

پاسخ سوالات آزمون‌های سراسری ۱۴۰۱

(۱)  $\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t \Rightarrow 200 = \frac{1}{2}a(4)^2 + 4v_0 \Rightarrow 200 = 8a + 4v_0$  (I)

(۳)  $\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t \Rightarrow 400 = \frac{1}{2}a \times (16)^2 + 16v_0 \Rightarrow 400 = 128a + 16v_0$  (II)

حال با حل دستگاه دو معادله دو مجهول شتاب حرکت را حساب می‌کنیم

$$\begin{cases} -4(8a + 4v_0) = 200 \\ 128a + 16v_0 = 400 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -32a - 16v_0 = -800 \\ 128a + 16v_0 = 400 \end{cases} \xrightarrow{+} 96a = -400$$

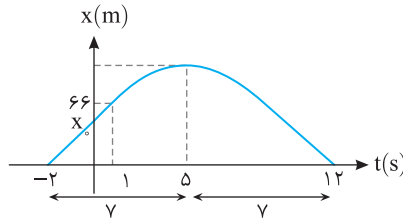
$\Rightarrow a = \frac{-400}{96} \Rightarrow a = \frac{-25}{6} \text{ m/s}^2$

بزرگی شتاب خواسته شده است از این‌رو:

$|a| = \frac{25}{6} \text{ m/s}^2$

C ۲۱۰۵

**نکته:** نمودار مکان - زمان حرکت با شتاب ثابت یک سهمی است و سهمی نسبت به محور گذرا از رأس سهمی دارای تقارن است.



با توجه به نمودار ریشه‌های این سهمی  $t=12s$  و  $t=-2s$  است. بنابراین معادله آن خواهد شد:

$x = A(t-12)(t+2)$

باید مختصات  $t=1s$  و  $x=66m$  در این معادله صدق کند.

$66 = A(1-12)(1+2) \Rightarrow A = -2$

معادله را کامل می‌کنیم.

$x = -2(t-12)(t+2)$

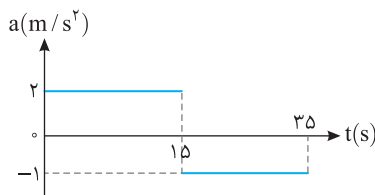
اکنون کافی است که در این معادله  $t=0$  را قرار داده و مکان اولیه را حساب کنیم:

$x_0 = -2(0-12)(0+2) \Rightarrow x_0 = 48m$

B ۲۱۰۶

**خط فکری:** نمودار شتاب - زمان، اطلاعات خاصی از حرکت به ما نمی‌دهد بنابراین از نقاط روی نمودار استفاده کرده و به کمک روابط حرکت با شتاب ثابت مسئله را حل می‌کنیم. سرعت و مکان متحرک در  $t=2s$  به ما داده شده است، با استفاده از آن‌ها و با توجه به اینکه در بازه  $2s$  تا  $15s$ ، شتاب ثابت و  $12m/s^2$  است مکان و سرعت متحرک در  $t=15s$  را حساب کرده سپس در بازه  $15s$  تا  $35s$  نیز به کمک معادله مکان - زمان حرکت با شتاب ثابت مکان در  $t=35s$  را به دست می‌آوریم.

۱ در لحظه  $t=2s$ ، مکان  $-16m$  و سرعت  $-6m/s$  و شتاب ثابت  $2m/s^2$  است بنابراین مکان در لحظه  $t=15s$  خواهد شد:



$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \Rightarrow x_1 = \frac{1}{2} \times 2 \times (13)^2 + (-6) \times 13 + (-16)$

$x_1 = 169 + (-78) - 16 \Rightarrow x_1 = 75m$

A ۲۱۰۱

امواج مکانیکی برای انتشار نیاز به محیط مادی دارند. امواج صوتی از نوع امواج مکانیکی هستند بنابراین برای انتشار نیاز به محیط مادی دارند. پرتوهای X، رادیویی و فرسوخ از جنس امواج الکترومغناطیسی بوده و می‌توانند در خلأ منتشر شوند و برای انتشار به محیط مادی نیاز ندارند.

A ۲۱۰۴

**پدافوری:** انرژی الکترون در ترازهای اتم هیدروژن از رابطه  $E_n = \frac{-E_R}{n^2}$  به دست می‌آید.

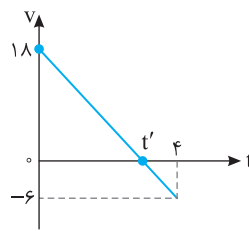
در اتم هیدروژن  $n=1$  تراز پایه،  $n=2$  اولین حالت برانگیخته و تراز  $n=3$  دومین حالت برانگیخته است، انرژی در دو حالت را می‌نویسیم و بر هم تقسیم می‌کنیم/

$$E_A = \frac{-E_R}{n^2} \Rightarrow \begin{cases} E_3 = \frac{-E_R}{3^2} = \frac{-E_R}{9} \\ E_1 = \frac{-E_R}{1^2} = -E_R \end{cases} \xrightarrow{\div} \frac{E_3}{E_1} = \frac{\frac{-E_R}{9}}{-E_R} = \frac{1}{9}$$

B ۲۱۰۳

**خط فکری:** برای به دست آوردن تندی متوسط و یا مسافت طی شده بهتر است نمودار سرعت - زمان ( $v-t$ ) متحرک را رسم کرده و از سطح زیر نمودار کمک گرفت.

۱ نمودار  $v-t$  در بازه صفر تا  $4s$  را رسم می‌کنیم



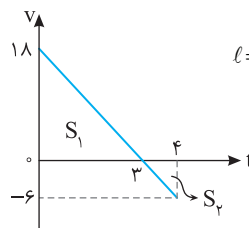
$$v = -6t + 18 \begin{cases} t=0 \rightarrow v = 18 \text{ m/s} \\ t=4s \rightarrow v = -6 \text{ m/s} \end{cases}$$

۲ لحظه  $t'$  لحظه تغییر جهت حرکت متحرک یعنی لحظه‌ای که  $v=0$  است:

$v = -6t + 18 \xrightarrow{v=0} -6t' + 18 = 0 \Rightarrow t' = 3s$

۳ مسافت طی شده را حساب می‌کنیم:

$l = S_1 + S_2 \Rightarrow l = \frac{3 \times 18}{2} + \frac{1 \times 6}{2} = 27 + 3 = 30m$



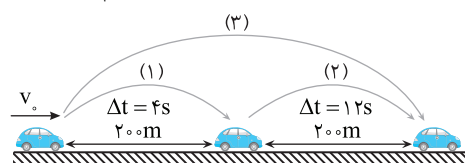
۴ تندی متوسط برابر است با:

$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} \Rightarrow s'_{av} = \frac{30}{4} = 7.5 \text{ m/s}$

B ۲۱۰۴

**خط فکری:** بازه زمانی  $t_1$  تا  $t_2 = t_1 + 16(s)$  یعنی کل مدت مورد بررسی  $16s$  است. و در این  $16s$ ، متحرک  $400m$  جابه‌جا شده است. بنابراین نصف این مسیر یعنی  $200m$  را در  $4s$  و  $200$  متر بعدی را در  $12-4=8s$  طی کرده است. از این رو کافی شما از معادله جابه‌جایی - مکان در حرکت با شتاب ثابت یک بار در  $4s$  و بار دیگر در کل مدت  $16s$  استفاده کنید.

مسیر حرکت را رسم می‌کنیم و با توجه به اینکه جابه‌جایی متحرک در زمان‌های مختلف داده شده است. برای مسیرهای (۱) و (۳) معادله  $\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t$  را می‌نویسیم.



**۱ ۲۱۰۹ B**

۱ ابتدا نیروهای وارد بر قطعه چوب را رسم می‌کنیم. دقت کنید قطعه چوب در آستانه لغزش رو به پایین قرار دارد و در نتیجه نیروی اصطکاک بیشینه ( $f_{s_{max}}$ ) و رو به بالا است.

۲ نیروی اصطکاک آستانه حرکت را حساب می‌کنیم.

$$f_{s_{max}} = 0 \Rightarrow f_{s_{max}} = F_1 + mg \xrightarrow{F_1 = 3/5 N, m = 2/5 kg} f_{s_{max}} = 3/5 + 2/5 = 6/5 N$$

۳ نیرویی که دیوار به چوب وارد می‌کند از رابطه  $R = \sqrt{f_{s_{max}}^2 + F_N^2}$  به دست

می‌آید نیروی عمودی سطح خواهد شد.

$$R = \sqrt{f_{s_{max}}^2 + F_N^2} \Rightarrow 1 = \sqrt{6^2 + F_N^2} \Rightarrow 1 = 36 + F_N^2 \Rightarrow F_N = 8 N$$

۴  $f_{s_{max}}$  برابر  $\mu_s F_N$  است:

$$f_{s_{max}} = \mu_s F_N \Rightarrow 6 = \mu_s \times 8 \Rightarrow \mu_s = \frac{6}{8} = 0.75$$

**۳ ۲۱۱۰ B**

**خط فکری** ابتدا دوره حرکت را به دست می‌آوریم. با توجه به شکل:

$$\Delta \frac{\lambda}{v} = 25 \Rightarrow \lambda = 2 \text{ cm} = 0.02 \text{ m}$$

$$\lambda = vT \Rightarrow \frac{2}{10} = 10 \times T \Rightarrow T = 0.02 \text{ s}$$

حال برای بررسی گزاره (الف) دقت کنید که گفته شده مسافتی که موج در هر ثانیه طی می‌کند، با توجه اینکه سرعت انتشار موج  $10 \text{ m/s}$  است پس این مسافت برابر است با:  $\Delta x = vt = 10 \times 1 = 10 \text{ m}$

پس گزاره (الف) نادرست است.

گزاره (ب): هر ذره از محیط در مدت یک نوسان، مسافت  $4A$  را طی می‌کند. بنابراین با توجه به اینکه  $T = 0.02 \text{ s}$  است، در  $1/0.02 = 50$  ثانیه تعداد نوسان‌های هر ذره از محیط برابر است با:

$$N = \frac{t}{T} = \frac{0.01}{0.02} = \frac{1}{2}$$

و ذره مسافت  $2A$  یعنی  $4 \text{ cm}$  را طی می‌کند و این گزاره درست است.

گزاره (پ) در مورد جابه‌جایی است. اگر ذره‌ای در نقطه تعادل باشد بعد از  $1/0.1 \text{ s}$  یعنی  $\frac{T}{2}$  مجدداً در نقطه تعادل است و جابه‌جایی‌اش صفر است. و اگر ذره‌ای در مکان

بیشینه باشد پس از  $\frac{T}{4}$  در مکان کمینه قرار دارد و جابه‌جایی آن برابر  $2A$  خواهد شد.

پس جابه‌جایی بستگی به مکان اولیه ذره دارد و این گزاره نادرست است.

بررسی گزاره (ت):  $1/0.02 = 50$  برابر یک دوره است و جابه‌جایی هر ذره در مدت یک دوره همواره برابر صفر است. پس گزاره‌های (ب) و (ت) درست‌اند.

**۴ ۲۱۱۱ B**

**خط فکری** برای به دست آوردن نسبت سرعت‌ها در دو محیط ( $v_1/v_2$ ) باید از قانون شکست عمومی استفاده کنید. اما قبل از آن باید زاویه تابش ( $\theta_1$ ) و زاویه شکست ( $\theta_2$ ) را به کمک شکل مشخص کنید.

