پاسخنامه تشریحی

۱ انرژی

۲

الف

$^{۴}_{۲}He$

ب

γ

۳ ۱) ب ۲) ث ۳) الف ۴) ت

۴ میزان کشیدگی اولیهٔ فنر همان دامنهٔ نوسان است. همچنین نوسانگر برای اولین بار در $t = \frac{T}{۴}$ از نقطهٔ تعادل عبور می‌کند.

$$\frac{T}{۴} = ۰/۲۵ \Rightarrow T = ۱s$$

$$x = A\cos(\frac{۲\pi}{T})t \Rightarrow x = ۰/۱\cos ۲\pi t$$

۵ گام اول: با توجه به اینکه جسمی به جرم $۱kg$ به انتهای فنر آویزان کرده‌ایم و فنر $۵cm$ کشیده شده است، ثابت فنر برابر است با:

$$F_e = W \Rightarrow kx = mg$$

$$\Rightarrow k \times (۰/۰۵m) = (۱kg)(۱۰\frac{N}{kg})$$

$$\Rightarrow k = \frac{۱۰N}{۰/۰۵m} = ۲۰۰\frac{N}{m}$$

گام دوم: وقتی به این فنر جرم ۲ کیلوگرمی را وصل می‌کنیم، براساس رابطهٔ $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ بسامد زاویه برابر می‌شود با:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{۲۰۰\frac{N}{m}}{۲kg}} = \sqrt{۱۰۰}\frac{rad}{s} = ۱۰\frac{rad}{s}$$

گام سوم: بنابراین معادلهٔ مکان - زمان نوسانگر که $۱۰cm$ روی سطح افقی کشیده شده است، در SI به‌صورت زیر می‌شود:

$$A = ۱۰cm = ۰/۱m \Rightarrow x(t) = A\cos\omega t = ۰/۱\cos ۱۰t$$

۶ وقتی دورهٔ تناوب نصف می‌شود، در واقع بسامد نوسان دو برابر شده است. انرژی مکانیکی نوسانگر ساده با مربع دامنه و مربع بسامد رابطهٔ مستقیم دارد. بنابراین:

$$\frac{E_۲}{E_۱} = (\frac{A_۲}{A_۱})^۲ \times (\frac{f_۲}{f_۱})^۲ = (\frac{۳}{۱})^۲ \times (\frac{۲}{۱})^۲ = ۹ \times ۴ = ۳۶$$

۷ الف) به‌طور کلی اگر دورهٔ تناوب یک ساعت آونگ‌دار (با آونگ ساده) بزرگ‌تر شود، ساعت عقب می‌افتد و اگر دورهٔ تناوب آن کوچک‌تر شود، ساعت جلو می‌افتد.

طبق رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$، با کاهش شتاب گرانشی g، دورهٔ تناوب بزرگ‌تر شده و ساعت عقب می‌افتد.

ابتدا دورهٔ تناوب آونگ در شهر B را به دست می‌آوریم:

$$\frac{T_B}{T_A} = \sqrt{\frac{g_A}{g_B}} \Rightarrow \frac{T_B}{T_A} = \sqrt{\frac{۹/۸}{۹/۶}} = ۱/۰۱ \xrightarrow{T_A = ۱s} T_B = ۱/۰۱s$$

یعنی در هر $۱/۰۱s$، آونگ در شهر B به اندازهٔ $۰/۰۱s$ عقب می‌افتد. بنابراین در یک شبانه‌روز داریم:

$$\begin{array}{c|c} ۱/۰۱s & ۰/۰۱s \\ \hline ۲۴h & x \end{array} \Rightarrow x = \frac{۲۴h \times ۰/۰۱}{۱/۰۱} \simeq ۰/۲۴h \xrightarrow{\times ۶۰} ۱۴/۴min$$

بنابراین در شهر جدید ساعت در مدت یک شبانه‌روز ۱۴/۴ دقیقه عقب می‌افتد.

