

فصل اول

حرکت بر خط راست



آزمونک

دو

رو به روی

یک

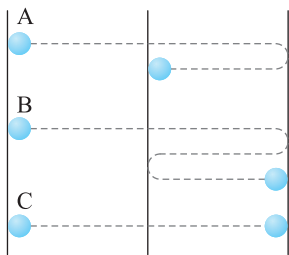
یخچره



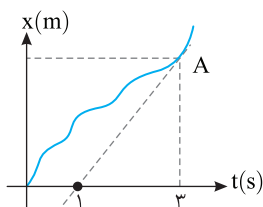
۲۷۲ ۱ معادله حرکت متحرکی که روی محور x در حرکت است در SI به صورت $x = at^2 + bt + 2$ است. جابه‌جایی متحرک از لحظه شروع حرکت ($t=0$) تا زمانی که بردار مکان متحرک تغییر جهت می‌دهد، چند متر است؟

۴) $-4/5$ ۳) -2 ۲) $4/5$ ۱) 2

۲۷۲ ۲ یک متحرک روی محور x ها در حال نزدیک شدن به مبدأ است. اگر مکان متحرک را با حرف x و سرعت آن را با حرف v نمایش دهیم، کدام گزینه درست است؟

۴) $xv \leq 0$ ۳) $xv \geq 0$ ۲) $xv < 0$ ۱) $xv > 0$ 

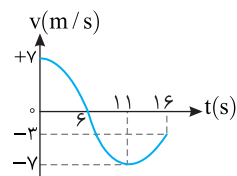
۲۷۲ ۳ در شکل روبه‌رو در یک بازه زمانی مشخص مسیر حرکت سه متحرک نشان داده شده است. متحرک دارای بیشینه تندی متوسط و متحرک دارای کمینه سرعت متوسط است.

۱) C, B ۲) A, B ۳) B, A ۴) B, C 

۲۷۲ ۴ نمودار مکان - زمان متحرکی که بر محور x حرکت می‌کند مطابق شکل است. مماس در نقطه A بر منحنی ترسیم گردیده است. اگر سرعت متوسط از لحظه $t=0$ تا $t=3s$ برابر $2m/s$ باشد، سرعت متحرک در نقطه A چند متر بر ثانیه است؟

۲) 3 ۱) $1/5$ ۴) 5 ۳) $2/5$

۲۷۲ ۵ متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، در لحظه $t=0$ از مکان $x=10m$ در جهت مثبت محور x عبور می‌کند. اگر در مدت $5s$ متحرک یکبار تغییر جهت داده و در این بازه زمانی سرعت متوسط متحرک $2m/s$ و تندی متوسط آن $4m/s$ باشد، دورترین فاصله از مبدأ مکان که متحرک ممکن است در این مدت زمان به آن برسد، چند متر است؟

۴) 25 ۳) 40 ۲) 35 ۱) 15 

۲۷۲ ۶ نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی خط راست در حرکت است، در مدت 16 ثانیه مطابق شکل روبه‌رو است. در این بازه به ترتیب از راست به چپ شتاب متوسط چند m/s^2 و بردار شتاب در ثانیه چندم تغییر جهت داده است؟

۲) $6, -\frac{5}{8}$ ۱) $6, \frac{8}{5}$ ۴) $11, -\frac{5}{8}$ ۳) $11, \frac{8}{5}$

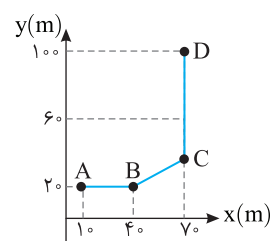
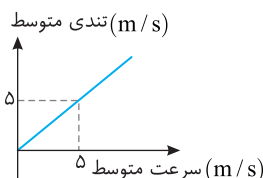
۲۷۲ ۷ نمودار تندی متوسط بر حسب اندازه سرعت متوسط متحرکی به صورت شکل زیر است. کدام گزینه الزاماً درست است؟

۱) بردار سرعت ثابت است.

۲) بزرگی سرعت ثابت است.

۳) بردار شتاب متوسط ثابت است.

۴) بزرگی شتاب متوسط ثابت است.



۲۷۲ ۸ متحرکی با تندی ثابت $20m/s$ روی سطح افقی در مسیر نشان داده شده در حال حرکت است. اندازه شتاب متوسط آن در مدت زمانی که از A تا D حرکت می‌کند، چند متر بر مجذور ثانیه است؟

۲) $\frac{10\sqrt{2}}{3}$ ۱) $10\sqrt{2}$ ۴) $\frac{10\sqrt{2}}{5}$ ۳) 5



مطابق شکل زیر دو متحرک (۱) و (۲) هم‌زمان در ساعت ۱۲:۰۰ از دو نقطه A و B به ترتیب با تندی‌های ثابت ۲v و v در امتداد محور xها به طرف هم به حرکت در می‌آیند و در ساعت ۱۴:۰۰ به هم می‌رسند. متحرک (۱) در چه ساعتی به نقطه B می‌رسد؟

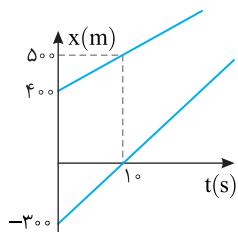
خارج ریاضی - ۹۹

(۲) ۱۸:۰۰

(۱) ۱۵:۰۰

(۴) ۲۰:۰۰

(۳) ۱۶:۰۰



نمودار مکان - زمان دو خودرو که روی خط راست حرکت می‌کنند، مطابق شکل زیر است. در لحظه‌های

خارج تجربی - ۱۴۰۰

t_1 و t_2 فاصله دو متحرک از هم ۶۰۰m است. $\frac{t_2}{t_1}$ کدام است؟

(۲) ۱۳

(۱) ۱۵

(۴) ۵

(۳) ۸

آزمونک

سه

رو به روی

دو

یینجره

قطاری به طول ۲۰۰m به ابتدای پلی به طول ۳۵۰m می‌رسد. اگر قطار با سرعت ثابت ۲۰m/s در حال حرکت باشد چند ثانیه روی پل خواهد بود؟

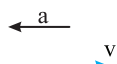
(۴) ۲۷/۵

(۳) ۱۷/۵

(۲) ۱۰

(۱) ۲۰

بردارهای سرعت و شتاب متحرکی در یک لحظه مطابق شکل روبه‌روست. بعد از این لحظه، نوع حرکت متحرک چگونه می‌تواند باشد؟ کتاب درسی



(۲) همواره تندشونده

(۱) همواره کندشونده

(۴) گزینه (۱) و (۳) می‌تواند درست باشد.

(۳) ابتدا کندشونده سپس تندشونده

متحرکی با تندی ثابت روی یک دایره به محیط ۱۲m حرکت می‌کند و در مدت ۶s، $\frac{3}{4}$ این محیط را طی می‌کند. به ترتیب از راست به چپ

اندازه سرعت متوسط و اندازه شتاب متوسط متحرک در هر ۴ ثانیه در SI کدام است؟

(۴) ۱/۵، ۳

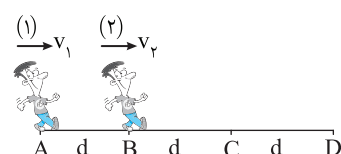
(۳) ۰/۷۵، ۱

(۲) ۳، ۱/۵

(۱) ۱، ۰/۷۵

در شکل زیر شخص (۱) با تندی ثابت v_1 در جهت نشان داده شده شروع به حرکت کرده و شخص (۲)، ۲۰s پس از آن از نقطه B با سرعت

ثابت v_2 به راه می‌افتد و در نقطه C دو شخص به هم می‌رسند. دو شخص با چه اختلاف زمانی به نقطه D می‌رسند؟



(۲) $\frac{d}{v_1} - 20$

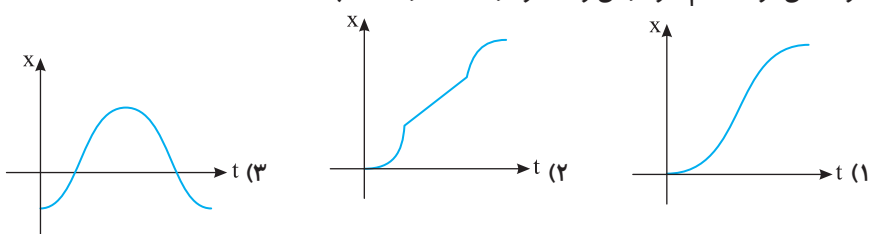
(۱) $\frac{d}{v_1} + 20$

(۴) $\frac{d}{v_2} - 20$

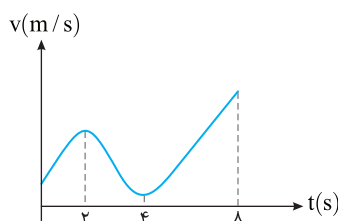
(۳) $\frac{d}{v_2} + 20$

متحرکی از حال سکون شروع به حرکت می‌کند تا سرعتش به v می‌رسد، سپس مدتی با این سرعت به حرکت خود ادامه می‌دهد و ترمز کرده و متوقف می‌شود. کدام نمودار می‌تواند نمودار مکان - زمان آن باشد؟

از کتاب درسی



(۴) گزینه‌های (۱) و (۲) درست هستند.