**نکته** زاویه‌ای که جبهه موج با مرز بین دو محیط می‌سازد برابر زاویه‌ای است که پرتو آن با خط عمود بر مرز می‌سازد.

۱ با توجه به نکته بالا نمودار پرتویی به صورت روبه‌رو بوده و زاویه تابش و زاویه شکست به ترتیب برابر  $\theta_1 = 37^\circ$  و  $\theta_2 = 3^\circ$  است.

۲ سرعت در لحظه  $t = 1.5 \text{ s}$  را حساب می‌کنیم

$$v_1 = at + v_0 \Rightarrow v_1 = 2 \times 1.5 - 6 \Rightarrow v_1 = 2 \text{ m/s}$$

۳ سرعت  $v_1 = 2 \text{ m/s}$  سرعت اولیه قسمت دوم حرکت و مکان  $x_1 = 7.5 \text{ m}$

مکان اولیه این قسمت است بنابراین می‌توان به کمک معادله مکان - زمان مکان در  $t = 3.5 \text{ s}$  را حساب کرد.

$$x_2 = \frac{1}{2} a_2 t_2^2 + v_1 t_2 + x_1 \Rightarrow x_2 = \frac{1}{2} \times (-1) \times (2.0)^2 + 2.0 \times 2.0 + 7.5$$

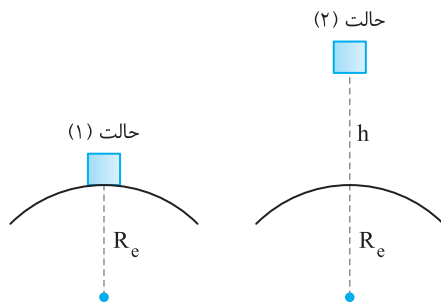
$$x_2 = -2.0 + 4.0 + 7.5 \Rightarrow x_2 = 27.5 \text{ m} \Rightarrow \bar{x}_2 = 27.5 \text{ m}$$

**۴ ۲۱۰۷ B**

شتاب گرانش  $99$  درصد کاهش یافته:

$$g' = g - \frac{99}{100} g \Rightarrow g' = \frac{1}{100} g$$

شتاب گرانش از رابطه  $g = G \frac{M_e}{r^2}$  به دست می‌آید که  $r$  فاصله از مرکز زمین است



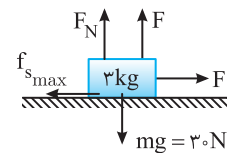
$$\frac{GM_e}{(h+R_e)^2} = \frac{1}{100} \frac{GM_e}{R_e^2}$$

$$\left(\frac{R_e}{h+R_e}\right)^2 = \frac{1}{100} \Rightarrow \frac{R_e}{h+R_e} = \frac{1}{10} \Rightarrow 10R_e = h+R_e \Rightarrow h=9R_e$$

**۴ ۲۱۰۸ B**

حالت اول: جسم در آستانه حرکت بوده و

نیروی اصطکاک آن نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه  $f_{s_{max}}$  است:



نیروی عمودی سطح را به دست می‌آوریم:

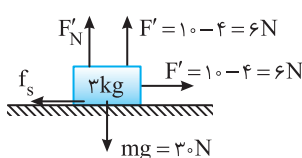
$$F + F_N = mg$$

$$\Rightarrow F_N = 30 - F$$

در راستای افقی جسم در آستانه حرکت بوده و هنوز حرکت نکرده

$$F = f_{s_{max}} \xrightarrow{f_{s_{max}} = \mu_s F_N} F = \mu_s (30 - F) \xrightarrow{\mu_s = 0.5} F = 0.5(30 - F)$$

$$\Rightarrow F + 0.5F = 15 \Rightarrow 1.5F = 15 \Rightarrow F = 10 \text{ N}$$



حالت دوم: هر کدام از نیروهای  $F$

$4 \text{ N}$  کاهش یافته و  $F = 10 \text{ N}$  به  $6 \text{ N}$  می‌رسد، دقت کنید که چون

نیروی در راستای قائم کاهش یافته پس  $F_N$  افزایش می‌یابد و نیروی

افقی نیز کاهش یافته، در واقع در قسمت قبلی با نیروی  $10 \text{ N}$  و نیروی عمودی سطح

$20 \text{ N}$  جسم در آستانه حرکت بوده پس در این حالت که نیروی افقی  $F' = 6 \text{ N}$  شده و نیروی عمودی سطح  $F_N' = 30 - 6 = 24 \text{ N}$  افزایش یافته جسم

همچنان ساکن می‌ماند و نیروی اصطکاک برابر نیروی  $F'$  است.

$$F' = f_s \Rightarrow f_s = 6 \text{ N}$$

۳ ۲۱۱۴ B

۱. رشته بَرَاکَت  $n'=4$  است و دومین خط آن یعنی گذار از  $n=6$  به  $n=4$  است.

اولین خطررشته بَرَاکَت  $n'=4, n=5$

دومین خطررشته بَرَاکَت  $n'=4, n=6$

۲. طول موج این خط طیف را از رابطه ریدبرگ برحسب  $R$  حساب می‌کنیم.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{16} - \frac{1}{36} \right) = R \left( \frac{9-4}{144} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{5R}{144} \Rightarrow \lambda = \frac{144}{5R}$$

۳. رشته بالمر  $n'=2$  بوده و چهارمین خط آن یعنی گذار از  $n=6$  به  $n=2$

چهارمین خطررشته بالمر سومین خطررشته بالمر دومین خطررشته بالمر اولین خطررشته بالمر

$$n'=2, n=3 \quad n'=2, n=4 \quad n'=2, n=5 \quad n'=2, n=6$$

۴. طول موج این خط طیف را نیز به کمک رابطه ریدبرگ حساب می‌کنیم.

$$\frac{1}{\lambda'} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda'} = R \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{36} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda'} = R \left( \frac{32}{144} \right) \Rightarrow \lambda' = \frac{144}{32R}$$

۵. حال نسبت  $\frac{\lambda}{\lambda'}$  را به دست می‌آوریم:

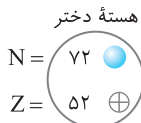
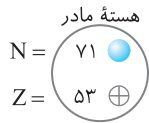
$$\frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{5R}{32R} \Rightarrow \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{5}{32}$$

$$n' = n', \quad n = m + n'$$

میانبر  $m$  امین خط رشته  $n'$  یعنی:

۳ ۲۱۱۵ B

راه حل اول: هسته مادر را با نماد  $X$  و هسته دختر را با نماد  $Y$  نشان می‌دهیم:



$$Z = 53$$

$$Z = 52$$

$$A = Z + N \Rightarrow A = 53 + 71 = 124$$

$$A = Z + N \Rightarrow A = 52 + 72 = 124$$

$$\frac{A}{Z} X \Rightarrow \frac{124}{53} X$$

$$\frac{A}{Z} Y \Rightarrow \frac{124}{52} Y$$

$$\frac{124}{53} X \rightarrow \frac{124}{52} Y + \dots$$

حال معادله واکنش را می‌نویسیم:

برای آنکه عدد اتمی دو طرف معادله یکسان باشد ذره  $e^+$  گسیل شده باشد.

یعنی در واپاشی گسیل پوزیترون داریم.

راه حل دوم: با توجه به شکل هسته‌ها، یک پروتون به یک نوترون تبدیل شده چون

تعداد پروتون هسته دختر یک واحد کم و تعداد نوترون آن یک واحد افزایش یافته است.

در واپاشی (گسیل) پوزیترون یک پروتون به یک نوترون تبدیل می‌شود.

۱ ۲۱۱۶ B

یادآوری: تندی انتشار موج در تار برابر است با:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F\ell}{m}} = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} = \frac{2}{D} \sqrt{\frac{F}{\rho\pi}}$$

با توجه به اینکه چگالی و سطح مقطع داده شده از رابطه  $v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$  برای حل استفاده می‌کنیم.

دقت کنید در این رابطه باید واحد چگالی  $\frac{kg}{m^3}$  باشد و بنابراین ابتدا  $\frac{g}{cm^3}$

را به  $\frac{kg}{m^3}$  تبدیل می‌کنیم:

$$\rho = 8 \frac{g}{cm^3} = 8000 \frac{kg}{m^3}, \quad A = 2mm^2 = 2 \times 10^{-6} m^2$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} \Rightarrow 25 = \sqrt{\frac{F}{8000 \times 2 \times 10^{-6}}} \Rightarrow 625 = \frac{F}{16 \times 10^{-3}} \Rightarrow F = 10 N$$

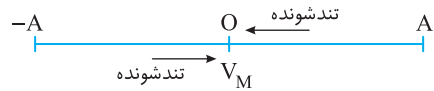
۲. حال با توجه به قانون شکست عمومی:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{\sin 37^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{3/4}{1/2} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{3}{2} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow v_1 = \frac{3}{2} v_2$$

۴ ۲۱۱۲ B

نکته: در مدت یک دوره،  $\frac{T}{2}$  ثانیه حرکت تندشونده است.

نکته: هرگاه نوسانگر در حال حرکت به سوی حالت تعادل باشد حرکت تندشونده است.



۱. با توجه به معادله حرکت  $x = 0.2 \cos 4\pi t$  دوره را حساب می‌کنیم.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow 4\pi = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{2} s$$

۲. بازه زمانی  $t_1 = \frac{1}{12} s$  تا  $t_2 = \frac{1}{6} s$  را با دوره مقایسه می‌کنیم.

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{1/6 - 1/12}{1/2} \Rightarrow \frac{\Delta t}{T} = \frac{1/12}{1/2} \Rightarrow \Delta t = \frac{1}{6} T = \frac{1}{12} s$$

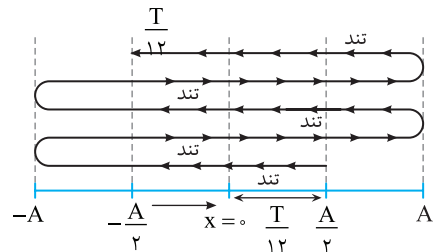
۳. در بازه  $2T$  به مدت نصف بازه یعنی  $T$  حرکت تند شونده است.

۴. اما در مدت  $\frac{T}{6}$  چگونه است؟ برای این منظور مکان نوسانگر در ابتدای بازه

$(t = \frac{1}{12} s)$  را باید مشخص کنیم.

$$x = 0.2 \cos 4\pi \left( \frac{1}{12} \right) \Rightarrow x = 0.2 \cos \frac{\pi}{3} \Rightarrow x = 0.1 m \Rightarrow x = \frac{1}{10} A$$

۵. مسیر حرکت را مشخص می‌کنیم.



۶. با توجه به مسیر در مدت حرکت از  $x = 0$  تا  $x = \frac{A}{2}$  حرکت تندشونده و در

مدت  $2T$  بعدی نیز به مدت  $T$  حرکت کندشونده است یعنی در کل زمان حرکت

$$\Delta t = T + \frac{T}{2} = \frac{12T}{12} + \frac{6T}{12} \Rightarrow \Delta t = \frac{18T}{12} = \frac{3T}{2}$$

تندشونده خواهد شد:

۱ ۲۱۱۳ B

خط فکری: در حل این نوع مسائل ابتدا باید طول موج را حساب کنید. سپس به

کمک رابطه ریدبرگ  $n$  و  $n'$  را به دست بیاورید اما در اغلب این مسائل شما باید در واقع

$n$  و  $n'$  را حدس بزنید. برای این منظور از گزینه‌ها کمک بگیرید.