۸ ابتدا دورهٔ تناوب آونگ را به دست می‌آوریم:

$$T = \frac{t}{n} = \frac{۶۰s}{۴۰} = ۱/۵s$$

حالا با استفاده از رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$، مقدار g را به دست آوریم.

$$T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow g = \frac{۴\pi^۲ L}{T^۲} = \frac{۴ \times (۳/۱۴)^۲ \times (۵۶ \times ۱۰^{-۲} m)}{(۱/۵ s)^۲} \simeq ۹/۸۱ \frac{m}{s^۲}$$

۹ گام اول: تندی موج را تعیین می‌کنیم:

$$v = \lambda f = (۵ \times ۱۰^{-۳} m)(۶۷ kHz) = (۵ \times ۱۰^{-۳} m) \times (۶۷ \times ۱۰^{۳} Hz) = ۳۳۵ m/s$$

گام دوم: موج ارسالی یک رفت و برگشت کامل را انجام می‌دهد؛ پس:

$$\Delta t = \frac{L}{v} = \frac{۲ \times ۱۳۴ m}{۳۳۵ m/s} = \frac{۴}{۵} s = ۰/۸ s$$

۱۰ با توجه به رابطهٔ شعاع مدارهای الکترون در اتم هیدروژن داریم:

$$r_n = a_۰ n^۲ \Rightarrow \begin{cases} n = ۲ \Rightarrow r_۲ = ۴a_۰ \\ n = ۴ \Rightarrow r_۴ = ۱۶a_۰ \end{cases} \Rightarrow \Delta r = ۱۶a_۰ - ۴a_۰ = ۱۲a_۰ (I)$$

$$r_n = a_۰ n^۲ \Rightarrow \begin{cases} n = ۲ \Rightarrow r_۲ = ۴a_۰ \\ n = ۳ \Rightarrow r_۳ = ۹a_۰ \end{cases} \Rightarrow \Delta r = ۹a_۰ - ۴a_۰ = ۵a_۰ (II)$$

$$\frac{(I)}{(II)} = \frac{۱۲ \cancel{a_۰}}{۵ \cancel{a_۰}} = ۲/۴$$

۱۱

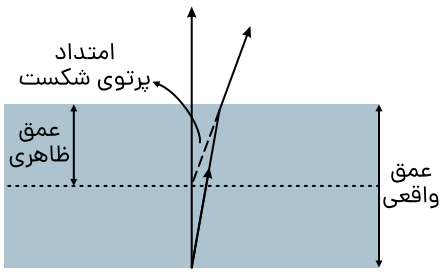
$$\frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{n'^۲} - \frac{۱}{n^۲}) \xrightarrow[n=\infty]{\text{کوتاه‌ترین طول موج}} \frac{۱}{\lambda} = \frac{۱}{۱۰۰}(\frac{۱}{۴^۲} - \frac{۱}{\infty}) \Rightarrow \lambda = ۱۶۰۰ nm$$

۱۲

$$T = \frac{t}{n} = \frac{۶۰}{۹۰} = \frac{۲}{۳} \rightarrow \omega = \frac{۲\pi}{T} = ۳\pi \frac{rad}{s}$$

$$a = \omega^۲ x \Rightarrow a = ۹\pi^۲ \times ۹ \times ۱۰^{-۳} = ۸/۱ \times ۱۰^{-۱} \frac{m}{s^۲}$$

۱۳



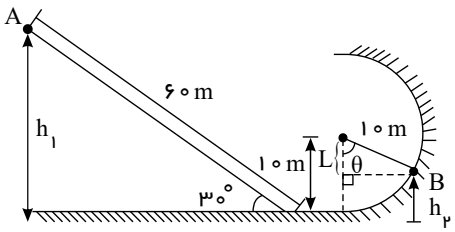
پرتویی که از انتهای استخر می‌تابد، هنگام ورود به هوا دچار شکست می‌شود و سپس به چشم ما می‌رسد. از آنجایی که امتداد پرتوی شکست بالاتر از محل واقعی تابش پرتو قرار دارد؛ ما کف استخر را بالاتر می‌بینیم.

۱۴ رادرفورد مشاهده کرد که بیشتر ذره‌ها بدون انحراف یا با انحراف اندکی عبور می‌کردند، اما برخی از آنها با زاویه‌های بزرگ منحرف شدند یا کاملاً بازگشتند؛ بنابراین $n_۱ > n_۳$ و $\frac{n_۱}{n_۳} > ۱$.