نمودار سرعت - زمان متحرکی مطابق شکل روبه‌رو است. اندازه شتاب متوسط در کدام یک از

خارج تجربی - ۱۴۰۰

بازه‌های زمانی مشخص شده در گزینه‌ها بیشتر است؟

(۲) ۲s تا ۴s

(۱) ۲s تا ۴s

(۴) ۸s تا ۴s

(۳) ۸s تا ۴s



۴۶۹ ۷

اتومبیلی با تندى (سرعت) ثابت 72 km/h در یک مسیر مستقیم حرکت می کند که ناگهان راننده مانع ثابتی را در 52 متری خود می بیند و

ترمز می کند و حرکت اتومبیل با تندى ثابت 4 m/s^2 کند می شود. اگر زمان واکنش 0.5 s باشد، اتومبیل:

(۱) 2 متر قبل از مانع متوقف می شود. (۲) در لحظه رسیدن به مانع متوقف می شود.

(۳) با تندى (سرعت) 8 m/s به مانع برخورد می کند. (۴) با تندى (سرعت) $4\sqrt{5} \text{ m/s}$ به مانع برخورد می کند.

۴۶۹ ۸

دو متحرک از حال سکون با شتاب های a_1 و $a_2 = \frac{9}{4} a_1$ هم زمان از یک نقطه به سوی مقصدی معین به حرکت در می آیند و با فاصله زمانی 4

ثانیه به مقصد می رسند. زمان حرکت جسمی که زودتر می رسد، چند ثانیه است؟

(۱) 5 (۲) 6 (۳) 8 (۴) 9

۴۶۹ ۹

مطابق شکل متحرکی بدون سرعت اولیه از مبدأ مکان در جهت مثبت محور x با شتاب ثابت شروع به حرکت کرده و هر یک از جابه جایی های MN و NP را در مدت 4 s طی می کند. فاصله OM چند متر است؟

(۱) 4 (۲) 16 (۳) 10 (۴) 6

۴۶۹ ۱۰

نمودار مکان - زمان متحرکی که با شتاب ثابت حرکت می کند، مطابق شکل زیر است. جابه جایی متحرک در بازه زمانی $t_1 = 0$ تا $t_2 = 8 \text{ s}$

چند برابر مسافت طی شده در این بازه زمانی است؟

(۱) $\frac{5}{17}$ (۲) $\frac{5}{14}$
(۳) $\frac{8}{17}$ (۴) $\frac{9}{14}$

آزمونک

چهار

رو به روی

سه

پنج



۵۹۸ ۱

نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور x ها در حرکت است. مطابق شکل روبه رو است. در

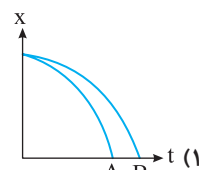
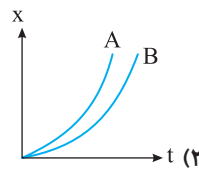
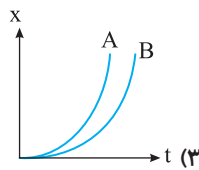
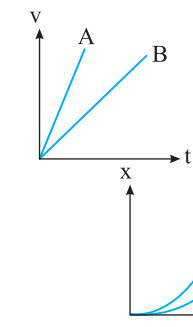
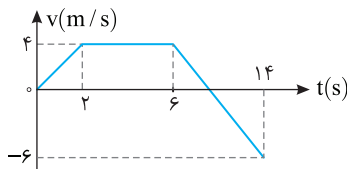
بازه زمانی داده شده، متحرک چند ثانیه خلاف جهت محور در حرکت بوده است؟

(۱) $3/2$ (۲) $4/8$ (۳) $9/2$ (۴) 6

۵۹۸ ۲

دو متحرک A و B از مبدأ مکان شروع به حرکت کرده اند و نمودار $v-t$ آن ها به صورت روبه رو

است. نمودار $x-t$ این دو متحرک کدام گزینه می تواند باشد؟



۵۹۸ ۳

یک قطار به طول l متر در مسیر مستقیم با شتاب 1 m/s^2 در حرکت است. اگر در لحظه t جلوی قطار از نقطه A با سرعت 20 m/s عبور

کرده و در لحظه $t+10 \text{ s}$ انتهای آن از این نقطه عبور کند، l چند متر است؟

(۱) 250 (۲) 200 (۳) 150 (۴) 300

۵۹۸ ۴

متحرکی با شتاب ثابت در مبدأ زمان با سرعت 10 m/s شروع به حرکت کرده و در ثانیه سوم حرکتش جابه جایی متحرک صفر است. در بازه

زمانی $t=0$ تا $t=5 \text{ s}$ مسافت طی شده متحرک چند متر است؟

(۱) صفر (۲) $12/5$ (۳) 25 (۴) $37/5$

۵۹۸ ۵

در یک خیابان مستقیم خودرویی پس از سبز شدن چراغ راهنمایی شروع به حرکت می کند و پشت چراغ قرمز بعدی که 450 متر دورتر است،

می ایستد. اگر بیشترین سرعت مجاز در این خیابان 15 m/s و اندازه شتاب در حرکت های تندشونده و کندشونده $1/5 \text{ m/s}^2$ باشد، حداقل

چند ثانیه طول می کشد تا خودرو فاصله بین دو چراغ را طی کند؟

(۱) 10 (۲) 20 (۳) 30 (۴) 40

متحرکی که با شتاب ثابت روی خط راست در حرکت است، در بازه‌های زمانی یکسان و متوالی T به ترتیب جابه‌جایی‌های Δx_1 ، Δx_2 ، Δx_3 را طی می‌کند اگر متحرک دارای حرکت تندشونده باشد به ترتیب از راست به چپ این سه جابه‌جایی کدام گزینه می‌تواند باشد؟

۵۹۸

۶

(۱) 20m ، صفر، -20m

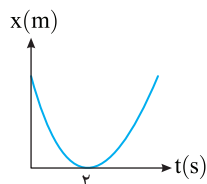
(۲) 10m ، 30m ، 50m

(۳) 10m ، 30m ، 70m

نمودار مکان - زمان متحرکی مطابق شکل روبه‌رو به صورت سهمی است. کدام مورد درست است؟

۵۹۸

۷



خارج تجربی - ۹۹

(۱) مسافت طی شده در ۳ ثانیه اول برابر مسافت طی شده در ۳ ثانیه دوم است.

(۲) مسافت طی شده در ۳ ثانیه اول برابر بزرگی جابه‌جایی در این مدت است.

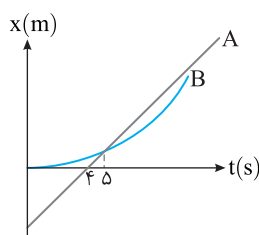
(۳) بزرگی سرعت متوسط در ۴s اول برابر بزرگی سرعت متوسط در بازه زمانی $t_1=1\text{s}$ تا $t_2=5\text{s}$ است.

(۴) بزرگی سرعت متوسط در ۳s اول برابر بزرگی سرعت متوسط در بازه زمانی $t_1=1\text{s}$ تا $t_2=4\text{s}$ است.

نمودار مکان - زمان دو متحرک A و B به صورت روبه‌رو است. اگر متحرک B از حال سکون شروع به حرکت کرده باشد، در چه لحظه‌ای تندی دو متحرک باهم برابر خواهد شد؟

۵۹۸

۸

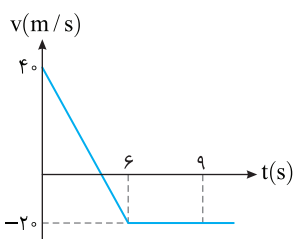


(۱) ۸

(۲) $12/5$

(۳) ۲۵

(۴) ۱۵



شکل زیر نمودار $v-t$ متحرکی را نشان می‌دهد، اگر این متحرک پس از ۹s مجدد از مکان اولیه خود عبور کند، چند ثانیه حرکت متحرک کند شونده بوده است؟

۵۹۸

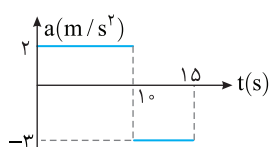
۹

(۱) ۶

(۲) ۹

(۳) ۴

(۴) ۳



نمودار شتاب - زمان متحرکی که روی محور X حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. اگر در لحظه $t=3\text{s}$ سرعت متحرک، $\vec{v}=(1\text{m/s})\vec{i}$ باشد، سرعت متوسط متحرک در بازه زمانی $t_1=7\text{s}$ تا $t_2=10\text{s}$ چند متر بر ثانیه است؟

۵۹۸

۱۰

خارج ریاضی - ۱۴۰۰

(۱) ۹

(۲) ۱۵

(۳) ۶

(۴) ۱۲

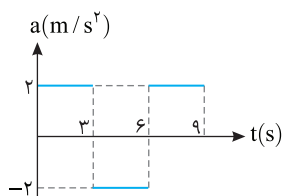
آزمونک

پنج

رو به روی

چهار

یینجره



در شکل روبه‌رو نمودار شتاب - زمان متحرکی که در مبدأ زمان از مبدأ مکان روی محور X با سرعت -6m/s شروع به حرکت کرده رسم شده است. مسافت طی شده در بازه صفر تا ۹s چند متر است؟