۱. ابتدا طول موج بسامد  $1.5 \times 10^8$  هرتز را حساب می‌کنیم:

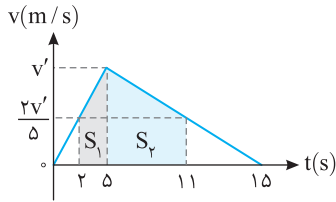
$$\lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{3 \times 10^8}{2.5 \times 10^8} \Rightarrow \lambda = \frac{1.2}{2.5} = 0.48 m = 48 cm$$

۲. حال به کمک معادله ریدبرگ  $n$  و  $n'$  را به دست می‌آوریم

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{0.48} = \frac{1}{4} \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{5}{6} = \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

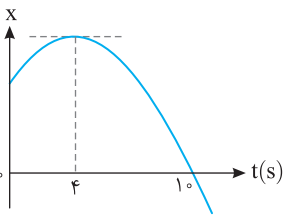
با توجه به گزینه‌ها مشخص می‌شود که  $n=2$  و  $n'=1$  است.

۲۲۱۱۷ B

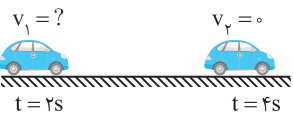


در بازه ۵s تا ۱۵s شتاب برابر  $v' = 20 \text{ m/s}$  و  $v_p = ?$   
 $\Delta t = 10 \text{ s}$   $a = -2 \text{ m/s}^2$   $t = 12 \text{ s}$   
 سرعت در هر ثانیه  $2 \text{ m/s}^2$  کم می‌شود:

۱ ۲۱۱۹ B



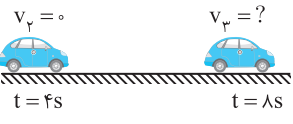
شتاب حرکت را ثابت و برابر  $a$  می‌گیریم، سرعت در  $t = 4 \text{ s}$  که رأس سهمی است برابر صفر است زیرا در نمودار  $x-t$  شیب خط مماس برابر سرعت بوده که مطابق شکل این شیب در لحظه  $t = 4 \text{ s}$  برابر صفر است:



۱ سرعت در  $t = 4 \text{ s}$  برابر صفر است، سرعت در  $t = 2 \text{ s}$  را به دست می‌آوریم:

$$v_p = at + v_1 \Rightarrow 0 = 2a + v_1 \Rightarrow v_1 = -2a$$

تندی در  $t = 2 \text{ s}$  برابر  $|2a|$  است.



۲ سرعت در لحظه  $t = 4 \text{ s}$  برابر صفر است، سرعت در  $t = 8 \text{ s}$  را به دست می‌آوریم:

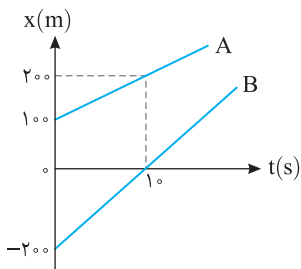
$$v_p = at + v_1 \Rightarrow v_2 = 4a$$

تندی در  $t = 8 \text{ s}$  برابر  $|4a|$  است.

۳ نسبت تندی  $v_2$  و  $v_1$  را حساب می‌کنیم:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{|4a|}{|2a|} = 2$$

۳ ۲۱۲۰ B



معادله حرکت دو متحرک را می‌نویسیم، فاصله دو متحرک برابر  $|x_A - x_B|$  بوده که باید کمتر یا مساوی ۲۰ متر باشد.

$$v_A = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{200 - 100}{10 - 0} = 10 \text{ m/s}$$

$$v_B = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{200 - (-200)}{10 - 0} = 40 \text{ m/s}$$

۱ شیب خط نمودار  $x-t$  برابر سرعت متحرک است:

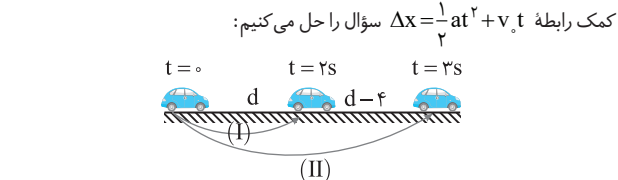
۲ معادله حرکت دو متحرک را می‌نویسیم:

$$x_A = v_A t + x_0 \Rightarrow x_A = 10t + 100$$

$$x_B = v_B t + x_0 \Rightarrow x_B = 40t - 200$$

خط فکری

شتاب حرکت مثبت بوده و با توجه به سؤال متحرک در جهت محور  $x$  در حال حرکت بوده پس سرعت نیز مثبت است. حرکت تندشونده ( $av > 0$ ) با شتاب ثابت بوده و تغییر جهت نداریم بنابراین مسافت و جابه‌جایی با هم برابر است.



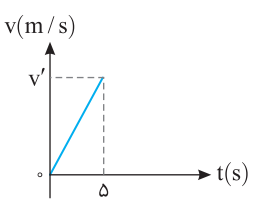
I)  $d = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t \xrightarrow{t=2s} d = \frac{1}{2}a(2)^2 + v_0(2)$   
 $\Rightarrow d = 2a + 2v_0 \xrightarrow{a=4} d = 8 + 2v_0$

II)  $d-4 = \frac{1}{2}a(t')^2 + v_0 t' \xrightarrow{t'=3s} d-4 = \frac{1}{2}a(3)^2 + v_0(3)$   
 $\xrightarrow{a=4} d-4 = 18 + 3v_0 \Rightarrow d = 22 + 3v_0$

۲ حال با توجه به دو معادله دو مجهول بالا،  $v_0$  را حساب می‌کنیم:

$$\left. \begin{array}{l} d = 8 + 2v_0 \xrightarrow{\times 2} 2d = 16 + 4v_0 \\ d = 22 + 3v_0 \xrightarrow{\times 1} d = 22 + 3v_0 \end{array} \right\} + \rightarrow 0 = 6 - v_0 \Rightarrow v_0 = 6 \text{ m/s}$$

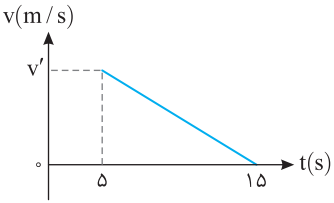
۲ ۲۱۱۸ B



سرعت متحرک در لحظه ۵s را  $v'$  می‌گیریم. ۱ شتاب در بازه ۰ تا ۵s برابر شیب خط نمودار در این بازه است:

$$a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a_1 = \frac{v'}{5}$$

۲ شتاب در بازه ۵s تا ۱۵s برابر شیب خط نمودار در این بازه است:

$$a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a_2 = \frac{-v'}{10}$$


۳ سرعت در  $t = 11 \text{ s}$  و  $t = 2 \text{ s}$  را حساب می‌کنیم:

$t = 0$   $v_0 = 0$   $a = \frac{v'}{5}$   $t = 2 \text{ s}$

$$v_2 = at + v_1 \Rightarrow v_{t=2s} = \frac{v'}{5} \times 2 \Rightarrow v_{t=2s} = \frac{2v'}{5}$$

$t = 5 \text{ s}$   $a = -\frac{v'}{10}$   $t = 11 \text{ s}$

$$v_2 = at + v_1 \xrightarrow{\Delta t=6s} v_{t=11s} = \frac{-v'}{10} \times 6 + v' = \frac{4v'}{10} = \frac{2v'}{5}$$

۴ حال با توجه به سطح زیر نمودار  $v-t$  که برابر جابه‌جایی است خواهیم داشت:

$$\Delta x = S_1 + S_2 \Rightarrow 126 = \frac{3(\frac{2v'}{5} + v')}{2} + \frac{6(\frac{2v'}{5} + v')}{2}$$

$$\Rightarrow 126 = 2(1v' + \frac{4}{5}v') \Rightarrow 126 = 6(3v'/5) \Rightarrow v' = 20 \text{ m/s}$$

**۴ ۲۱۲۴ B**

با توجه به تعریف تراز شدت صوت ابتدا، شدت صوت در فاصله ۵۰ متری چشمه را به دست می آوریم:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \xrightarrow{\beta = 60 \text{ dB}} 60 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^{-6} \frac{W}{m^2}$$

اکنون با استفاده از شدت صوت، توان چشمه را حساب می کنیم:

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow I = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow 10^{-6} = \frac{P}{4\pi \times 50^2} \Rightarrow P = 0.3W = 30 \text{ mW}$$

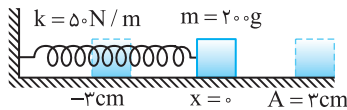
**۱ ۲۱۲۵ B**

**نکته:** هرگاه وزنه متصل به فنر را از حالت تعادل کشیده و رها کنیم مقدار کشیدگی برابر دامنه نوسان سامانه جرم فنر است.

**۱** دوره حرکت را حساب می کنیم:

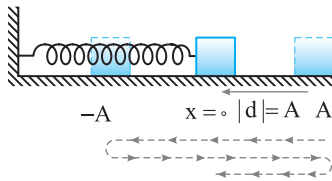
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \xrightarrow{\pi = \sqrt{10}} T = 2 \times \sqrt{10} \times \sqrt{\frac{0.2}{50}}$$

$$T = \frac{2}{5} \text{ s} \Rightarrow T = 0.4 \text{ s}$$



**۲** بازه زمانی  $\Delta t = 0.5 \text{ s}$  را با دوره مقایسه می کنیم:

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{0.5}{0.4} \Rightarrow \Delta t = \frac{5}{4} T = T + \frac{T}{4}$$



**۳** مسیر حرکت وزنه در مدت نیم ثانیه اول را رسم می کنیم.

با توجه به مسیر حرکت نوسانگر

در مدت  $\frac{\Delta t}{4} T$  مسافتی برابر

$$\frac{\ell}{d} = \frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta}{A} \Rightarrow \Delta = \frac{\ell A}{d} = 5 \text{ cm}$$

۵A را طی می کند و جابه جایی آن برابر A است. از این رو:

**۴ ۲۱۲۶ A**

آونگ در هر ثانیه یک نوسان انجام می دهد بنابراین دوره آن  $T = 1 \text{ s}$  است. با توجه به رابطه دوره آونگ، طول آن را حساب می کنیم:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \xrightarrow{g = \pi^2} 1 = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{\pi^2}} \Rightarrow \ell = 0.25 \text{ m} \Rightarrow \ell = 25 \text{ cm}$$

**۲ ۲۱۲۷ B**

**۱** فنر را از حالت تعادل ۴cm کشیده و رها کرده ایم بنابراین دامنه حرکت A = ۴cm است.

**۲** انرژی مکانیکی نوسانگر را به دست می آوریم:

$$E = \frac{1}{2} k A^2 \xrightarrow{k = 50 \text{ N/cm} = 5000 \text{ N/m}, A = 4 \text{ cm}} E = \frac{1}{2} \times 5000 \times (4 \times 10^{-2})^2$$

$$\Rightarrow E = \frac{1}{2} \times 5000 \times 16 \times 10^{-4} \Rightarrow E = 0.4 \text{ J}$$

**نکته:** انرژی مکانیکی نوسانگر همواره برابر بیشینه انرژی جنبشی آن است.  $(K_m = E)$

**۳** وقتی تندی نوسانگر  $\frac{\sqrt{2}}{2}$  تندی بیشینه است نسبت انرژی جنبشی نوسانگر به انرژی جنبشی بیشینه خواهد شد:

$$\frac{K}{K_m} = \frac{\frac{1}{2} m v^2}{\frac{1}{2} m v_m^2} \Rightarrow \frac{K}{K_m} = \left(\frac{v}{v_m}\right)^2 \Rightarrow K = \frac{1}{2} K_m \Rightarrow K = \frac{1}{2} E \Rightarrow K = 0.2 \text{ J}$$

**۴** اختلاف K و E خواهد شد:  $E - K = 0.4 - 0.2 = 0.2 \text{ J}$

**۳** خواسته سؤال این است که فاصله دو متحرک از هم کمتر یا مساوی ۲۰ متر باشد:

$$|x_B - x_A| \leq 20 \text{ m} \Rightarrow |20t - 200 - 10t - 100| \leq 20$$

$$\Rightarrow |10t - 300| \leq 20 \Rightarrow -20 \leq 10t - 300 \leq 20$$

$$\Rightarrow 280 \leq 10t \leq 320 \Rightarrow 28 \leq t \leq 32$$

بنابراین بازه زمانی برابر  $4 \text{ s} = 32 - 28$  است.