۱۵

$$P = \frac{E}{t} \xrightarrow[t=۱s]{E=\frac{nhc}{\lambda}} \frac{P_A}{P_B} = \frac{n_A}{n_B} \times \frac{\lambda_B}{\lambda_A} \xrightarrow[\lambda_B=۴۰۰nm]{\lambda_A=۶۰۰nm} ۱ = \frac{n_A}{n_B} \times \frac{۴۰۰}{۶۰۰} \Rightarrow \frac{n_A}{n_B} = \frac{۳}{۲}$$

۱۶



$$W_t = K_B - K_A \Rightarrow W_{mg} + W_f = \frac{۱}{۲} m v_B^۲ - \frac{۱}{۲} m v_A^۲$$

$$\Rightarrow W_{mg} - ۲۰۰ = \frac{۱}{۲} \times ۴ \times ۲۰^۲ - ۰ \Rightarrow W_{mg} = ۱۰۰۰ J$$

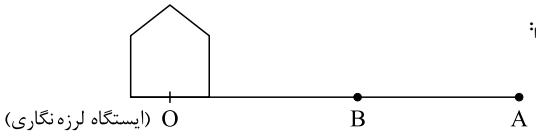
$$\Delta U = -W_{mg} \Rightarrow mg(h_۲ - h_۱) = -۱۰۰۰ \Rightarrow ۴ \times ۱۰ \times (h_۲ - ۶۰ \times \sin ۳۰^\circ) = -۱۰۰۰ \Rightarrow h_۲ - ۳۰ = -۲۵ \Rightarrow h_۲ = ۵m$$

$$L = ۱۰ - ۵ = ۵m$$

$$\cos\theta = \frac{۵}{۱۰} = \frac{۱}{۲} \Rightarrow \theta = ۶۰^\circ$$

۱۷

مطابق شکل وضعیت نقطه‌های A و B نسبت به ایستگاه لرزه‌نگاری نمایش داده شده است، با کمک اختلاف زمانی داریم:



$$v = \frac{x}{t} \Rightarrow (t_P = \frac{x}{v_p}, t_s = \frac{x}{v_s}) \Rightarrow \Delta t = t_s - t_p = \frac{x}{v_s} - \frac{x}{v_p} \Rightarrow \Delta t = x(\frac{۱}{v_s} - \frac{۱}{v_p}) \Rightarrow \Delta t = \frac{x(v_p - v_s)}{v_s v_p} \Rightarrow x = \frac{v_s v_p}{v_p - v_s}\Delta t \quad (I)$$

با استفاده از رابطهٔ (I) داریم:

برای نقطه A:

$$x_A = OA = \frac{۴ \times ۸}{۸ - ۴}(۲۷۰) = ۸ \times ۲۷۰ = ۲۱۶۰km$$

برای نقطه B:

$$x_B = OB = \frac{۴ \times ۸}{۸ - ۴}(۴۵) = ۸ \times ۴۵ = ۳۶۰km$$

فاصلهٔ AB برابر است با:

$$AB = OA - OB = ۲۱۶۰ - ۳۶۰ = ۱۸۰۰km$$

۱۸

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{FL}{m}} \rightarrow v = \frac{\sqrt{۱٫۲ \times ۴}}{۰٫۶} = ۲\sqrt{۲} = ۲٫۸\frac{m}{s} \xrightarrow{\lambda = \frac{v}{f}} \lambda = \frac{۲٫۸}{۲٫۸} = ۱m$$

۱۹

$$\frac{۱}{\lambda} = R\left(\frac{۱}{n'^۲} - \frac{۱}{n^۲}\right) \rightarrow \frac{۱}{\lambda} = \frac{۱}{۱۰۰}\left(\frac{۱}{۴^۲} - \frac{۱}{\infty^۲}\right) \Rightarrow \lambda = ۱۶۰۰nm$$

$$\xrightarrow{E = \frac{hc}{\lambda}} E = \frac{۱۲۴۰}{۱۶۰۰} = ۰٫۷۷۵eV$$

۲۰

$$\Delta\beta = ۱۰\log\frac{I_۲}{I_۱} \rightarrow ۴۰ = ۱۰\log\frac{I_۲}{I_۱} \Rightarrow \frac{I_۲}{I_۱} = ۱۰^۴$$