۶۶۸

۱۱

(۱) -۱۸

(۲) ۲۷

(۳) -۹

(۴) ۱۸

متحرکی در مسیری مستقیم از حال سکون با شتاب ثابت 2m/s^2 شروع به حرکت کرده و سپس با شتاب 3m/s^2 ترمز می‌کند تا متوقف شود. اگر کل مدت زمان حرکت 10s باشد، سرعت متوسط متحرک در مدتی که $\frac{5}{12}$ مسیر را طی کرده، تقریباً چند متر بر ثانیه است؟

۶۶۸

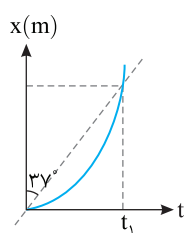
۲

(۱) ۲

(۲) ۵

(۳) $4/2$

(۴) $3/5$



نمودار مکان- زمان ذره‌ای که روی خط راست حرکت می‌کند، مطابق شکل روبه‌رو بوده و نمودار بخشی از یک سهمی است. سرعت متحرک در لحظه t_1 چند متر بر ثانیه است؟ (مقیاس روی دو محور معادل یکای SI هر کمیت است)

ریاضی - ۹۹

و $\sin 53^\circ = 4/5$

(۲) $\frac{8}{3}$

(۱) $\frac{4}{3}$

(۴) $0/6$

(۳) $0/8$

گلوله‌ای از ارتفاع h رها می‌شود. اگر سرعت متوسط در دو ثانیه آخر سقوط 15 m/s باشد، h چند متر است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$) مقاومت هوا

ناچیز)

(۴) $31/25$

(۳) 55

(۲) 45

(۱) 35

در شرایط خلأ گلوله‌ای از بالای برجی رها می‌شود. اگر این گلوله در مدت زمان 1 s فاصله بین تالار تا پارکینگ برج را که به ترتیب در فاصله‌های

23 و 3 متری از سطح زمین قرار دارند طی کند، ارتفاع برج چند متر است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

(۴) 125

(۳) $34/25$

(۲) $80/75$

(۱) 28

مسافتی که جسمی در سقوط آزاد در ثانیه آخر می‌پیماید مساوی با تمام مسافت پیموده شده قبل از آن است، تمام ارتفاع پیموده شده تقریباً چند متر است؟ (مقاومت هوا ناچیز، $g = 10 \text{ m/s}^2$ است و $\sqrt{2} \approx 1/4$.)

(۴) 76

(۳) 29

(۲) 116

(۱) $57/8$

در شرایط خلأ، گلوله‌ای را از ارتفاع h از حالت سکون رها می‌کنیم، گلوله پس از 5 s به زمین می‌رسد. مسافت طی شده توسط گلوله در ثانیه سوم حرکت چند متر است؟ ($g = 9/8 \text{ m/s}^2$)

(۴) $44/1$

(۳) $39/2$

(۲) $24/5$

(۱) $14/7$

گلوله‌ای را در شرایط خلأ از ارتفاع h از سطح زمین رها می‌کنیم. گلوله، نیمه اول مسیر خود را در مدت $3\sqrt{2}$ ثانیه می‌پیماید. سرعت گلوله در فاصله 45 متری سطح زمین چند متر بر ثانیه است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

(۴) $20\sqrt{3}$

(۳) 20

(۲) $30\sqrt{3}$

(۱) 30

دو گلوله در شرایط خلأ به فاصله زمانی $2/5 \text{ s}$ از یک نقطه بالای زمین رها می‌شوند. چند ثانیه پس از رها شدن گلوله اول، فاصله دو گلوله به $68/75 \text{ m}$ می‌رسد؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

ریاضی - ۹۱

(۴) $4/5$

(۳) 4

(۲) 3

(۱) $2/5$

جسمی را از ارتفاع h از سطح زمین رها می‌کنیم. سرعت این جسم در ارتفاع $\frac{1}{4}h$ از سطح زمین برابر کدام است؟ (از مقاومت هوا چشم‌پوشی

کنکور دهه‌های گذشته

کنید.)

(۴) $\frac{3\sqrt{gh}}{2}$

(۳) $\frac{\sqrt{gh}}{2}$

(۲) $\sqrt{\frac{3}{2}gh}$

(۱) $\sqrt{\frac{1}{2}gh}$

فصل ششم

آشنایی با فیزیک هسته‌ای





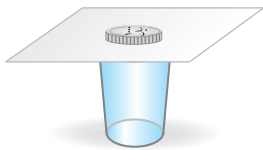
آزمونک

دو

رو به روی

یک

یخچره

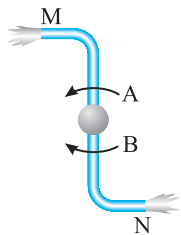


در شکل زیر، سکه‌ای بر روی مقوایی افقی قرار دارد. بار اول مقوا را به آرامی و بار دوم خیلی سریع در امتداد

از کتاب درسی

افقی می‌کشیم. کدام مورد درباره این دو آزمایش صحیح است؟

- (۱) در آزمایش اول سکه درون لیوان می‌افتد و در آزمایش دوم سکه همراه مقوا حرکت می‌کند.
- (۲) در آزمایش اول سکه همراه مقوا حرکت می‌کند و در آزمایش دوم سکه درون لیوان می‌افتد.
- (۳) در هر دو آزمایش سکه درون لیوان می‌افتد.
- (۴) در هر دو آزمایش سکه همراه مقوا حرکت می‌کند.



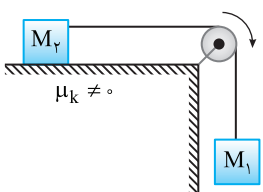
در شکل روبه‌رو، آب از دو انتهای فواره خارج می‌شود، فواره در جهت می‌چرخد و چرخش آن‌ها استفاده از قانون نیوتون قابل توجیه است.

(۲) B، اول

(۱) A، سوم

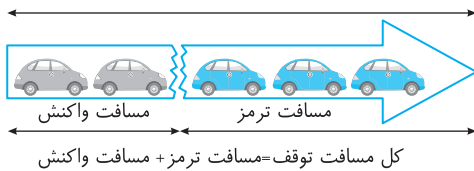
(۴) B، سوم

(۳) A، اول



در شکل روبه‌رو، دستگاه از حال سکون رها شده و در حال حرکت است. کدام گزینه درست است؟

- (۱) نیرویی که وزنه M_1 بر نخ وارد می‌کند از M_1g کمتر است.
- (۲) نیرویی که وزنه M_1 بر نخ وارد می‌کند برابر M_1g است.
- (۳) نیرویی که وزنه M_1 بر نخ وارد می‌کند از M_1g بیشتر است.
- (۴) نیرویی که وزنه M_1 بر وزنه M_2 وارد می‌کند از نیروی اصطکاک بین M_2 و سطح میز بیشتر است.



خودرویی به جرم 1500 kg با تندی 20 m/s مانعی را در 50 m تری می‌بیند و ترمز می‌کند. اگر زمان واکنش راننده 0.5 s باشد و خودرو مماس بر مانع متوقف شود، در 0.5 s اول پس از مشاهده مانع و 0.5 s آخر حرکت اندازه نیروی خالص وارد بر خودرو به ترتیب از راست به چپ چند نیوتون است؟ (نیروی مقاوم در مقابل حرکت در طول مسیر ثابت فرض شود.)

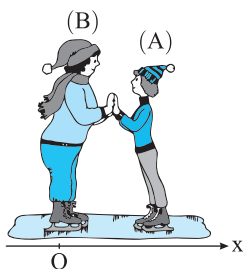
از کتاب درسی

(۴) 2500 ، صفر

(۳) صفر، 2500

(۲) صفر، 7500

(۱) 7500 ، 7500



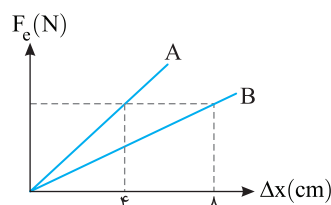
مطابق شکل زیر دو شخص ساکن روی سطح افقی بدون اصطکاک، شروع به وارد کردن نیرو به یکدیگر در راستای افقی می‌کنند. اگر جرم شخص A برابر 50 kg و جرم شخص B برابر 80 kg باشد و شتابی که شخص A می‌گیرد 2 m/s^2 باشد و این دو به مدت 0.5 s به هم نیرو وارد کرده و سپس از هم جدا شوند، هنگام جدا شدن اختلاف بزرگی سرعت‌های دو شخص چند متر بر ثانیه است؟

(۲) 0.5

(۱) 375

(۴) ۱

(۳) 625



نمودار نیروی وارد بر فنر بر حسب تغییر طول آن برای دو فنر A و B به صورت روبه‌رو است. اگر جسمی به جرم 4 kg را به انتهای این دو فنر آویزان کنیم، تغییر طول فنر B، 4 cm سانی متر بیشتر از تغییر طول فنر A خواهد شد. ثابت فنر A در SI کدام است؟

(۲) 250

(۱) 750

(۴) 1000

(۳) 500

در شرایط خلاء گلوله‌ای به جرم 300 g از ارتفاع h رها شده و پس از 2 s به زمین می‌رسد، اگر همین گلوله را در هوا و از ارتفاع $h - 5$ رها کنیم، گلوله مجدداً پس از 2 s به زمین می‌رسد. نیروی مقاومت هوا وارد بر گلوله در حالت دوم چند نیوتون ثانیه است؟ (نیروی مقاومت هوا را در طول سقوط ثابت فرض کنید.) ($g = 10\text{ N/kg}$)

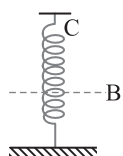
(۴) $2/5$

(۳) $1/5$

(۲) $0/5$

(۱) $0/75$

• A



۸۳۰ ۸ مطابق شکل گلوله‌ای در خلأ از نقطه A رها شده و در نقطه C به فنر برخورد کرده و در نقطه B به صورت لحظه‌ای متوقف می‌شود. در کدام ناحیه نوع حرکت گلوله تغییر می‌کند؟

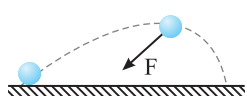
- (۱) در لحظه برخورد به C
(۲) در مسیر C تا B
(۳) در مسیر A تا C
(۴) هر سه حالت ممکن است.