**۲ ۲۱۲۱ B**

تکانه: حاصلضرب جرم در بردار سرعت جسم است.

وقتی که جرم ثابت است برای دو برابر شدن تکانه کافی است سرعت جسم دو برابر شود. بنابراین ابتدا، شتاب حرکت را حساب می کنیم، سپس مدت زمانی که سرعت دو برابر می شود را به دست می آوریم.

**۱** به کمک قانون دوم نیوتون شتاب حرکت خواهد شد:

$$F_{\text{net}} = ma \xrightarrow{F_{\text{net}} = 4 \text{ N}} 4 = 20 \cdot a \Rightarrow a = 0.2 \text{ m/s}^2$$

**۲** با توجه به فرض مسئله:

$$P_2 = 2P_1 \Rightarrow mv_2 = 2mv_1 \Rightarrow v_2 = 2v_1 \Rightarrow v_2 = 2 \times 5 \Rightarrow v_2 = 10 \text{ m/s}$$

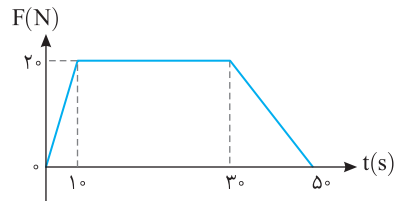
**۳** با توجه به تعریف شتاب خواهیم داشت:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} \Rightarrow 0.2 = \frac{10 - 5}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{5}{0.2} \Rightarrow \Delta t = 25 \text{ s}$$

**۳ ۲۱۲۲ B**

به کمک سطح زیر نمودار نیرو - زمان، تغییر تکانه را حساب می کنیم:

$$\Delta P = S = (50 + 20) \times \frac{20}{2} = 700 \text{ kgm/s}$$



نیروی خالص متوسط وارد بر جسم برابر آهنگ تغییر تکانه است. از این رو می توان

$$F_{\text{av}} = \frac{\Delta P}{\Delta t} \Rightarrow F_{\text{av}} = \frac{700}{50} \Rightarrow F_{\text{av}} = 14 \text{ N}$$

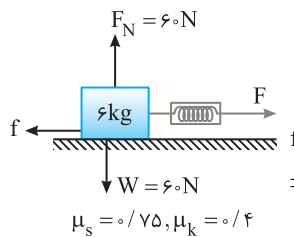
نوشت:

**۱ ۲۱۲۳ B**

**۱** ابتدا نیروی اصطکاک آستانه

حرکت را به دست می آوریم تا مشخص

شود که جسم به حرکت درمی آید یا نه؟



$$f_{s \text{ max}} = \mu_s F_N \Rightarrow f_{s \text{ max}} = \mu_s mg$$

$$\Rightarrow f_{s \text{ max}} = 0.75 \times 60 \Rightarrow f_{s \text{ max}} = 45 \text{ N}$$

$$\mu_s = 0.75, \mu_k = 0.4$$

**۲** نیروی کشسانی نیروسنج ۲۵N بوده و از  $f_{s \text{ max}}$  کمتر است بنابراین جسم

ساکن می ماند و نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر جسم خواهد شد:

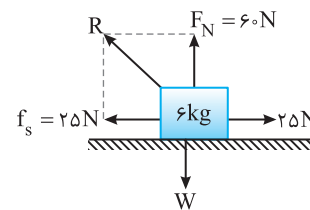
$$F_{\text{net}} = 0 \Rightarrow f_s = F_e \Rightarrow f_s = 25 \text{ N}$$

**۳** بنا به قانون سوم نیوتون

نیرویی که جسم بر سطح وارد

می کند هم اندازه نیرویی است که

سطح بر جسم وارد می کند.



$$R = \sqrt{F_s^2 + F_N^2}$$

$$\Rightarrow R = \sqrt{25^2 + 60^2} \Rightarrow R = 65 \text{ N}$$

$$Z = 82 + 2 = 84$$

بنابراین این عدد اتمی Z برابر است با:

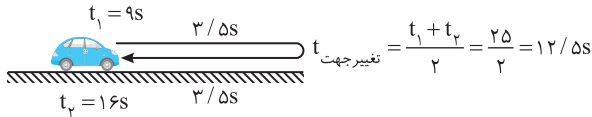
$$A = 207 + 4 = 211$$

عدد جرمی A برابر است با:

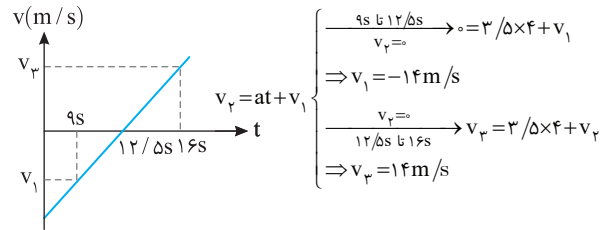
**B** ۲۱۳۳

**خط فکری** جابه‌جایی متحرک روی محور xها در بازه  $t_1 = 9s$  تا  $t_2 = 16s$  صفر شده است، یعنی متحرک یک مسیر رفت و برگشت را طی کرده است. از طرفی شتاب ثابت است، بنابراین مسیر رفت و برگشت قرینه هستند و دقیقاً چون وسط بازه زمانی یعنی  $\frac{9+16}{2} = 12.5/s$  متحرک متوقف شده و برمی‌گردد.

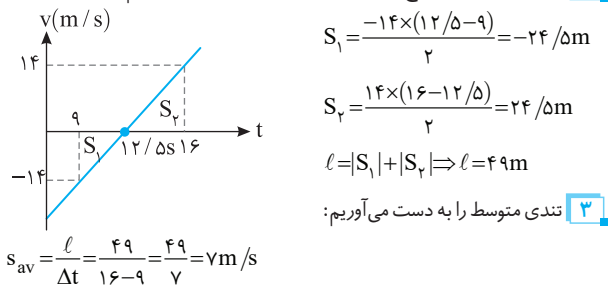
یعنی متحرک با شتاب  $4m/s^2$  در مدت  $3/5 = 12/5 - 9 = 3/5$  متوقف شده و برمی‌گردد.



**۱** چون تندی متوسط خواسته شده و باید مسافت را حساب کنیم، برای اینکار نمودار سرعت - زمان را رسم می‌کنیم. دقت کنید که شتاب  $4m/s^2$  بوده و چون تغییر جهت داشتیم باید سرعت صفر شود پس سرعت اولیه منفی است:



**۲** حال با استفاده از سطح زیر نمودار مسافت را به دست می‌آوریم:

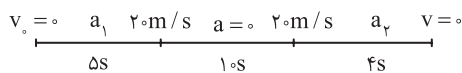


**B** ۲۱۳۴

**خط فکری** شتاب متوسط  $(a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1})$  را باید حساب کنیم، بنابراین باید در لحظه  $t_1 = 2s$  و  $t_2 = 17s$  سرعت حرکت متحرک را به دست بیاوریم، البته حرکت متحرک از سه قسمت تشکیل شده در قسمت اول و سوم باید شتاب را حساب کنیم سپس به سراغ سرعت‌ها برویم.

**راه حل اول:**

**۱** در مدت  $5s$  سرعت متحرک از صفر به  $20m/s$  رسیده است، با توجه به رابطه  $v_2 = at + v_1$  شتاب حرکت در  $5s$  نخست را به دست می‌آوریم:



$$v_2 = at + v_1 \Rightarrow 20 = 5a + 0 \Rightarrow a_1 = 4m/s^2$$

**۲** در بازه زمانی  $t = 5s$  تا  $t = 15s$  (به مدت  $10s$ ) سرعت ثابت و برابر  $20m/s$  است. در این لحظه اتومبیل ترمز می‌کند و در مدت  $4s$  (بازه  $15s$  تا  $19s$ ) متوقف می‌شود. شتاب را در این مدت حساب می‌کنیم.

$$v_2 = at + v_1 \xrightarrow{v_1=20m/s} 0 = 4a_2 + 20 \Rightarrow a_2 = -5m/s^2$$

**A** ۲۱۲۸

**یادآوری** هرگاه پرتو نور از محیط رقیق وارد محیط غلیظ شود، پرتو به خط عمود نزدیک می‌شود.

**نکته** ضریب شکست یک محیط شفاف برای طول موج‌های کوتاه‌تر بیشتر است یعنی این پرتوها بیشتر منحرف می‌شوند. طول موج نور آبی از طول موج نور قرمز کمتر است بنابراین وقتی این دو پرتو وارد شیشه می‌شوند، نور آبی بیشتر منحرف شده و به خط عمود نزدیک‌تر می‌شود.

**B** ۲۱۲۹

انرژی فوتون B،  $25\%$  از انرژی فوتون A کمتر است.

$$E_B = E_A - 0.25E_A \Rightarrow E_B = \frac{3}{4}E_A \quad (I)$$

انرژی هر فوتون از رابطه  $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$  به دست می‌آید. از این‌رو:

$$\xrightarrow{(I)} \frac{hc}{\lambda_B} = \frac{3}{4} \times \frac{hc}{\lambda_A} \Rightarrow \lambda_A = \frac{3}{4}\lambda_B \quad (II)$$

بنا به فرض مسئله  $\lambda_B - \lambda_A = 50nm$  است. بنابراین خواهیم داشت:

$$\lambda_B - \frac{3}{4}\lambda_B = 50 \Rightarrow \frac{1}{4}\lambda_B = 50 \Rightarrow \lambda_B = 200nm$$

$$\lambda_A = \frac{3}{4} \times 200 \Rightarrow \lambda_A = 150nm$$

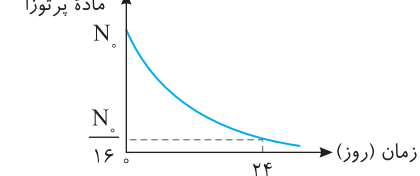
بسامد هر پرتو را حساب کرده و از هم کم می‌کنیم:

$$f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \begin{cases} \text{A} \rightarrow f_A = \frac{3 \times 10^8}{150 \times 10^{-9}} \Rightarrow f_A = 2 \times 10^{15} \text{ Hz} \\ \text{B} \rightarrow f_B = \frac{3 \times 10^8}{200 \times 10^{-9}} \Rightarrow f_B = 1.5 \times 10^{15} \text{ Hz} \end{cases}$$

$$\Delta f = 2 \times 10^{15} - 1.5 \times 10^{15} \Rightarrow \Delta f = 0.5 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

