-۱۲}\frac{W}{m^۲}}\right) \Rightarrow ۲/۸ = Log\left(\frac{I_۱}{۱۰^{-۱۲}\frac{W}{m^۲}}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{I_۱}{۱۰^{-۱۲}\frac{W}{m^۲}} = ۱۰^{۲/۸} \Rightarrow I_۱ = ۱۰^{۲/۸} \times ۱۰^{-۱۲}\frac{W}{m^۲} = ۱۰^{-۹/۲}\frac{W}{m^۲} = ۱۰^{-۱۰} \times ۱۰^{۰/۸}\frac{W}{m^۲}$$

$$I_۱ = ۶/۳۱ \times ۱۰^{-۱۰}\frac{W}{m^۲}$$

یا

$$\beta = (۱۰\,dB)\,Log\left(\frac{I}{I_۰}\right) \Rightarrow I = I_۰\,۱۰^{\left(\frac{\beta}{۱۰\,dB}\right)}$$

$$\beta_۱ = (۱۰\,dB)\,Log\left(\frac{I_۱}{I_۰}\right) \Rightarrow I_۱ = ۱۰^{-۱۲}\frac{W}{m^۲} \times ۱۰^{\left(\frac{۲۸\,dB}{۱۰\,dB}\right)} = ۶/۳۱ \times ۱۰^{-۱۰}\frac{W}{m^۲}$$

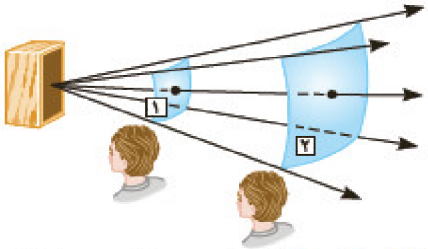
$$\beta_۲ = (۱۰\,dB)\,Log\left(\frac{I_۲}{I_۰}\right) \Rightarrow I_۲ = ۱۰^{-۱۲}\frac{W}{m^۲} \times ۱۰^{\left(\frac{۹۲\,dB}{۱۰\,dB}\right)} = ۱/۵۸ \times ۱۰^{-۳}\frac{W}{m^۲}$$

۶- شدت صدای حاصل از یک مته‌ی سنگ‌شکن در فاصله‌ی $۱۰/۰\,m$ از آن $۱/۰\times۱۰^{-۲}\,\frac{W}{m^۲}$ است. تراز شدت صوتی آن برحسب dB چه‌قدر می‌شود؟

« پاسخ »

$$\beta_۱=(۱۰\,dB)\,Log\left(\frac{I}{I_۰}\right)=(۱۰\,dB)\,Log\left(\frac{۱۰^{-۲}\,\frac{W}{m^۲}}{۱۰^{-۱۲}\,\frac{W}{m^۲}}\right)=۱۰^۲\,dB$$

۷- موجی صوتی با توان $۱/۲\times۱۰^{-۴}\,W$ از دو صفحه‌ی فرضی شکل روبه‌رو می‌گذرد. با فرض این‌که مساحت صفحه‌ها به‌ترتیب $A_۱=۴/۰\,m^۲$ و $A_۲=۱۲\,m^۲$ باشد، شدت صوت در دو سطح را تعیین کنید و توضیح دهید چرا شنونده در محل صفحه‌ی دوم، صدا را آهسته‌تر می‌شوند.



شکل ۳ـ۲۶ با انتشار صوت از چشمه، انرژی به‌طور عمود، نخست از سطح ۱ و سپس از سطح ۲ که مساحت بیشتری دارد، می‌گذرد.

« پاسخ »

$$I_۱=\frac{\overline{P}}{A_۱}=\frac{۱/۲\times۱۰^{-۴}\,W}{۴\,m^۲}=۳\times۱۰^{-۵}\,\frac{W}{m^۲}$$

$$I_۲=\frac{\overline{P}}{A_۲}=\frac{۱/۲\times۱۰^{-۴}\,W}{۱۲\,m^۲}=۱\times۱۰^{-۵}\,\frac{W}{m^۲}$$

شنونده دوم توان بر واحد سطح کم‌تری از شنونده اول دریافت می‌کند.

۸- تندی صوت در یک فلز خاص، برابر $V_{\text{فلز}}$ است. به یک سر لوله‌ی توخالی بلندی از جنس این فلز به طول L ضربه‌ی محکمی می‌زنیم. شنونده‌ای که در سر دیگر این لوله قرار دارد دو صدا را می‌شنود. یکی ناشی از موجی است که از دیواره‌ی لوله می‌گذرد و دیگری از موجی است که از طریق هوای داخل لوله عبور می‌کند.