۸۳۰ ۹ چتر بازی به جرم 50 kg از ارتفاع مشخصی نسبت به سطح زمین به پایین می‌پرد و وقتی تندیش به 15 m/s^2 می‌رسد، چتر خود را باز می‌کند.

اگر پس از باز کردن چتر رابطه بین تندى چتر باز و نیروی مقاومت هوا در SI به صورت $f_D = 4v^2$ باشد، به ترتیب از راست به چپ بیشینه بزرگی

شتاب چتر باز پس از باز شدن چتر و تندى حدی آن در SI کدام است؟ $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$

- (۱) $2/5, 8$ (۲) $5\sqrt{5}, 8$ (۳) $5\sqrt{5}, 4$ (۴) $2/5, 4$



۸۳۰ ۱۰ در شکل روبه‌رو نیروی خالص وارد بر جسم در لحظه نشان داده شده با راستای قائم زاویه 30° می‌سازد. در

این لحظه شتاب در راستای قائم چند برابر شتاب در راستای افقی است؟ $(\sin 30^\circ = \frac{1}{2})$

- (۱) $\sqrt{3}$ (۲) $\frac{\sqrt{3}}{3}$ (۳) $\frac{\sqrt{3}}{6}$ (۴) $\frac{\sqrt{2}}{3}$

آزمونک

سه

رو به روی

دو

یینجره

۱۰۰۷ ۱ به فنر سبک و همگنی یک‌بار وزنه 4 کیلوگرمی و بار دیگر وزنه 5 کیلوگرمی می‌آویزیم، به ترتیب طول فنر 14 cm و 15 cm می‌شود. طول طبیعی

از کتاب درسی

فنر و ثابت فنر به ترتیب از راست به چپ چند cm و چند N/m است؟ $(g = 10\text{ N/kg})$

- (۱) $100, 10$ (۲) $1000, 10$ (۳) $100, 20$ (۴) $1000, 20$

۱۰۰۷ ۲ دو نفر برای پاره کردن طنابی دو راه در پیش دارند، اول اینکه هر کدام از یک سر طناب، آن را بکشند و دیگر آنکه یک سر طناب را به دیوار

بسته و دو نفری از یک طرف آن را بکشند. کدام روش بهتر است؟

- (۱) روش اول (۲) روش دوم (۳) هر دو روش یکسان است. (۴) نمی‌توان اظهارنظر کرد.

۱۰۰۷ ۳ چتر بازی از یک بالگرد تقریباً ساکن که در ارتفاع نسبتاً زیادی قرار دارد به بیرون پریده و بعد از مدتی چتر خود را باز می‌کند. از لحظه پرش تا

رسیدن به زمین نوع حرکت متحرک چگونه است؟

- (۱) تندشونده - کندشونده
(۲) تندشونده - تندى ثابت
(۳) تندشونده - کندشونده - تندى ثابت
(۴) کندشونده - تندى ثابت

۱۰۰۷ ۴ شخصی به جرم 50 kg درون آسانسوری که شتاب حرکت آن 2 m/s^2 به سمت بالا می‌باشد، ایستاده است. برآیند نیروهای وارد بر شخص

چند نیوتون است؟

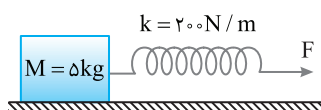
- (۱) 100 (۲) 400 (۳) 600 (۴) 500



۱۰۰۷ ۵ در شکل روبه‌رو یک نردبان یکنواخت به وزن W به دیوار قائم بدون اصطکاکی تکیه داده و شخصی به جرم W'

در وسط آن ایستاده است. اگر نردبان در آستانه سر خوردن باشد چه نیرویی از دیوار به نردبان وارد می‌شود؟

- (۱) W (۲) $W' + W$ (۳) $(W + W')\mu_S$ (۴) $W\mu_S$



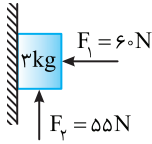
۱۰۰۷ ۶ جسمی روی یک سطح افقی تحت تأثیر نیروی افقی F با سرعت ثابت کشیده می‌شود. اگر افزایش طول فنر

در ضمن حرکت 5 سانتی‌متر باشد، ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح کدام است؟

تجربی - ۹۸

$(g = 10\text{ m/s}^2)$

- (۱) $0/2$ (۲) $0/25$ (۳) $0/3$ (۴) $0/4$



مطابق شکل مقابل، جسم را با نیروی افقی F_1 به دیوار قائمی می فشاریم و جسم ساکن می ماند. اگر نیروی قائم F_2 نیز به جسم وارد شود، در این حالت نیرویی که سطح به جسم وارد می کند، چند نیوتون است؟ ($g=10\text{ m/s}^2$)

خارج تجربی - ۱۴۰۰

$$30\sqrt{5} \quad (2)$$

$$60 \quad (4)$$

$$30\sqrt{3} \quad (1)$$

$$65 \quad (3)$$

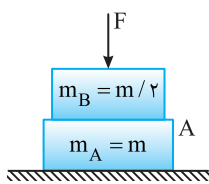
جسمی به جرم 2 kg توسط طناب نازکی با نیروی قائم و ثابت $F=5\text{ N}$ به طور قائم به طرف پایین در حرکت است. اگر پس از مدتی طناب پاره شود و جسم سقوط کند، بزرگی شتاب حرکت جسم قبل و بعد از پاره شدن طناب به ترتیب از راست به چپ چند متر بر مجذور ثانیه است؟ ($g=10\text{ m/s}^2$)

$$7/5 \quad (4) \quad \text{صفر}$$

$$10, 7/5 \quad (3)$$

$$12/5, \text{ صفر} \quad (2)$$

$$10, 12/5 \quad (1)$$



در شکل روبه رو نیرویی که سطح افقی بر جسم A وارد می کند ۲ برابر نیرویی است که سطح A بر جسم B وارد می کند. نیروی F چند برابر mg می باشد؟

$$2 \quad (2)$$

$$1/3 \quad (4)$$

$$1 \quad (1)$$

$$1/2 \quad (3)$$

جسمی به جرم 2 kg روی سطح افقی ساکن است. به آن نیروی افقی و ثابت F وارد می شود و جسم شروع به حرکت می کند. اگر معادله سرعت - زمان آن در SI به صورت $v=3t+2$ باشد، چنانچه پس از ۴s از اعمال نیرو، F را حذف کنیم و جسم پس از ۷s از حذف نیرو متوقف شود، F چند نیوتون است؟

$$12 \quad (4)$$

$$15 \quad (3)$$

$$8 \quad (2)$$

$$10 \quad (1)$$

آزمونک

چهار

رو به روی

سه

یخچره

دو جسم A و B با سرعت های ثابت در حرکت اند و تکانه آن ها با یکدیگر برابر است. اگر انرژی جنبشی جسم B، ۵ برابر انرژی جنبشی جسم A باشد، نسبت جرم A به جرم B کدام است؟

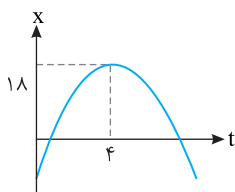
تجربی خارج - ۹۸

$$5 \quad (4)$$

$$\sqrt{5} \quad (3)$$

$$1 \quad (2)$$

$$1/5 \quad (1)$$



نمودار مکان - زمان متحرکی که روی محور X حرکت می کند، مطابق شکل مقابل به صورت یک سهمی است. چند ثانیه پس از لحظه $t=0$ ، اندازه تکانه متحرک برابر اندازه آن در $t=0$ می شود؟

ریاضی - ۹۳

$$7 \quad (2)$$

$$9 \quad (4)$$

$$6 \quad (1)$$

$$8 \quad (3)$$

جسمی به جرم 2 kg با تندی ثابت 4 m/s در هر ۲s یک دوره کامل دایره ای را طی می کند. اندازه تغییر تکانه در مدت $t=\frac{1}{4}\text{ s}$ تا $t=\frac{5}{4}\text{ s}$