**A** ۲۱۳۰

**۱** تعداد نیمه‌عمر خواهد شد:



$$N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow \frac{N_0}{16} = \frac{N_0}{2^n}$$

$$2^n = 16 \Rightarrow n = 4$$

**۲** نیمه‌عمر را حساب می‌کنیم:  $T = \frac{t}{n} = \frac{24 \text{ روز}}{4} \Rightarrow T = 6 \text{ روز}$

**A** ۲۱۳۱

**یادآوری** رابطه تکانه و انرژی جنبشی به صورت  $K = \frac{p^2}{2m}$  است:

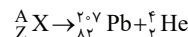
$$\frac{K_A}{K_B} = \frac{\frac{p_A^2}{2m_A}}{\frac{p_B^2}{2m_B}} \Rightarrow \frac{K_A}{K_B} = \left(\frac{p_A}{p_B}\right)^2 \times \frac{m_B}{m_A}$$

$$\frac{p_A = p_B}{K_A = 4K_B} \rightarrow 4 = \frac{m_B}{m_A} \quad m_A = 2kg \rightarrow m_B = 8kg$$

**B** ۲۱۳۲

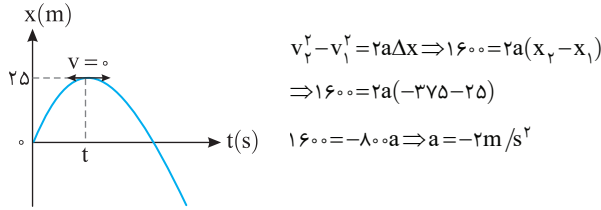
**یادآوری** ذره آلفا دارای دو پروتون و دو نوترون بوده  $(\alpha = {}^4_2\text{He})$  و هنگام واپاشی آلفا 4 واحد از عدد جرمی و 2 واحد از عدد اتمی کاسته می‌شود.

واکنش هسته‌ای را می‌نویسیم و در آن هسته مادر را به صورت  ${}^A_Z X$  نمایش می‌دهیم

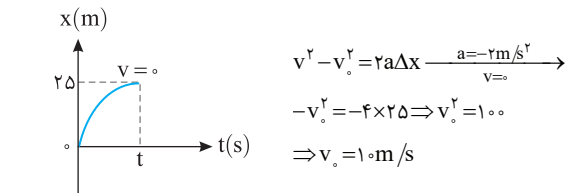


۲۱۳۵ B

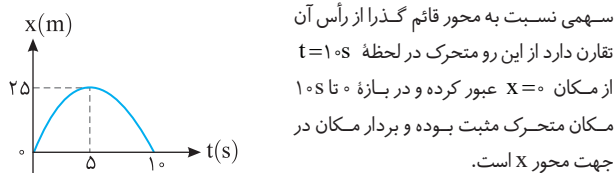
**یادآوری** در نمودار مکان - زمان در نقاط کمینه و بیشینه، سرعت متحرک صفر است. **۱** تندی متحرک در مکان  $x = ۲۵m$  که رأس سهمی بوده برابر صفر است. با توجه به فرض سؤال در مکان  $x = -۳۷۵m$  نیز تندی  $۴۰m/s$  است. بنابراین به کمک رابطه مستقل از زمان، شتاب حرکت را به دست می‌آوریم:



**۲** در بازه زمانی  $t$  تا  $t$  متحرک با شتاب  $a = -2m/s^2$  به اندازه  $\Delta x = 25m$  جابه‌جا شده و سرعت نهایی آن صفر شده است. ابتدا با توجه به رابطه  $v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x$  سرعت اولیه را حساب کرده و سپس به کمک معادله سرعت زمان  $t$  را به دست می‌آوریم:

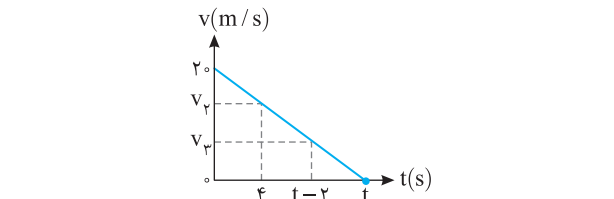


$$v = at + v_0 \Rightarrow 0 = -2t + 10 \Rightarrow t = 5s$$



۲۱۳۶ B

نمودار سرعت - زمان خط راست است، پس شتاب حرکت ثابت است. اگر شتاب حرکت را  $a$  در نظر بگیریم در هر ثانیه سرعت به اندازه  $a$  تغییر می‌کند. حال با توجه به شتاب  $a$  سرعت در لحظه  $t = 4s$  و در لحظه  $2s$  قبل از توقف را حساب می‌کنیم:



$$v_2 = at + v_1 \begin{cases} t = 4s \rightarrow v_2 = 4a + 20 \\ \frac{v_2}{t-2} = \frac{v_1}{t} \rightarrow v_2 = 2a + v_1 \xrightarrow{v_2=0} v_1 = -2a \end{cases}$$

حال با توجه به رابطه  $\Delta x = \frac{v_1 + v_2}{2} \Delta t$  مسافت طی شده را در  $4s$  نخست و  $2s$  آخر حرکت را به دست می‌آوریم:

$$d_1 = \frac{v_1 + v_2}{2} \Delta t_1 \xrightarrow{\substack{v_1 = 20m/s \\ v_2 = 20 + 4a}} d_1 = \frac{40 + 4a}{2} (4) \Rightarrow d_1 = 80 + 8a$$

$$d_2 = \frac{v_2 + v_1}{2} \Delta t_2 \xrightarrow{\substack{v_2 = 0 \\ v_1 = -2a}} d_2 = \frac{-2a}{2} \times 2 \Rightarrow d_2 = -2a$$

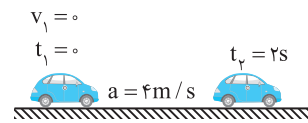
با توجه به سؤال نسبت  $\frac{d_1}{d_2}$  برابر  $36$  است، از این رو خواهیم داشت:

$$\frac{d_1}{d_2} = 36 \Rightarrow \frac{80 + 8a}{-2a} = 36 \Rightarrow 80 + 8a = -72a \Rightarrow 80 = -80a \Rightarrow a = -1m/s^2$$

بزرگی شتاب برابر  $|a| = 1m/s^2$  است.

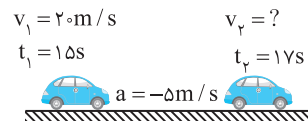
**۳** سرعت در  $t_1 = 2s$  و  $t_2 = 17s$  را حساب می‌کنیم:

الف) در لحظه  $t_1 = 2s$  شتاب حرکت  $4m/s^2$  و سرعت اولیه صفر است:



$$v = at + v_0 \xrightarrow{t=2s} v_2 = 2 \times 4 + 0 \Rightarrow v_2 = 8m/s$$

ب) در لحظه  $t_2 = 17s$  شتاب حرکت  $-5m/s^2$  و سرعت در ابتدای بازه این شتاب یعنی  $t_1 = 15s$  برابر  $20m/s$  است.

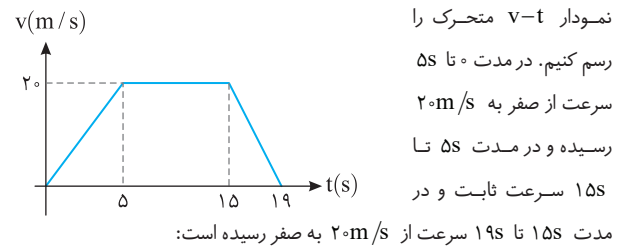


$$v = at + v_0 \Rightarrow v_2 = -5 \times 2 + 20 \Rightarrow v_2 = 10m/s$$

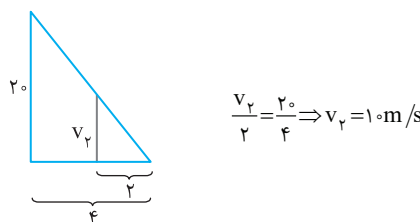
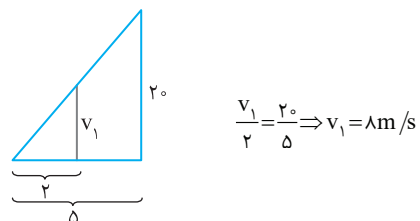
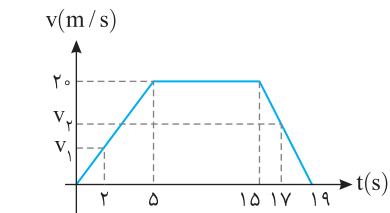
**۴** شتاب متوسط را حساب می‌کنیم:

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10 - 20}{17 - 15} = -5m/s^2$$

راه‌حل دوم:



حال با توجه به تشابه، سرعت در  $t_1 = 2s$  و  $t_2 = 17s$  به دست می‌آوریم:

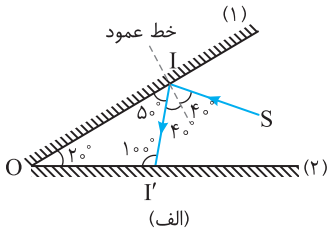


در نهایت شتاب متوسط را به دست می‌آوریم:

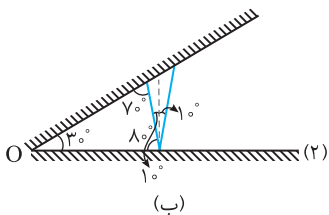
$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a_{av} = \frac{10 - 8}{17 - 2} = \frac{2}{15}m/s^2$$

**B** ۴ ۲۱۴۰

**خط فکری** در حل این مسائل باید یک‌به‌یک، زاویه تابش و بازتاب در هر بار برخورد نور به هر آینه را ادامه داده تا لحظه‌ای که دیگر پرتو به آینه‌ای برخورد نکند البته شما باید مقداری هندسه بدانید و اینکه مجموع زوایای داخلی مثلث  $180^\circ$  است، سپس بروید و با حوصله مسئله را حل کنید.



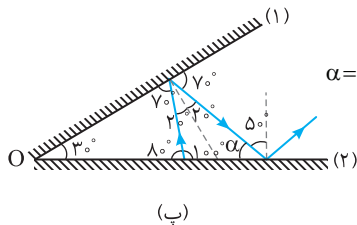
**۱** زاویه تابش بر سطح آینه (۱) بنا بر فرض مسئله  $40^\circ$  است و بنا بر قانون بازتاب عمومی، زاویه بازتاب نیز  $40^\circ$  و زاویه‌ای که پرتو بازتاب با سطح آینه (۱) می‌سازد  $50^\circ$  خواهد بود.



**۲** به مثلث  $OII'$  شکل (الف) نگاه کنید، زاویه‌ای که پرتو تابیده به سطح آینه (۲) با آینه می‌سازد  $100^\circ$  است. اگر خط عمود را رسم کنید در شکل (ب)

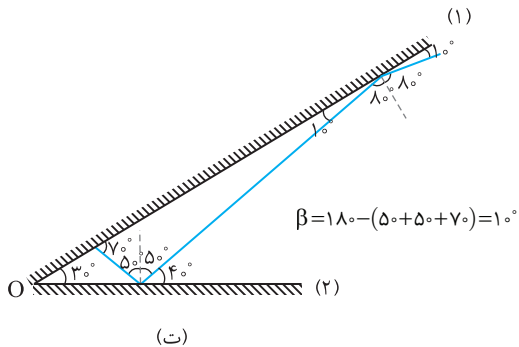
مشخص می‌شود که زاویه تابش  $10^\circ$  است. پرتو بازتاب وقتی به آینه (۱) می‌رسد با آن زاویه  $110^\circ$  می‌سازد.