الف) اگر تندی صوت در هوا $V_{\text{هوا}}$ باشد، بازه‌ی زمانی Δt بین دریافت این دو صدا در گوش شنونده چه‌قدر خواهد بود؟

ب) اگر $\Delta t = ۱/۰۰\,s$ و فلز از جنس فولاد باشد، طول L لوله چه‌قدر است؟ $\left(V_{\text{هوا}} = ۳۴۰\frac{m}{s}\right)$

« پاسخ »

الف) $V'_{\text{فلز}} > V_{\text{هوا}}$

$t'_{\text{فلز}} < t_{\text{هوا}}$

$$\Delta t = t - t' \Rightarrow \Delta t = \frac{L}{V} - \frac{L}{V'} \Rightarrow \Delta t = \frac{L(V' - V)}{V \times V'}$$

ب) $$\Delta t = \frac{L(V' - V)}{V \times V'} \Rightarrow ۱/۰۰\,s = \frac{L(۵۹۴۱ - ۳۴۰)}{۳۴۰ \times ۵۹۴۱} \Rightarrow ۱/۰۰\,s = \frac{۵۶۰۱\,L}{۲۰۱۹۹۴۰} \Rightarrow L = ۳۶۰/۶\,m$$

۹- در سونوگرافی معمولاً از کاوه‌ای دستی موسوم به تراگذار فراصوتی برای تشخیص پزشکی استفاده می‌شود که دقیقاً روی ناحیه‌ی موردنظر از بدن بیمار گذاشته و حرکت داده می‌شود. این کاوه در بسامد $۶/۷\,MHz$ عمل می‌کند.

الف) بسامد زاویه‌ای در این کاوه‌ی نوسان چه‌قدر است؟

ب) اگر تندی موج صوتی در بافتی نرم از بدن $۱۵۰۰\frac{m}{s}$ باشد، طول موج این موج در این بافت چه‌قدر است؟

« پاسخ »

الف) $$\omega = ۲\pi f \Rightarrow \omega = ۲(۳/۱۴)\left(۶/۷ \times ۱۰^{۶}\,Hz\right) = ۴۲/۰۷ \times ۱۰^{۶}\frac{rad}{s} = ۴/۲ \times ۱۰^{۷}\frac{rad}{s}$$

ب) $$\lambda = \frac{V}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{۱۵۰۰\frac{m}{s}}{۶/۷ \times ۱۰^{۶}\,Hz} \Rightarrow \lambda = ۲/۲۴ \times ۱۰^{-۴}\,m$$

۱۰- توضیح دهید کدام‌یک از عامل‌های زیر بر تندی صوت در هوا مؤثر است.

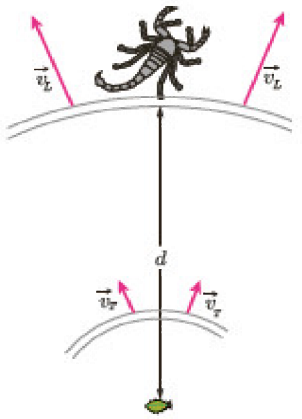
الف) شکل موج ب) دامنه‌ی موج پ) بسامد موج ت) دمای هوا

« پاسخ »

ت) دمای هوا

تندی انتشار صوت در محیط علاوه بر جنس محیط به دمای محیط نیز بستگی دارد. اما شکل موج، دامنه موج، بسامد موج که از مشخصات چشمه موج هستند، بر تندی صوت تأثیر ندارند.

۱۱- عقرب‌های ماسه‌ای وجود طعمه را با امواجی که بر اثر حرکت طعمه در ساحل شنی ایجاد می‌شود، احساس می‌کنند. این امواج که در سطح ماسه منتشر می‌شوند، بر دو نوع‌اند. امواج عرضی با تندی $V_T = ۵۰\frac{m}{s}$ و امواج طولی با تندی $V_L = ۱۵۰\frac{m}{s}$.