چند کیلوگرم متر بر ثانیه است؟

$$4 \quad (4)$$

$$16 \quad (3)$$

$$8\sqrt{2} \quad (2)$$

$$\text{صفر} \quad (1)$$

شخصی به جرم 60 kg درون آسانسور روی ترازوی فنری قرار دارد. در حالت اول آسانسور با شتاب ثابت a رو به بالا شروع به حرکت می کند و در حالت دوم آسانسور با شتاب ثابت $2a$ رو به پایین شروع به حرکت می کند. اختلاف عددی که ترازوی فنری در این دو حالت نشان می دهد، 270 N است. a چند متر بر مربع ثانیه است؟ ($g=10\text{ m/s}^2$)

$$3/4 \quad (4)$$

$$3/2 \quad (3)$$

$$2 \quad (2)$$

$$3 \quad (1)$$

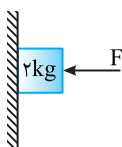
جسمی به جرم 4 kg روی سطح افقی تحت اثر نیروی افقی F با سرعت ثابت 5 m/s حرکت می کند. اگر F قطع شود، جسم پس از طی مسافت ۴ متر متوقف می شود. F چند نیوتون است؟

$$12/5 \quad (4)$$

$$20 \quad (3)$$

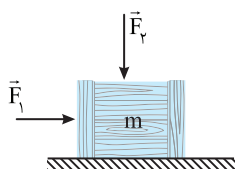
$$10 \quad (2)$$

$$2/5 \quad (1)$$



در شکل روبه‌رو جسم تحت تأثیر نیروی $F=40\text{N}$ با تندی ثابت $v=10\text{m/s}$ در حال حرکت به سمت پایین می‌باشد. اگر نیروی F را $\frac{3}{4}$ برابر کنیم جسم پس از طی چه مسافتی بر حسب متر متوقف می‌شود؟

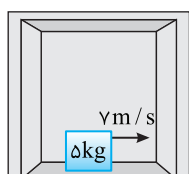
- ۱) ۱۰ (۱) ۲) ۲/۵ (۲) ۳) ۱/۲۵ (۳) ۴) ۰/۷۵ (۴)



مطابق شکل مقابل، دو نیروی افقی و قائم $\vec{F}_h$ و $\vec{F}_v$ به جسمی که روی سطح افقی قرار دارد، وارد می‌شود و جسم ساکن است. اگر بزرگی این دو نیرو، هر یک ۲ برابر شود و جسم همچنان ساکن بماند، نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند، k برابر می‌شود. کدام مورد درست است؟

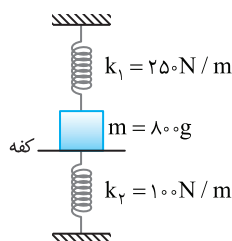
خارج تجربی - ۹۹

- ۱) $2 < k < 3$ (۱) ۲) $1 < k < 2$ (۲) ۳) $k = 2$ (۳) ۴) $k = 1$ (۴)



جسمی به جرم 5kg را کف آسانسوری که با شتاب 4m/s^2 در حال حرکت به سمت بالا است با تندی افقی $v\text{m/s}$ روی کف آسانسور مماس بر کف پرتاب می‌کنیم. اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح آسانسور 0.2 باشد، این جسم پس از چند ثانیه متوقف می‌شود؟ ($g=10\text{N/kg}$)

- ۱) ۱/۵ (۱) ۲) ۱ (۲) ۳) ۳ (۳) ۴) ۲/۵ (۴)



مطابق شکل وزنه‌ای را توسط کفه‌ای در تعادل قرار داده‌ایم به طوری که فنرها طول طبیعی خود را داشته باشند. اگر کفه را رها کنیم ۲cm پایین می‌آید، شتاب وزنه چند متر بر مربع ثانیه و به کدام سمت می‌شود؟ ($g=10\text{N/kg}$)

- ۱) ۵ (۱) ۲) ۱۰ (۲) ۳) ۲/۵ (۳) ۴) ۱/۲۵ (۴)

گلوله‌ای به جرم m از لبه یک بام به طور مایل پرتاب می‌شود. اندازه تغییر سرعت گلوله در مدت 5s چند متر بر ثانیه است؟ ($g=10\text{N/kg}$)

- ۱) ۲۵ (۱) ۲) ۲۰ (۲) ۳) ۵۰ (۳) ۴) ۴۰ (۴)

آزمونک

پنج

رو به روی

چهار

سینجره

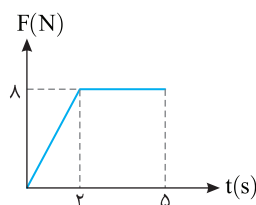
دو جسم به جرم‌های 5kg و 2kg تحت تأثیر نیروهای یکسان F از حال سکون به حرکت در می‌آیند و پس از زمان معین t ، تکانه جسم سنگین‌تر 20 واحد SI می‌شود. انرژی جنبشی جسم سبک‌تر در این لحظه چند ژول است؟

- ۱) ۲۰۰ (۱) ۲) ۱۰۰ (۲) ۳) ۵۰ (۳) ۴) ۲۵ (۴)

دو نیروی $\vec{F}_1 = 7/5\vec{i} + a\vec{j}$ و $\vec{F}_2 = -1/5\vec{i} + 2/5\vec{j}$ هم‌زمان به جسم ساکنی به جرم m وارد می‌شوند. اگر در مدت 3s تکانه جسم به 30 واحد SI برسد، a کدام گزینه می‌تواند باشد؟

کنکور دهه‌های گذشته

- ۱) ۲/۵ (۱) ۲) ۸/۵ (۲) ۳) ۵/۵ (۳) ۴) بسته به مقدار m هر سه مورد ممکن است. (۴)



در شکل روبه‌رو نمودار نیرو - زمان وارد بر جسمی در مدت 5s نشان داده شده است، نیروی خالص متوسط وارد بر جسم در این مدت چند نیوتون است؟

- ۱) ۴ (۱) ۲) ۶/۴ (۲) ۳) ۴/۸ (۳) ۴) ۵/۲ (۴)

جسمی به جرم 5kg روی سطح افقی ساکن است. نیروی افقی $F=20\text{N}$ به آن وارد شده، جسم شروع به حرکت کرده و پس از 7s ، تکانه آن 35kgm/s می‌شود. نیروی F را به‌طور ناگهانی 8N کاهش می‌دهیم 2s پس از کاهش F ، تکانه جسم چند kgm/s می‌شود؟

- ۱) ۶۹ (۱) ۲) ۵۹ (۲) ۳) ۴۱ (۳) ۴) ۲۹ (۴)

جرم گلوله A دو برابر گلوله B است و هر کدام به ترتیب با دوره 3s و 5s روی دو مسیر دایره‌ای جداگانه می‌چرخند. اگر اندازه تکانه

۱۱۹۹



A و اندازه تکانه B برابر باشد، اندازه شتاب مرکزگرای A چند برابر اندازه شتاب مرکزگرای B است؟

- (۱) $\frac{5}{3}$ (۲) $\frac{6}{5}$ (۳) $\frac{5}{6}$ (۴) $\frac{3}{5}$

۱۱۹۹ ۶

وزن یک جسم در سطح سیاره A، ۱۲ برابر وزن همان جسم در سطح سیاره B است و چگالی متوسط سیاره A، ۶ برابر چگالی متوسط سیاره B است. شعاع متوسط سیاره A چند برابر شعاع متوسط سیاره B خواهد بود؟

- (۱) ۴ (۲) $\frac{1}{2}$ (۳) ۲ (۴) ۸

۱۱۹۹ ۷

شتاب گرانش در سطح سیاره‌ای که جرم و حجم آن به ترتیب ۴ و ۲۷ برابر جرم و حجم کره زمین است، چند برابر شتاب گرانش در سطح زمین است؟

- (۱) $\frac{4}{27}$ (۲) $\frac{27}{4}$ (۳) $\frac{4}{9}$ (۴) ۳۶

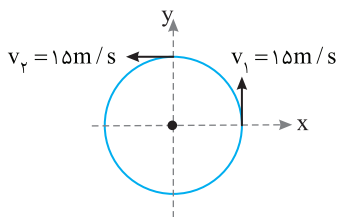
۱۱۹۹ ۸

ماهواره‌ای به جرم ۵۰۰ کیلوگرم در ارتفاع ۱۶۰۰ کیلومتری سطح زمین به دور آن می‌چرخد. نیروی مرکزگرای وارد بر ماهواره چند نیوتون است؟
($g = 10 \text{ m/s}^2$ و $R_e = 6400 \text{ km}$)

- (۱) ۵۰۰۰ (۲) ۳۲۰۰ (۳) ۸۰۰ (۴) ۶۴۰

۱۱۹۹ ۹

ذره‌ای مطابق شکل، در صفحه XY، روی مسیر دایره‌ای حرکت می‌کند. در لحظه‌های $t_1 = 3 \text{ s}$



و $t_2 = 8 \text{ s}$ ، بردار سرعت ذره مطابق شکل، به ترتیب برابر $\vec{v}_1$ و $\vec{v}_2$ است. بردار شتاب متوسط

این ذره در بازه زمانی t_1 تا t_2 ، در SI کدام است؟

- (۱) $3\vec{i} - 4\vec{j}$ (۲) $3\sqrt{2}\vec{i} - 3\vec{j}$ (۳) $-3\vec{i} - 3\vec{j}$ (۴) $-3\vec{i} - 4\vec{j}$

۱۱۹۹ ۱۰

در صورتی که آونگی از سقف یک وسیله متحرک که در حال گذشتن از یک مسیر دوار به شعاع ۴۰ متر است، آویزان باشد و از امتداد قائم 45° منحرف شده باشد، سرعت وسیله در هنگام دور زدن چند کیلومتر بر ساعت است؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$)

- (۱) ۳۶ (۲) ۷۲ (۳) ۵۴ (۴) ۹۰

یئجره

یک

رو به روی

دو

آزمونک

۱۳۹۹ ۱ معادله حرکت یک نوسانگر هماهنگ ساده در SI به صورت $x = 0.4 \cos\left(\frac{\pi}{4}t\right)$ است. تندی متوسط نوسانگر در ثانیه سوم حرکت چند برابر