**۳** برای پرتویی که مجدد به آینه (۱) با زاویه  $70^\circ$  برخورد کرده خط عمود رسم می‌کنیم زاویه تابش  $20^\circ$  می‌شود:



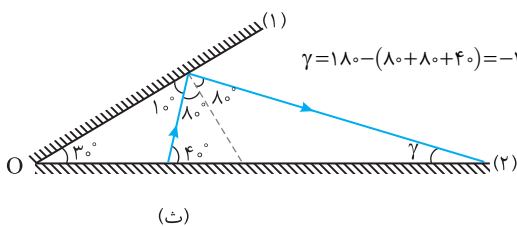
$$\alpha = 180 - (20 + 20 + 100) = 40^\circ$$

با توجه به شکل (ت) زاویه پرتویی که مجدد به سطح (۱) می‌تابد با آن  $10^\circ$  است.



$$\beta = 180 - (50 + 50 + 70) = 10^\circ$$

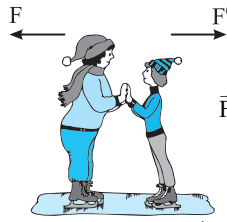
پرتویی که به سطح (۱) تابیده شده دارای زاویه تابش  $80^\circ$  است.



$$\gamma = 180 - (80 + 80 + 40) = 20^\circ$$

بنابراین هیچگاه زاویه  $\gamma$  تشکیل نمی‌شود و آخرین زاویه تابش برابر  $80^\circ$  است.

**A** ۴ ۲۱۳۷

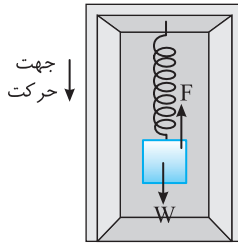


نیروهای  $\vec{F}$  و  $\vec{F}'$  کنش و واکنش یکدیگرند پس این دو نیرو هم‌اندازه و خلاف جهت‌اند.

شتاب از رابطه  $F = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m}$  به دست می‌آید. چون دو نیرو هم‌اندازه‌اند، پس هرچه جرم شخصی بیشتر باشد شتاب حرکت او کمتر است:

$$a = \frac{F}{m} \Rightarrow \frac{a}{F} = \frac{1}{m} \Rightarrow a_1 < a_2 \text{ for } m_1 > m_2$$

**B** ۱ ۲۱۳۸



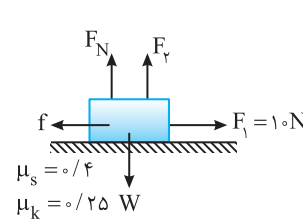
آسانسور از حال سکون رو به پایین شروع به حرکت می‌کند. نیروهای وارد بر وزنه را رسم می‌کنیم. بر وزنه دو نیرو (۱) وزن رو به پایین (۲) نیروی کشسانی فنر رو به بالا وارد می‌شود. بنا به قانون دوم نیوتون می‌توان نوشت:

$$F_{net} = ma \Rightarrow W - F = ma \Rightarrow mg - kx = ma$$

$$\frac{x = 35 - 26 = 9 \text{ cm}}{k = 200 \text{ N/m}, a = 1 \text{ m/s}^2} \rightarrow m \times 10 - 200 \times \frac{9}{100} = m \times 1$$

$$\Rightarrow 10m - m = 18 \Rightarrow 9m = 18 \Rightarrow m = 2 \text{ kg}$$

**C** ۴ ۲۱۳۹



**خط فکری** نیروی  $F_1$  از صفر تا  $20 \text{ N}$  در حال تغییر است بنابراین نیروی اصطکاک آستانه حرکت ( $f_{s \max}$ ) در حال تغییر است. شما باید مشخص کنید که ابتدا صفر نیوتون بوده و در نهایت چند نیوتون می‌شود و با مقایسه نیروی جلوبر  $F_1$  با  $f_{s \max}$  مشخص کنید که جسم در حال سکون می‌ماند و یا اینکه به حرکت درمی‌آید.

**۱** نیروی عمودی سطح و نیروی اصطکاک آستانه حرکت را وقتی  $F_1 = 0$  است حساب می‌کنیم:

$$F_1 = 0 \Rightarrow F_N = W \Rightarrow F_N = 40 \text{ N}$$

نیروی اصطکاک آستانه حرکت:

$$f_{s \max} = \mu_s F_N \Rightarrow f_{s \max} = 0.4 \times 40 = 16 \text{ N}$$

**۲** نیروی  $F_1 = 10 \text{ N}$  را با  $f_{s \max} = 16 \text{ N}$  مقایسه می‌کنیم  $F_1 < f_{s \max}$  است. به همین دلیل تا لحظه‌ای که  $f_{s \max} \leq 10 \text{ N}$  شود، جسم ساکن می‌ماند و نیروی اصطکاک برابر نیروی  $F_1$  بوده و اصطکاک ثابت می‌ماند ( $f_s = F_1 = 10 \text{ N}$ )

**۳** با افزایش  $F_1$ ، نیروی عمودی سطح ( $F_N = W - F_1$ ) کاهش می‌یابد که سبب کاهش  $f_{s \max}$  می‌شود. وقتی  $F_1 = 20 \text{ N}$  می‌شود،  $F_N$  و  $f_{s \max}$  را به دست می‌آوریم.

$$F_N = W - F_1 \xrightarrow{F_1 = 20 \text{ N}} F_N = 40 - 20 = 20 \text{ N}$$

$$f_{s \max} = \mu_s F_N \Rightarrow f_{s \max} = 0.4 \times 20 \Rightarrow f_{s \max} = 8 \text{ N}$$

**۴** در این حالت  $F_1 = 10 \text{ N} > f_{s \max}$  بوده یعنی جسم به حرکت درمی‌آید و نیروی اصطکاک، نیروی اصطکاک جنبشی خواهد بود که از  $f_{s \max}$  کمتر است، یعنی اصطکاک کاهش می‌یابد و برابر خواهد شد با:

$$F_k = \mu_k F_N \Rightarrow F_k = 0.25 \times 20 = 5 \text{ N}$$

در نتیجه ابتدا اصطکاک ثابت است و سپس کاهش می‌یابد.



بسامد را حساب می‌کنیم.

$$E = 2\pi^2 mA^2 f^2 \frac{A = \lambda \times 10^{-2}, m = 10^{-3} \text{ kg}}{\pi^2 \times 10^0}$$

$$2.0 \times 10^{-3} = 2 \times 10^0 \times 10^{-3} / \lambda^2 \times (2 \times 10^0)^2 f^2 \Rightarrow 2.0 \times 10^{-3} = 2 \times 10^0 \times 10^{-3} / \lambda^2 \times (2 \times 10^0)^2 f^2$$

$$\Rightarrow 1.0^{-2} = (2 \times 10^0)^2 f^2 \xrightarrow{\text{از طرفین جذر می‌گیریم}} 1.0^{-1} = 2 \times 2.0^2 f \Rightarrow f = 5 \text{ Hz}$$

**۲۱۴۴ C**

۱ انرژی فوتون را بر حسب الکترون ولت به دست می‌آوریم.

$$E = \frac{4.0 \times 10^{-19}}{1/6 \times 10^{-19}} \Rightarrow E = 2/55 \text{ eV}$$

۲ در گذار الکترون از مدار n به n'، الکترون فوتونی با اختلاف انرژی دو تراز گسیل می‌کند. از این رو انرژی الکترون در ترازهای مختلف را از رابطه  $E_n = -E_R / n^2$  به دست می‌آوریم و مشخص می‌کنیم اختلاف انرژی کدام ترازها برابر ۲/۵۵ eV می‌شود.

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \begin{cases} n=1 \rightarrow E_1 = -13/6 \text{ eV} \\ n=2 \rightarrow E_2 = -\frac{13/6}{4} = -3/4 \text{ eV} \\ n=3 \rightarrow E_3 = -\frac{13/6}{9} = -1/5 \text{ eV} \\ n=4 \rightarrow E_4 = -\frac{13/6}{16} = -0.85 \text{ eV} \end{cases}$$

بنابراین اختلاف انرژی ترازهای n=4 و n'=2 برابر  $-0.85 - (-3/4) = 2/55 \text{ eV}$  است.

۳ شعاع مدار چهارم خواهد شد.  $r_n = n^2 a \xrightarrow{n=4} r_4 = 16a$

**۲۱۴۵ B**

۱ بیشترین بسامد گسیلی (یعنی کوتاه‌ترین طول موج) گسیلی و وقتی است که الکترون از تراز بینهایت به تراز n'=3 در رشته پاشن برود. با توجه به رابطه ریدبرگ کوتاه‌ترین طول موج را حساب می‌کنیم.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 1.09 \times 10^7 \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{\infty} \right) \Rightarrow \lambda_{\min} = 9.0 \text{ nm}$$

۲ بیشینه بسامد خواهد شد:

$$f_{\max} = \frac{c}{\lambda_{\min}} = \frac{3 \times 10^8}{9.0 \times 10^{-9}} \Rightarrow f_{\max} = \frac{1}{3} \times 10^{15} \text{ Hz}$$

۳ کمترین بسامد گسیلی (یعنی بلندترین موج) وقتی گسیل می‌شود که الکترون از تراز n=4 به تراز n'=3 در رشته پاشن برود از این رو خواهیم داشت:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{\max}} = \frac{1}{1.09 \times 10^7} \left( \frac{1}{16} - \frac{1}{9} \right) = \frac{1}{1.09 \times 10^7} \times \frac{16-9}{144}$$

$$\Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{9.0 \times 16}{7} \text{ nm}$$

۴ کمترین بسامد را حساب می‌کنیم.

$$f_{\min} = \frac{c}{\lambda_{\max}} = \frac{3 \times 10^8}{\frac{9.0 \times 16}{7} \times 10^{-9}} \Rightarrow f_{\min} = \frac{7}{48} \times 10^{15} \text{ Hz}$$

۵ اختلاف دو بسامد را حساب می‌کنیم.

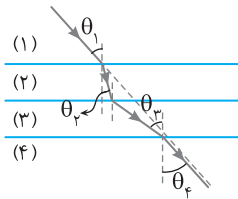
$$f_{\max} - f_{\min} = \frac{1}{3} \times 10^{15} - \frac{7}{48} \times 10^{15} \Rightarrow \Delta f = \left( \frac{16-7}{48} \right) \times 10^{15} = \frac{9}{48} \times 10^{15}$$

$$\Rightarrow \Delta f = 1/5 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

**۲۱۴۶**

**یادآوری** در هسته‌های سبک مانند اکسیژن  $^{16}_8\text{O}$ ، تعداد نوترون‌ها (N) و تعداد پروتون‌ها (Z) با هم برابر است و هرچه در جدول تناوبی به سمت هسته‌های (عناصر) سنگین‌تر با عدد اتمی بزرگ‌تر برویم تعداد نوترون‌ها افزایش می‌یابد. با توجه به یادآوری بالا، در هسته‌های پایدار سنگین‌تر نسبت N/Z بزرگ‌تر است.