عقرب ماسه‌ای می‌تواند با استفاده از اختلاف زمانی بین زمان رسیدن این امواج به نزدیک‌ترین پای خود، فاصله‌ی خود از طعمه را تعیین کند. اگر این اختلاف زمان برابر $\Delta t = ۴/۰\frac{m}{s}$ باشد، طعمه در چه فاصله‌ای از عقرب قرار دارد؟

« **پاسخ** »

$$V_L > V_T \Rightarrow (\Delta t)_L < (\Delta t)_T$$
$$(\Delta t)_L = t_L \;\; ; \;\; (\Delta t)_T = t_T$$
$$\Delta t = t_T - t_L \Rightarrow \Delta t = \frac{d}{V_T} - \frac{d}{V_L} \Rightarrow ۴/۰ \times ۱۰^{-۳}\,s = \frac{d}{۵۰\frac{m}{s}} - \frac{d}{۱۵۰\frac{m}{s}} = \frac{۲d}{۱۵۰\frac{m}{s}}$$
$$d = \frac{۱۵۰ \times ۴/۰ \times ۱۰^{-۳}\,m}{۲} = ۰/۳m = ۳۰\,cm$$

۱۲- چشمه‌ی موجی با بسامد $۱۰\,Hz$ در یک محیط که تندی انتشار موج در آن $۱۰۰\frac{m}{s}$ است، نوسان‌هایی طولی ایجاد می‌کند. اگر دامنه‌ی نوسان‌ها $۴/۰\,cm$ باشد:

الف) فاصله‌ی بین دو تراکم متوالی این موج چه‌قدر است؟

ب) فاصله‌ی بین یک تراکم و یک انبساط متوالی چه‌قدر است؟

« **پاسخ** »

الف) فاصله بین دو تراکم متوالی (یا دو انبساط متوالی) λ است.

$$\lambda = \frac{V}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{۱۰۰\frac{m}{s}}{۱۰\,Hz} = ۱۰\,m$$

ب) فاصله بین یک تراکم و یک انبساط متوالی $\frac{\lambda}{۲}$ است.

$$\frac{\lambda}{۲} = ۵m$$

۱۳- الف) طول‌موج نور نارنجی در هوا حدود $۶/۲۰ \times ۱۰^{-۷}\,m$ است، بسامد این نور چند هرتز است؟

ب) بسامد نور قرمز در حدود $۴/۳۰ \times ۱۰^{۱۴}\,Hz$ است. طول‌موج این نور را در هوا و آب حساب کنید. (سرعت نور را در هوا $۳/۰ \times ۱۰^{۸}\,\frac{m}{s}$ و در آب $۲/۲۵ \times ۱۰^{۸}\,\frac{m}{s}$ فرض کنید.)

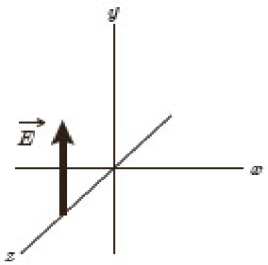
« پاسخ »

الف) $f = \frac{C}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{۳ \times ۱۰^{۸}\,\frac{m}{s}}{۶/۲۰ \times ۱۰^{-۷}} = ۴/۸ \times ۱۰^{۱۴}\,Hz$

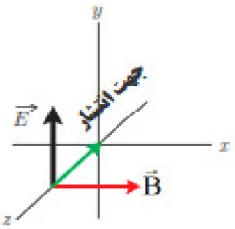
ب) $\lambda = \frac{C}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{۳/۰ \times ۱۰^{۸}\,\frac{m}{s}}{۴/۳۰ \times ۱۰^{۱۴}} = ۶/۹ \times ۱۰^{-۷}\,m$

$$\lambda = \frac{۲/۲۵ \times ۱۰^{۸}\,\frac{m}{s}}{۴/۳۰ \times ۱۰^{۱۴}} = ۵/۲ \times ۱۰^{-۷}\,m$$

۱۴- شکل روبه‌رو میدان الکتریکی یک موج الکترومغناطیسی سینوسی را در نقطه‌ای معیّن و دور از چشمه، در یک لحظه نشان می‌دهد. موج انرژی را در خلاف جهت محور z انتقال می‌دهد. جهت میدان مغناطیسی ومج را در این نقطه و این لحظه تعیین کنید.



« پاسخ »



۱۵- شکل زیر طیف موج‌های الکترومغناطیسی را با یک مقیاس تقریبی نشان می‌دهد.
الف) نام قسمت‌هایی از طیف را که با حروف علامت‌گذاری شده‌اند، بنویسید.
ب) اگر در طول طیف از چپ به راست حرکت کنیم، مقدار کدام مشخصه‌های موج افزایش یا کاهش می‌یابد و کدام ثابت می‌ماند؟

پرتوهای γ	پرتوهای x	P	Q	R	S

« **پاسخ** »

الف)

پرتوهای	پرتوهای	فرابنفش	نور مرئی	فروسرخ	رادیویی
γ	X	P	Q	R	S
طول موج افزایش می‌یابد / بسامد کاهش می‌یابد					

ب) سرعت ثابت می‌ماند. طول‌موج افزایش می‌یابد. بسامد و انرژی موج کاهش می‌یابد.