تندی متوسط در بازه $t=1s$ تا $t=3s$ حرکت است؟

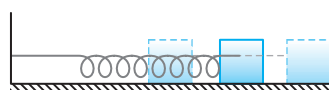
- ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) -۱

۱۳۹۹ ۲ ذره‌ای روی پاره‌خطی دارای حرکت هماهنگ ساده با معادله $x = 0.2 \cos 10\pi t$ است. در بازه زمانی $t_1 = \frac{1}{15} s$ تا $t_2 = \frac{1}{4} s$ ، تکانه

نوسانگر چند بار تغییر جهت می‌دهد؟ (یکها در SI)

- ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

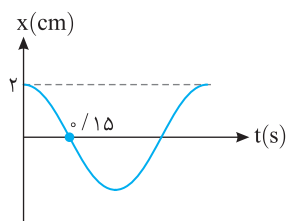
۱۳۹۹ ۳ وزنه‌ای به جرم $200g$ مطابق شکل به فنری با ثابت $k = 500 N/m$ بسته شده و روی سطح بدون اصطکاکی دارای حرکت هماهنگ ساده



است. بیشینه و کمینه طول فنر هنگام نوسان وزنه $62cm$ و $48cm$ است. بازه زمانی که طول می‌کشد تا طول فنر از $51/5cm$ برای نخستین بار به $58/5cm$ برسد چند ثانیه است؟

- ۱ (۱) $\frac{\pi}{150}$ ۲ (۲) $\frac{\pi}{75}$

۴ (۴) گزینه‌های (۱) و (۳) می‌تواند جواب باشد.



۱۳۹۹ ۴ نمودار مکان - زمان نوسانگر ساده‌ای به صورت روبه‌رو است. در بازه $t=0/1 s$ تا $t=0/4 s$ ، مسافت چند برابر اندازه جابه‌جایی است؟

- ۱ (۱) $1/5$ ۲ (۲) ۱ ۳ (۳) ۳ ۴ (۴) ۲

۱۳۹۹ ۵ آونگ ساده‌ای در مدت 72 ثانیه، 40 نوسان کامل انجام می‌دهد. طول آونگ را چگونه تغییر دهیم تا در همان مکان و در همان مدت 45 نوسان کامل انجام دهد؟ ($g = \pi^2 m/s^2$)

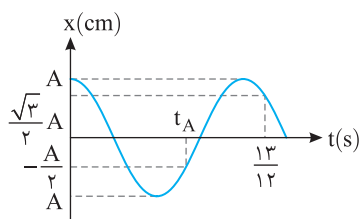
ریاضی - ۹۹

- ۱ (۱) $9cm$ کاهش دهیم. ۲ (۲) $9cm$ افزایش دهیم. ۳ (۳) $17cm$ کاهش دهیم. ۴ (۴) $17cm$ افزایش دهیم.

۱۳۹۹ ۶ نوسانگری در دو بازه زمانی متوالی t_1 و t_2 مسافت‌های $3/78cm$ و $4/22cm$ را طی می‌کند. اگر دامنه نوسان نوسانگر $2cm$ باشد،

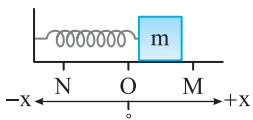
کدام گزینه درست است؟

- ۱ (۱) $t_1 + t_2 = \frac{T}{2}$ ۲ (۲) $t_1 + t_2 = T$ ۳ (۳) $t_2 - t_1 = \frac{T}{2}$ ۴ (۴) $t_2 - t_1 = T$



۱۳۹۹ ۷ نمودار مکان - زمان نوسانگر هماهنگ ساده‌ای مطابق شکل زیر است. t_A برابر چند ثانیه است؟

- ۱ (۱) $\frac{1}{3}$ ۲ (۲) $\frac{2}{3}$ ۳ (۳) ۱ ۴ (۴) $\frac{4}{3}$



۱۳۹۹/۸ مطابق شکل روبه‌رو، جسمی به جرم m به فنری با جرم ناچیز متصل است و بین دو نقطه M و N حرکت نوسانی هماهنگ ساده انجام می‌دهد. چه تعداد از جملات زیر درست می‌باشند؟
الف) در نقطه M ، اندازه شتاب نوسانگر بیشینه است. / ب) در نقطه O اندازه سرعت نوسانگر بیشینه است. / پ) در نقطه N علامت شتاب منفی است. / ت) در نقطه N اندازه نیروی کشسانی فنر کمینه است.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۱۳۹۹/۹ معادله حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI به صورت $x = 0.4 \cos 5\pi t$ است. در چه لحظه‌هایی از دوره اول حرکت، مکان نوسانگر

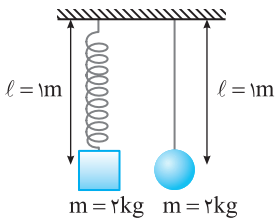
$-0.2m$ است؟

۴) گزینه (۱) و (۳) درست است.

۲ (۳)

۱ (۲)

۱ (۱)



۱۳۹۹/۱۰ در شکل روبه‌رو هر دو سیستم نوسانی با بسامد یکسان در حال نوسان‌اند. اگر طول فنر و ریسمان هر دو برابر ℓ و ثابت فنر k باشد، k چند نیوتون بر سانتی‌متر است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

۰/۲ (۲)

۲۰ (۱)

۰/۱ (۴)

۱۰ (۳)

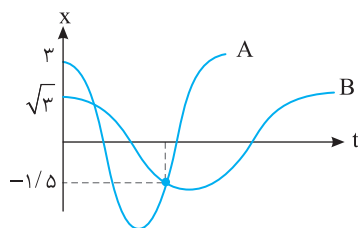
آزمونک

سه

رو به روی

دو

یینجره



نمودار مکان - زمان دو نوسانگر به صورت روبه رو است. بیشینه تندی نوسانگر A چند برابر بیشینه تندی نوسانگر B است؟

(۲) $\frac{\sqrt{3}}{4}$

(۴) $\frac{\sqrt{3}}{9}$

(۱) $\frac{5\sqrt{3}}{8}$

(۳) $\frac{8\sqrt{3}}{5}$

دامنه نوسان وزنه‌ای به جرم ۱ kg که به یک فنر با ثابت ۵ N/cm متصل است، ۴ cm است و روی سطح افقی نوسان می‌کند. اگر انرژی پتانسیل کشسانی این نوسانگر در نقطه‌ای از مسیر ۲ J باشد، بزرگی سرعت نوسانگر در این لحظه چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟ (از نیروهای اتلافی صرف نظر شود).

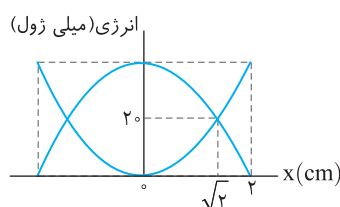
ریاضی - ۹۹

(۴) $40\sqrt{5}$

(۳) $20\sqrt{5}$

(۲) $40\sqrt{10}$

(۱) $20\sqrt{10}$



شکل روبه رو، نمودار تغییرات انرژی جنبشی و پتانسیل سامانه جرم - فنری را بر حسب مکان نشان می‌دهد. اگر حداقل زمانی که طول می‌کشد که انرژی جنبشی نوسانگر از صفر به ۴۰ mJ برسد برابر ۰/۵ s باشد، بزرگی سرعت نوسانگر در لحظه عبور از مکان $x=0$ چند متر بر ثانیه است؟

خارج تجربی - ۹۹

(۲) $\frac{\pi}{10}$

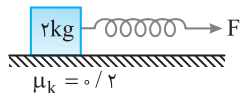
(۴) 10π

(۱) $\frac{\pi}{5}$

(۳) 2π

در شکل روبه رو وزنه ۲ kg روی سطح افقی توسط یک فنر با شتاب ۲ m/s² در حرکت بوده و طول فنر ۱۰ cm افزایش یافته است. اگر فنر را

به این وزنه متصل کرده و سر دیگری فنر را به دیواری متصل کنیم، چنانچه وزنه را روی سطح افقی بدون اصطکاک به اندازه ۵ cm از حالت



از کتاب درسی

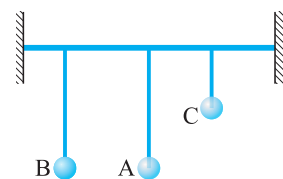
تعادل منحرف کرده و رها کنیم، بیشینه شتاب جسم چند m/s² خواهد شد؟

(۲) ۳

(۴) ۴

(۱) ۲

(۳) ۱



$l_B = l_A = 8 \text{ cm}$, $l_C = 4 \text{ cm}$

در شکل روبه رو، سه آونگ A ، B و C از یک میله فولادی کشسان آویزان هستند. جنس گلوله آونگ C مس و جرم آن ۲ g، جنس گلوله آونگ A آهن و جرم آن ۴ g و جنس گلوله آونگ B

شیشه و جرم آن ۱/۵ g است. اگر A را به نوسان در آوریم:

(۱) B و C هر دو با یک دوره شروع به نوسان می‌کنند.

(۲) A و B با دوره‌های مختلف نوسان می‌کنند.

(۳) تنها B با دوره A نوسان می‌کند.