**۲۱۴۱ B**



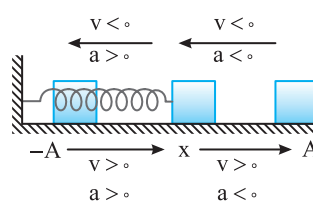
**نکته** هرچه زاویه‌ای که پرتو با خط عمود می‌سازد بزرگتر باشد، تندی نور در آن محیط بیشتر است.

۱ پرتو ورودی از محیط (۱) با پرتو خروجی در محیط (۴) با هم موازی هستند.  $(\theta_1 = \theta_4)$  در نتیجه تندی نور در این دو محیط با هم برابر است.

۲ زاویه بین پرتو و خط عمود در محیط (۲)  $(\theta_2)$  از سه محیط دیگر کمتر و زاویه بین پرتو و خط عمود در محیط (۳)  $(\theta_3)$  از سه محیط دیگر بیشتر است بنابراین:

$$v_2 < v_1 = v_4 < v_3$$

**۲۱۴۲ C**



**خط فکری** به مسیر حرکت سامانه جرم - فنر شکل رویه رو دقت کنید. در مدتی که نوسانگر از مکان -A به سوی مرکز نوسان می‌رود بردار شتاب و سرعت در جهت محور x هستند که این بازه  $\frac{T}{4}$  طول می‌کشد. ابتدا دوره را به دست بیاورید و معین کنید که بازه زمانی داده شده چه کسری از دوره است؟ مکان نوسانگر در ابتدای بازه  $t_1 = 0/5$  s را به دست آورده و مسیر حرکت تا  $t_2 = 5$  s را دنبال کنید تا مشخص شود چه مدتی a و v همزمان مثبت هستند.

۱ با توجه به معادله  $x = 0.4 \cos \frac{\pi}{4} t$  دوره خواهد شد:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \frac{\pi}{4} = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = 4 \text{ s}$$

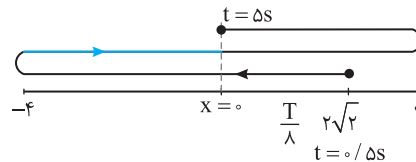
۲ بازه  $t_1 = 0/5$  s تا  $t_2 = 5$  s را با دوره مقایسه می‌کنیم.

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{5-0/5}{4} = \frac{4/5}{4} \Rightarrow \Delta t = \frac{9}{4} T = T + \frac{T}{4}$$

۳ مکان در ابتدای بازه  $t_1 = 0/5$  s را به دست می‌آوریم.

$$x = 0.4 \cos \frac{\pi}{4} \times \left( \frac{1}{4} \right) = 0.4 \cos \frac{\pi}{16} = 0.4 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow x = 0.2\sqrt{2} \text{ m} = 2\sqrt{2} \text{ cm}$$

۴ به کمک بازه‌های زمانی شناخته شده از مکان  $2\sqrt{2}$  مسیر را دنبال می‌کنیم.



۵ بنابراین تنها در قسمت رنگی مسیر  $(\frac{T}{4})$ ، a و v همزمان مثبت هستند.

$$\frac{T}{4} = \frac{4}{4} = 1 \text{ s}$$

**۲۱۴۳ B**

**خط فکری** مجموع انرژی جنبشی و پتانسیل برابر انرژی مکانیکی نوسانگر بوده و انرژی مکانیکی نوسانگر  $E = 2\pi^2 mA^2 f^2$  است. بنابراین کافی است K و U را با هم جمع کرده سپس به کمک رابطه انرژی مکانیکی بسامد را حساب کنیم. انرژی مکانیکی برابر است با:

$$E = K + U \xrightarrow{\substack{K = 5 \times 10^{-2} \text{ J} \\ U = 15 \times 10^{-2} \text{ J}}} E = 5 \times 10^{-2} + 15 \times 10^{-2} \Rightarrow E = 20 \times 10^{-2} \text{ J}$$

**۳ ۲۱۴۷ B**

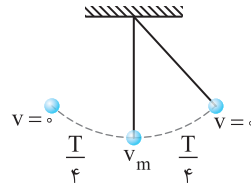
نیمه عمر ماده پرتوزا ۴۵ دقیقه یعنی  $\frac{45}{60} = \frac{3}{4} h$  است. بنابراین تعداد نیمه‌عمرهای این ماده در مدت ۳h خواهد شد:

$$n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} \Rightarrow n = \frac{3}{\frac{3}{4}} \Rightarrow n = 4$$

مقدار ماده اولیه باقی‌مانده را حساب می‌کنیم.

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow \frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^4 \Rightarrow \frac{N}{N_0} = \frac{1}{16}$$

**۱ ۲۱۴۸ B**



۱. تندی آونگ هنگام عبور از مرکز نوسان (حالت قائم) بیشینه است و زمانی که طول می‌کشد تا آونگ از انتهای مسیر به مرکز نوسان برسد  $\frac{T}{4}$  است و زمانی که طول می‌کشد تا آونگ از یک انتهای مسیر

به انتهای دیگر برود  $\frac{T}{2}$  ثانیه است. بنابراین با توجه به فرض مسئله می‌توان نوشت:

$$\frac{T_A}{4} = \frac{T_B}{2} \Rightarrow T_A = 2T_B \quad (1)$$

۲. دوره آونگ  $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$  است. دوره را در رابطه (۱) جای گذاری می‌کنیم.

$$2\pi\sqrt{\frac{\ell_A}{g}} = 2(2\pi)\sqrt{\frac{\ell_B}{g}} \Rightarrow \ell_A = 4\ell_B$$

**۲ ۲۱۴۹ B**

۱. تندی انتشار موج در تار را حساب می‌کنیم.

$$f_n = \frac{nv}{\ell} \xrightarrow[n=1 \text{ مد اصلی}]{f_1=25 \text{ Hz}, \ell=1 \text{ m}} 125 = \frac{v}{2 \times 1} \Rightarrow v = 250 \text{ m/s}$$

۲. جگالی خطی جرم را به دست می‌آوریم.

$$\mu = \frac{m}{\ell} = \frac{m=9g=9 \times 10^{-3} \text{ kg}}{\ell=1 \text{ m}} \rightarrow \mu = 9 \times 10^{-3} \text{ kg/m}$$

۳. نیروی کشش تار خواهد شد:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow 250 = \sqrt{\frac{F}{9 \times 10^{-3}}} \Rightarrow (250)^2 = \frac{F}{9 \times 10^{-3}}$$

$$F = 56250 \times 10^{-3} \text{ N} \Rightarrow F = 562.5 \text{ N}$$

**۳ ۲۱۵۰ B**

۱. به کمک معادله مستقل از زمان، شتاب حرکت متحرک را حساب می‌کنیم.

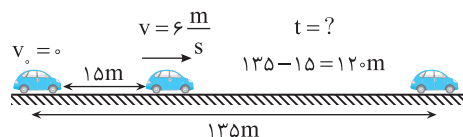
$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow (6)^2 - 0 = 2a \times 15 \Rightarrow a = \frac{36}{30} \Rightarrow a = 1.2 \text{ m/s}^2$$

۲. در قسمت دوم مسیر، متحرک مسافت  $135 - 15 = 120 \text{ m}$  را طی کرده است. زمان این قسمت را به کمک معادله جابه‌جایی - زمان به دست می‌آوریم. سرعت اولیه این قسمت  $6 \text{ m/s}$  است.

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t \Rightarrow 120 = \frac{1}{2} \times 1 \times t^2 + 6t \Rightarrow \frac{1}{2}t^2 + 6t - 120 = 0$$

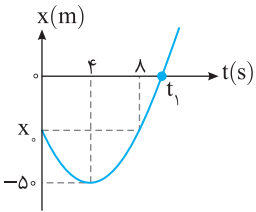
$$\xrightarrow[\text{تقسیم می‌کنیم}]{\text{دو طرف را به } \frac{1}{2}} t^2 + 12t - 240 = 0 \Rightarrow (t+20)(t-10) = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} t = 10 \text{ s} \\ \text{غ ق ق } t = -20 \text{ s} \end{cases}$$



**۱ ۲۱۵۱ B**

**خط فکری** هرگاه سرعت متوسط در یک بازه زمانی صفر شود، یعنی متحرک در ابتدا و انتهای بازه در یک مکان قرار دارد. از طرفی در حرکت با شتاب ثابت نمودار مکان - زمان سهمی است و سهمی نسبت به محور گذرا از رأس آن دارای تقارن است و در بازه زمانی یکسان در دو طرف محور مکان یکسان است. اکنون با توجه به این نکات مسئله را حل می‌کنیم.



۱. در مدت ۸s اول سرعت متوسط صفر است یعنی مکان متحرک در  $t=0$  و  $t=8s$  یکسان است و این دو لحظه نسبت به محور دارای تقارن بوده و مختصات رأس سهمی خواهد شد  $(t=4s, x=-5m)$ .

۲. تندی در لحظه  $t_1$  برابر  $2 \text{ m/s}$  بوده و از طرفی شیب خط مماس در این لحظه مثبت است یعنی سرعت متحرک در این لحظه  $+2 \text{ m/s}$  است و در لحظه  $t=4s$  سرعت صفر است. در بازه زمانی  $t_1$  تا  $4s$  متحرک جابه‌جایی  $\Delta x = +5 \text{ m}$  را طی کرده است، بنابراین به کمک معادله مستقل از زمان شتاب حرکت خواهد شد:

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 2^2 - 0 = 2a(+5) \Rightarrow a = 0.4 \text{ m/s}^2$$

۳. سرعت اولیه را حساب می‌کنیم.

$$v = at + v_0 \xrightarrow[t=4s, v=0]{} 0 = 0.4 \times 4 + v_0 \Rightarrow v_0 = -1.6 \text{ m/s}$$

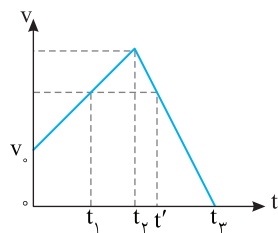
**یادآوری** در حرکت با شتاب ثابت در یک بازه زمانی معین، سرعت متوسط میانگین سرعت ابتدایی و انتهایی متحرک در آن بازه است.

$$v_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

۴. سرعت متوسط در بازه  $t=0$  تا  $t=t_1$  خواهد شد:

$$v_{av} = \frac{-1.6 + 2}{2} = 0.2 \text{ m/s}$$

**۲ ۲۱۵۲ B**

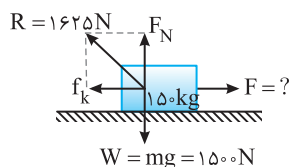


۱. در تمام لحظات در بازه زمانی  $t_1$  تا  $t_2$ ، تندی متحرک از تندی آن در بازه زمانی  $0$  تا  $t_1$  بیشتر است. بنابراین تندی متوسط در بازه  $t_1$  تا  $t_2$  قطعاً از تندی متوسط در بازه  $0$  تا  $t_1$  بیشتر است و گزینه (۱) حذف می‌شود.

۲. در مقایسه بازه  $t_2$  تا  $t_3$  با بازه  $t_1$  تا  $t_2$  مشخص است که در بازه  $t_2$  تا  $t_3$  با گذشت زمان تندی متحرک به صفر می‌رسد. در این صورت تندی متوسط در بازه  $t_1$  تا  $t_2$  از بازه  $t_2$  تا  $t_3$  بیشتر است و گزینه (۴) نیز حذف می‌شود.