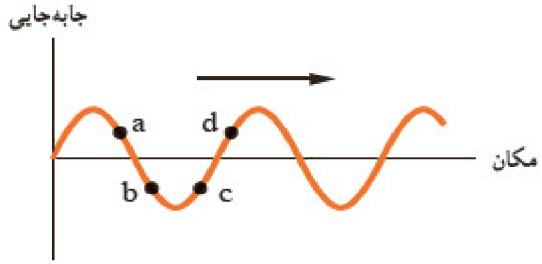
۱۶- سیمی با چگالی $۷/۸۰ \frac{g}{cm^۳}$ و سطح مقطع $۰/۵۰ mm^۲$ بین دو نقطه با نیروی $۱۵۶ N$ کشیده شده است. تندی انتشار موج عرضی را در این سیم محاسبه کنید.

« **پاسخ** »

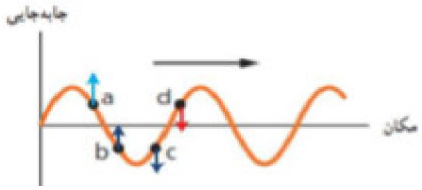
$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{FL}{M}} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{FL}{\rho V}} = \sqrt{\frac{FL}{\rho AL}} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$$

$$\Rightarrow V = \sqrt{\frac{۱۵۶ N}{\left(۷/۸ \times ۱۰^{۳} \frac{Kg}{m^۳}\right) \times ۰/۵۰ \times ۱۰^{-۶}}} = ۲۰۰ \frac{m}{s}$$

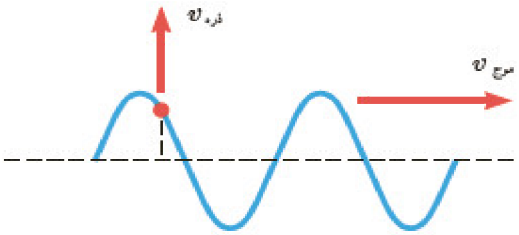
۱۷- شکل زیر یک موج سینوسی را در لحظه‌ای از زمان نشان می‌دهد که در جهت محور x در طول ریسمان کشیده شده‌ای حرکت می‌کند. چهار جزء از این ریسمان روی شکل نشان داده شده‌اند. در این لحظه هریک از این چهار جزء بالا می‌روند یا پایین؟



« **پاسخ** »



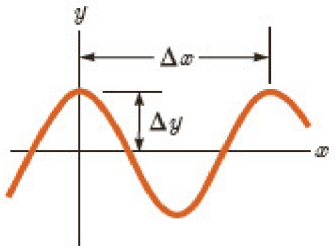
۱۸- شکل زیر موجی عرضی در یک ریسمان را نشان می‌دهد که با تندی $V_{موج}$ به سمت راست حرکت می‌کند، در حالی‌که تندیِ ذره‌ی نشان داده شده‌ی ریسمان $V_{ذره}$ است. آیا این دو تندی با هم برابرند؟ توضیح دهید.



« **پاسخ** »

تندی انتشار موج (V موج) به جنس و ویژگی‌های محیط انتشار بستگی دارد و از رابطه $V=\sqrt{\frac{F}{\mu}}$ به دست می‌آید. هر ذره نیز با انتشار موج در محیط با تندی (V ذره) نوسان می‌کند که در نقاط مختلف متغیر است. در شکل داده شده V ذره بر V موج عمود است.

۱۹- در نمودار جابه‌جایی - مکانِ موجِ عرضیِ شکل زیر $\Delta x = ۴۰/۰\,cm$ و $\Delta y = ۱۵/۰\,cm$ است. اگر بسامد نوسان‌های چشمه $۸/۰۰\,Hz$ باشد، طول موج، دامنه، تندی و دوره‌ی تناوب موج چه‌قدر است؟



« **پاسخ** »

$\lambda = \Delta x = ۴۰/۰\,cm$

$A = \Delta y = ۱۵/۰\,cm$

$\lambda = \frac{V}{f} \Rightarrow ۴۰ \times ۱۰^{-۲}\,m = \frac{V}{۸\,Hz} \Rightarrow V = ۳/۲\frac{m}{s}$

$T = \frac{۱}{f} \Rightarrow T = \frac{۱}{۸}s = ۰/۱۲۵\,s$