(۴) تنها C با دوره A نوسان می‌کند.

نوسانگری تحت تأثیر نیروی $F = -200x$ است. اگر مسافتی که نوسانگر در یک دوره طی می‌کند ۲۰ سانتی‌متر باشد، در لحظه‌ای که انرژی

خارج ریاضی - ۹۷

جنبشی $\frac{1}{5}$ انرژی جنبشی بیشینه است، انرژی پتانسیل چند ژول است؟

(۴) ۰/۰۵

(۳) ۰/۰۲

(۲) ۰/۲

(۱) ۲

در یک حرکت هماهنگ ساده در یک دوره از لحظه‌ای که اندازه شتاب نوسانگر $a = +\frac{\sqrt{3}}{2} a_{\max}$ و سرعت مثبت است تا لحظه‌ای که

۱۵۲۱



اندازه شتاب نوسانگر $a = +\frac{\sqrt{3}}{2} a_{\max}$ و سرعت منفی می‌شود، مسافت طی شده چند برابر جابه‌جایی نوسانگر است؟ (با فرض اینکه

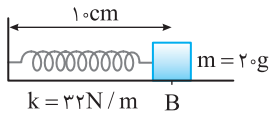
جابه‌جایی نوسانگر صفر نمی‌شود.)

- (۱) $\sqrt{3}$ (۲) $2\sqrt{3}$ (۳) $\frac{2\sqrt{3}}{3}$ (۴) ۱

معادله حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI به صورت $x = 0.08 \cos 2/5\pi t$ است. در بازه $t = 0$ تا $t = 1/2$ s چند بار انرژی جنبشی و پتانسیل نوسانگر با هم برابر می‌شود؟

- (۱) ۴ (۲) ۶ (۳) ۸ (۴) ۱۰

نوسانگری مطابق شکل روبه‌رو در دو طرف نقطه B نوسان می‌کند. اگر بیشینه سرعت نوسانگر 0.4 m/s و کینک‌ور دهه‌های گذشته باشد. کمینه فاصله جسم از دیوار چند سانتی‌متر است؟



- (۱) ۹ (۲) ۱۱ (۳) ۸ (۴) ۱۲

در یک مکان معین در بازه زمانی مشخص، تعداد نوسان‌های آونگ ساده A برابر با ۱۵۶ و آونگ ساده B برابر ۶۵ نوسان است. اگر در همین مکان، آونگ ساده‌ای قرار دهیم که طول آن برابر با مجموع طول دو آونگ A و B باشد، در همان مدت زمان، چند نوسان کامل انجام می‌دهد؟

- (۱) ۳۰ (۲) ۵۷ (۳) ۶۰ (۴) ۷۳

آزمونک

چهار

رو به روی

سه

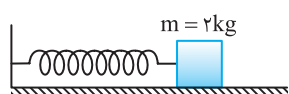
یینجره

یک موج الکترومغناطیسی را در نظر بگیرید که میدان مغناطیسی آن در یک لحظه معین در جهت منفی محور X است و جهت میدان الکتریکی آن در جهت مثبت محور Y است. در این صورت کدام گزینه می‌تواند جهت پیشروی موج باشد؟

- (۱) در جهت مثبت محور X (۲) در جهت مثبت محور Z
(۳) در جهت منفی محور Y (۴) در خلاف جهت محور Z

تندی انتشار موج عرضی در ریسمانی که با نیروی کشیده شده است برابر v است. ریسمان را از دستگاهی می‌گذرانیم تا بدون تغییر جرمش، قطر آن نصف شود. اگر مجدداً این ریسمان با همان نیروی کشش F کشیده شود، تندی انتشار موج عرضی در آن چند v می‌شود؟

- (۱) ۱ (۲) $\frac{1}{2}$ (۳) ۲ (۴) $\frac{\sqrt{2}}{2}$



در شکل روبه‌رو سامانه جرم - فنری نشان داده شده است که با دامنه 5 cm در حال نوسان است. اگر در هر دوره، به مدت 0.2 s حرکت نوسانگر کندشونده باشد، بیشینه نیروی وارد بر نوسانگر چند نیوتون است؟ ($\pi^2 \approx 10$)

- (۱) ۱۰ (۲) $7/5$ (۳) ۱۲ (۴) ۲۵

جرم وزنه و ثابت فنر سامانه جرم - فنری به ترتیب $2/25\text{ kg}$ و 900 N/m است. اگر بیشینه تندی این سامانه هنگام نوسان 1 m/s باشد، بیشینه اندازه تندی متوسط نوسانگر در یک بازه زمانی دلخواه 0.5 s چند متر بر ثانیه می‌شود؟ ($\pi \sim 3$)

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) $1/5$ (۴) $2/5$

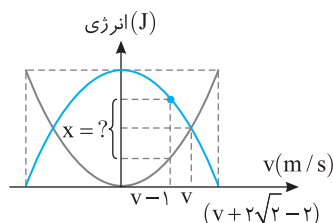
نوسانگری به جرم 100 g به انتهای فنری که ثابت آن 40 N/m است، بسته شده است و روی سطح افقی بدون اصطکاک، حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر انرژی مکانیکی نوسانگر 8 mJ باشد، لحظه‌ای که انرژی جنبشی نوسانگر برابر انرژی پتانسیل کشسانی آن است، سرعت آن چند متر بر ثانیه است؟

ریاضی - ۹۸

- (۱) $\frac{\sqrt{2}}{10}$ (۲) $\frac{\sqrt{2}}{5}$ (۳) $10\sqrt{2}$ (۴) $20\sqrt{2}$

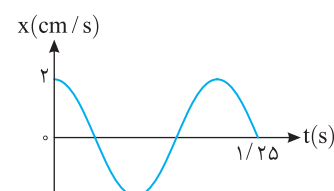
یک موج در یک محیط در حال انتشار است. اگر مسافتی که موج در مدت یک دوره طی می‌کند برابر مسافتی باشد که یک ذره از محیط در این مدت طی می‌کند، بیشینه تندی نوسان یک ذره از محیط چند برابر تندی انتشار موج است؟

- (۱) $\frac{\pi}{4}$ (۲) $\frac{\pi}{2}$ (۳) ۱ (۴) $\frac{\pi}{6}$



نمودار انرژی‌های پتانسیل و جنبشی نوسانگری به جرم 200 g به صورت روبه‌رو است. مقدار اختلاف انرژی جنبشی و پتانسیل نوسانگر در لحظه‌ای که تندی $(v-1)$ است چند ژول خواهد بود؟

- (۱) 0.8 (۲) 0.7 (۳) 0.6 (۴) 0.5

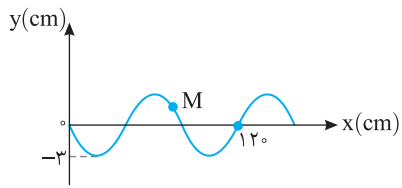


نمودار مکان - زمان نوسانگری به جرم 100 g مطابق شکل روبه‌رو است. انرژی مکانیکی

تجربی - ۹۷

نوسانگر چند میلی‌ژول است؟

- (۱) $0.2\pi^2$ (۲) $0.4\pi^2$ (۳) $0.6\pi^2$ (۴) $0.8\pi^2$



۱۶۷۵ شکل زیر، نقش یک موج عرضی را در یک طناب در لحظه $t=0$ نشان می‌دهد که با سرعت 10 m/s در حال انتشار است. مسافتی که ذره M در بازه زمانی $t_1 = 0.1 \text{ s}$

ریاضی - ۹۹

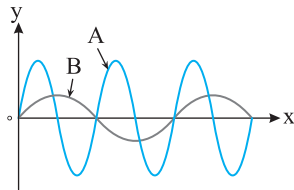
تا $t_2 = 0.5 \text{ s}$ طی می‌کند، چند سانتی‌متر است؟

۶ (۲)

۳ (۱)

۱۲ (۴)

۹ (۳)



۱۶۷۵ مطابق شکل زیر، دو موج مکانیکی A و B در یک محیط منتشر می‌شوند. دوره و تندی انتشار موج A به ترتیب چند برابر دوره و تندی انتشار موج B است؟

خارج تجربی - ۹۷

۱ و $\frac{1}{2}$ (۲)

۱ و ۲ (۱)

۲ و $\frac{1}{2}$ (۴)

$\frac{1}{2}$ و ۲ (۳)

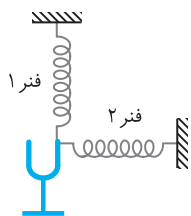
یئجره

چهار

رو به روی

یئج

آزمونک



در شکل روبه‌رو فنرها یکسان هستند و با نوسان دیپازون در فنرها موج گسیل می‌شود. کدام کمیت‌های موج در مورد این فنرها یکسان است؟ (از اتلاف انرژی صرف نظر شود.)

- (الف) بسامد (ب) طول موج (پ) تندی موج (ت) دامنه
- (۱) بسامد و دامنه یکسان اما طول موج و تندی در فنر ۲ از فنر ۱ کمتر است.
 (۲) بسامد و دامنه متفاوت و طول موج و تندی در فنر ۲ از فنر ۱ بیشتر است.
 (۳) بسامد و دامنه یکسان، طول موج و تندی در فنر ۲ از فنر ۱ بیشتر است.
 (۴) بسامد، طول موج، تندی موج و دامنه در هر دو فنر یکسان است.