۳. در بازه صفر تا  $t_3$  نیز در یک مدت زمان طولانی تندی در هر لحظه از تندی در بازه  $t_1$  تا  $t_2$  کوچک‌تر است از این رو تندی متوسط در این بازه از تندی متوسط در بازه  $t_1$  تا  $t_2$  کمتر خواهد بود و گزینه (۲) درست است.

**۴ ۲۱۵۳ B**



**یادآوری** نیرویی که سطح زمین به جسم وارد می‌کند ( $R$ ) برابری نیروی اصطکاک ( $f_k$ ) و نیروی عمودی سطح است  $(R = \sqrt{f_k^2 + F_N^2})$ .

۱. جسم در راستای قائم حرکتی ندارد بنابراین  $F_N = W \Rightarrow F_N = 150 \text{ N}$

**۲ ۲۱۵۶ B**

با توجه به تعریف تکانه و قانون دوم نیوتون خواهیم داشت:

$$F_{net} = ma \xrightarrow{a = \Delta v / \Delta t} F_{net} = \frac{m \Delta v}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta P = m \Delta v}$$

$$F_{net} = \frac{\Delta P}{\Delta t} \Rightarrow \Delta P = F_{net} \Delta t$$

نیروی خالص وارد بر جسم مطابق شکل مسئله خواهد شد:

$$f_k = 60 \text{ N} \quad F = 100 \text{ N}$$

$$F_{net} = F - f_k = 100 - 60 \Rightarrow F_{net} = 40 \text{ N}$$

تغییر تکانه در مدت یک ثانیه را حساب می‌کنیم.

$$\Delta P = F_{net} \Delta t \Rightarrow \Delta P = 40 \times 1 \Rightarrow \Delta P = 40 \text{ kgm/s}$$

**۳ ۲۱۵۷ B**

اختلاف تراز شدت صوت A و B از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\beta_A - \beta_B = 10 \log \frac{I_A}{I_B}$$

با توجه به فرض مسئله  $\beta_A - \beta_B = 10 \text{ dB}$  و  $I_A = 0.04 \text{ W/m}^2$  است. از این رو خواهیم داشت:

$$10 = 10 \log \frac{0.04}{I_B} \Rightarrow \log \frac{0.04}{I_B} = 1 \Rightarrow \frac{0.04}{I_B} = 10$$

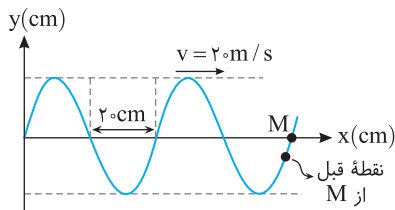
$$\Rightarrow I_B = \frac{0.04}{10} = 0.004 \text{ W/m}^2$$

در این صورت اختلاف شدت این دو صوت خواهد شد:

$$I_A - I_B = 0.04 - 0.004 = 0.036 \text{ W/m}^2 \Rightarrow I_A - I_B = 36 \text{ mW/m}^2$$

**۴ ۲۱۵۸ B**

در حل مسائل نقش موج معمولاً ابتدا از روی محور افقی، طول موج را حساب کرده سپس به کمک تندی انتشار موج دوره را حساب می‌کنیم و بعد از آن با توجه به جهت حرکت موج، رفتار نقطه مورد نظر را بررسی می‌کنیم.



گام اول: یافتن طول موج:

$$\lambda = 20 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 0.2 \text{ m}$$

گام دوم: یافتن دوره:

$$T = \frac{\lambda}{v} \Rightarrow T = \frac{0.2}{20} \Rightarrow T = 0.01 \text{ s}$$

گام سوم: نقطه M در حال گذر از مرکز نوسانش بوده و نقطه قبل از M پایین‌تر از نقطه M است. یعنی M در حال حرکت رو به پایین و دارای بیشینه تندی است.

$$v_m = A\omega \Rightarrow v_m = A \frac{2\pi}{T} \xrightarrow{A = 0.02 \text{ m}} v_m = 0.02 \times \frac{2\pi}{0.01} \Rightarrow v_m = 4\pi \text{ m/s}$$

اندازه بازه زمانی  $t_1 = 0.1 \text{ s}$  تا  $t_2 = 1/35 \text{ s}$  برابر  $t_2 - t_1 = 1/35 - 0.1 = 1/35 - 3.5/35 = -2.5/35 = -1/14 \text{ s}$  است. این بازه را با دوره مقایسه می‌کنیم.

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{1/14}{0.01} \Rightarrow \frac{\Delta t}{T} = \frac{10}{14} \Rightarrow \Delta t = \frac{10}{14} T \Rightarrow \Delta t = \frac{5}{7} T$$

نیروی اصطکاک جنبشی را به کمک نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند حساب می‌کنیم.

$$1625 = \sqrt{f_k^2 + (1500)^2} \Rightarrow (1625)^2 = f_k^2 + (1500)^2$$

$$\Rightarrow f_k^2 = (1625)^2 - (1500)^2 \Rightarrow f_k = (1625 - 1500)(1625 + 1500)$$

$$f_k = 125(3125) \Rightarrow f_k = 125 \times (125 \times 25) \Rightarrow f_k = 125 \times 5 = 625 \text{ N}$$

با توجه به قانون دوم نیوتون خواهیم داشت:

$$F_{net} = ma \Rightarrow F - f_k = ma \xrightarrow{a = 2 \text{ m/s}^2} F - 625 = 150 \times 2$$

$$\Rightarrow F = 925 \text{ N}$$

**۴ ۲۱۵۴ B**

۱ جهت مثبت را رو به پایین در نظر می‌گیریم.

سرعت برخورد گلوله به زمین را حساب می‌کنیم.

$$v^2 = +2gy \Rightarrow v^2 = 2 \times 10 \times 20 \Rightarrow v = 20 \text{ m/s}$$

۲ تندی برگشت رو به بالا  $10 \text{ m/s}$  است. چون جهت مثبت را رو به پایین در نظر گرفته‌ایم، سرعت برگشت رو به بالا  $-10 \text{ m/s}$  می‌شود، بنابراین بزرگی شتاب در بازه زمانی تماس توپ با زمین خواهد شد:

$$|a| = \frac{|\Delta v|}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta t = 0.2 \text{ s}} |a| = \frac{|-10 - 20|}{0.2} \Rightarrow |a| = 150 \text{ m/s}^2$$

۳ نیروی متوسط وارد بر گلوله را به کمک قانون دوم نیوتون حساب می‌کنیم.

$$F_{av} = ma \xrightarrow{m = 0.2 \text{ kg}} F_{av} = 0.2 \times 150 \Rightarrow F_{av} = 30 \text{ N}$$

**۱ ۲۱۵۵ B**

خط فکری: معادله حرکت دو متحرک را به کمک نمودار مکان - زمان نوشته و با هم برابر قرار می‌دهیم. نمودار هر دو خط راست مایل است. بنابراین حرکت هر دو متحرک با سرعت ثابت صورت می‌گیرد. ۱ سرعت متحرک A برابر است با:

$$v_A = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_A = \frac{0 - 16}{8 - 0} = -2 \text{ m/s}$$

مکان اولیه A،  $x_{0A} = +16 \text{ m}$  بوده و معادله حرکت A خواهد شد:

$$x = vt + x_0 \Rightarrow x_A = -2t + 16$$

۲ سرعت متحرک B را حساب می‌کنیم.

$$v_B = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_B = \frac{-25 - (-29)}{8 - 0} \Rightarrow v_B = +\frac{1}{2} \text{ m/s}$$

مکان اولیه متحرک B،  $x_{0B} = -29 \text{ m}$  بوده و معادله حرکت B خواهد شد:

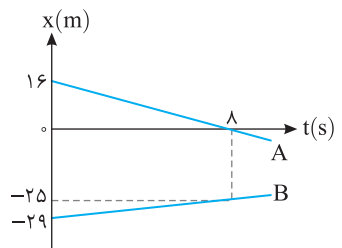
$$x = vt + x_0 \Rightarrow x_B = \frac{1}{2}t - 29$$

۳ دو معادله را برابر قرار داده و لحظه رسیدن دو متحرک به هم را به دست می‌آوریم.

$$x_A = x_B \Rightarrow -2t + 16 = \frac{1}{2}t - 29 \Rightarrow 45 = \frac{5}{2}t \Rightarrow t = 18 \text{ s}$$

۴ مکان رسیدن دو متحرک به هم خواهد شد:

$$x = -2 \times 18 + 16 \Rightarrow x = -36 + 16 \Rightarrow x = -20 \text{ m}$$



**یادآوری** در هر دوره نوسانگر مسافتی چهار برابر دامنه ( $4A$ ) را طی می‌کند و در نیم دوره مسافت  $2A$  را طی می‌کند.

**۲** مسافت طی شده توسط نوسانگر را حساب می‌کنیم.

$$\ell = 4A + 4A + 2A \Rightarrow \ell = 10A \xrightarrow{A = 0.04 \text{ m}} \ell = 10 \times 0.04$$

$$\Rightarrow \ell = 0.4 \text{ m} \Rightarrow \ell = \frac{2}{5} \text{ m}$$

**B** ۳ ۲۱۶۰

**۱** انرژی الکترون در تراز سوم ( $n=3$ ) را حساب می‌کنیم.

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \quad E_R = 13.6 \text{ eV} \Rightarrow E_3 = -\frac{13.6}{3^2} \Rightarrow E_3 = -\frac{13.6}{9} \text{ eV}$$

**۲** اختلاف انرژی تراز سوم و تراز پایه را به دست می‌آوریم.

$$E_3 - E_1 = -\frac{13.6}{9} - (-13.6) \Rightarrow \Delta E = \frac{13.6 \times 8}{9} \text{ eV}$$

**۳** اختلاف انرژی دو تراز به صورت یک فوتون الکترومغناطیسی گسیل می‌شود بنابراین می‌توان نوشت:

$$\Delta E = hf \quad h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s} \rightarrow \frac{13.6 \times 8}{9} = 4 \times 10^{-15} f$$

$$\Rightarrow f \sim 3.0222 \times 10^{15} \text{ Hz} \Rightarrow f = 3.022 / 2 \text{ THz}$$

**B** ۲ ۲۱۶۱

**خط فکری** نیروهای وارد بر صندوق را رسم می‌کنیم و به کمک قانون دوم نیوتون،

شتاب حرکت را حساب کرده و جابه‌جایی صندوق در مدت  $2\text{ s}$  را با استفاده از فرمول‌های حرکت‌شناسی به دست می‌آوریم و سرانجام کار نیروی  $F$  ( $W = Fd$ ) را حساب می‌کنیم.

**۱** نیروی اصطکاک را حساب می‌کنیم.

$$f_k = \mu_k F_N \quad \mu_k = 0.4 \rightarrow f_k = 0.4 \times 500 = 200 \text{ N}$$

**۲** بنا به قانون دوم نیوتون:

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow F - f_k = ma \Rightarrow 220 - 200 = 50a \Rightarrow a = 0.4 \text{ m/s}^2$$

**۳** جابه‌جایی متحرک در مدت  $2\text{ s}$  خواهد شد:

$$\Delta x = d = \frac{1}{2} at^2 \Rightarrow d = \frac{1}{2} \times 0.4 \times 2^2 \Rightarrow d = 0.8 \text{ m}$$

**۴** کار نیروی  $F$  را به دست می‌آوریم.

$$W = Fd \Rightarrow W = 220 \times 0.8 \Rightarrow W = 176 \text{ J}$$