چشمه موجی در یک محیط که تندی انتشار موج در آن 16 m/s است، نوسان‌هایی طولی ایجاد می‌کند. اگر در این موج، فاصله بین یک تراکم و یک انبساط متوالی برابر با 40 cm و دامنه نوسان‌های آن 5 cm باشد، هر نقطه از محیط انتشار موج در مدت $\frac{1}{2}$ ثانیه چه مسافتی را برحسب

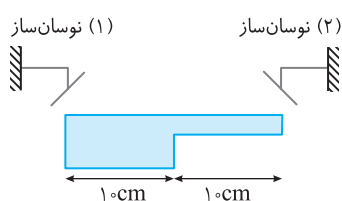
سانتی‌متر طی می‌کند؟

- (۱) ۵ (۲) ۱۰ (۳) ۱۵ (۴) ۲۰

اگر دوره و دامنه نوسان یک چشمه موج که امواجی در یک طناب منتشر می‌کند به ترتیب نصف و دو برابر شود، سرعت انتشار موج و توان متوسط انتقال انرژی به ترتیب از راست به چپ چه تغییری می‌کند؟

- (۱) دو برابر می‌شود، ثابت می‌ماند. (۲) دو برابر می‌شود، چهار برابر می‌شود.
 (۳) ثابت می‌ماند، هشت برابر می‌شود. (۴) ثابت می‌ماند، شانزده برابر می‌شود.

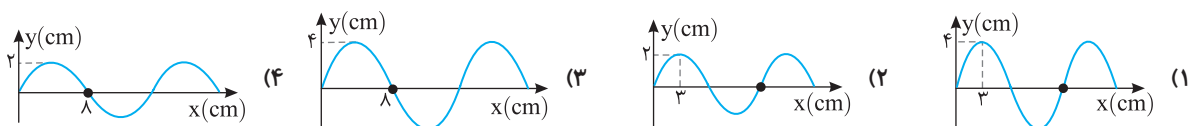
مطابق شکل روبه‌رو توسط دو نوسان‌ساز مشابه در یک لحظه دو موج در سر و ته تشت آن ایجاد می‌شود. مکانی که اولین بار دو موج در آن نقطه بهم می‌رسند با مکان نوسان‌ساز (۱) چه فاصله‌ای می‌تواند داشته باشد؟



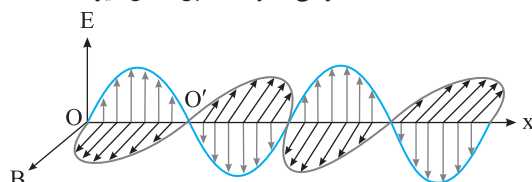
- (۱) ۸ (۲) ۱۰ (۳) ۱۲

(۴) بسته به شرایط هر سه گزینه ممکن است.

یک موج عرضی در یک ریسمان کشیده شده در حال انتشار است. کدام نمودار جابه‌جایی مکان - نقش موجی را نشان می‌دهد که تندی متوسط انتشار موج در یک دوره برابر تندی متوسط یک ذره از ریسمان در همان مدت است؟



نمودار میدان الکترومغناطیسی بر حسب مکان یک موج رادیویی به بسامد 2 MHz که در خلأ منتشر می‌شود، مطابق شکل زیر است. لذا می‌توان گفت ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)



- (۱) بسامد نقطه O نصف بسامد نقطه O' است.
 (۲) فاصله O' از O برابر 75 m است.
 (۳) فاصله O' از O برابر 150 m است.
 (۴) دوره O، $\frac{T}{2}$ از دوره O' بیشتر است.

یک دستگاه صوتی، صدایی با تراز شدت $\beta_1 = 28 \text{ dB}$ و دستگاه صوتی دیگر، صدایی با تراز $\beta_2 = 92 \text{ dB}$ ایجاد می‌کند. شدت‌های مربوط



ریاضی - ۱۴۰۰

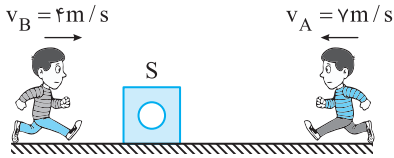
به این دو تراز به ترتیب I_1 و I_2 بر حسب $\frac{W}{m^2}$ است. $\frac{I_2}{I_1}$ کدام است؟ $(\log 2 = 0.3)$

4×10^8 (۴)

4×10^6 (۳)

$2/5 \times 10^8$ (۲)

$2/5 \times 10^6$ (۱)



دو ناظر A و B مطابق شکل با سرعت‌های $v_A = 7 \text{ m/s}$ و $v_B = 4 \text{ m/s}$ به سوی

چشمه صوت ساکن در حال دویدن هستند. اگر بسامد طول موج و شدت صوت دریافتی از چشمه صوت توسط این دو فرد را با f ، λ و I نشان دهیم، در لحظه نشان داده شده چه تعداد از مقایسه‌های زیر درست است؟ « $I_A > I_B$ ، $f_A > f_B$ ، $\lambda_A > \lambda_B$ »

۳ (۴)

۲ (۳)

۱ (۲)

صفر (۱)

یک منبع صوت، در یک فضای باز امواجی را گسیل می‌کند و در فاصله ۵ متری آن تراز شدت صوت 60 دسی‌بل است. توان منبع صوت چند

خارج تجربی - ۹۷

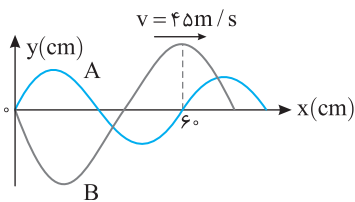
میلی‌وات است؟ (از اتلاف انرژی صوتی در هوا صرف نظر شود و $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$)

0.02π (۴)

0.01π (۳)

0.02π (۲)

0.01π (۱)



شکل زیر، نمودار جابه‌جایی - مکان دو موج را که در یک محیط در حال انتشارند، در لحظه معینی نشان

می‌دهد. چشمه موج A در هر 20 ثانیه چند نوسان کامل بیشتر از چشمه موج B انجام می‌دهد؟

۳۷۵ (۲)

۲۵ (۱)

۵۰۰ (۴)

۱۰۰ (۳)



فصل چهارم

برهم کنش های موج



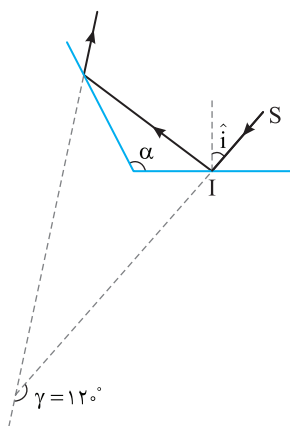
آزمونک

دو

رو به روی

یک

یخچره



۱۹۷۶-۱ مطابق شکل زیر، پرتو SI تحت زاویه تابش i به آینه تخت (۱) می‌تابد. زاویه بین پرتو SI با

پرتو بازتاب آینه (۲)، $\gamma = 12^\circ$ است. اگر زاویه i ، 2° افزایش یابد، γ چه تغییری

تجربی - ۹۹

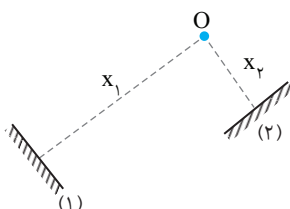
می‌کند؟

(۱) 4° افزایش می‌یابد.

(۲) 2° افزایش می‌یابد.

(۳) 2° کاهش می‌یابد.

(۴) ثابت می‌ماند.



۱۹۷۶-۲ مطابق شکل شخص در نقطه O ایستاده و صوتی را ایجاد می‌کند که می‌تواند پژواک صوت

از دو مانع را از هم تمیز دهد. اگر تندی انتشار صوت 320 m/s باشد، x_1 و x_2 به ترتیب

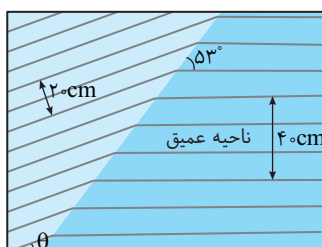
از راست به چپ چند متر می‌توانند باشند؟

(۲) ۱.۸، ۲

(۱) ۱۵، ۲.۵

(۴) ۱۵، ۴.۶

(۳) ۱۶، ۳.۳



۱۹۷۶-۳ در شکل روبه‌رو امواج سطحی آب در یک تشت موج از ناحیه عمیق وارد ناحیه کم عمق

می‌شود. اگر جبهه موج در ناحیه عمیق با مرز دو محیط زاویه 53° بسازد، θ چند درجه

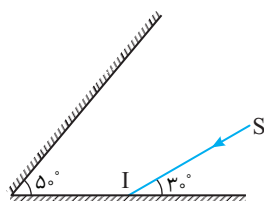
است؟ $(\cos 37^\circ = 0.8)$

(۲) ۱۶

(۱) ۲۳

(۴) ۵۳

(۳) ۳۷



۱۹۷۶-۴ مطابق شکل روبه‌رو، پرتو نور SI به آینه (۱) می‌تابد و پس از بازتاب از آینه (۲)، دوباره به آینه (۱) می‌تابد.

تجربی - ۹۸

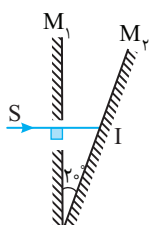
امتداد پرتو بازتاب نهایی با امتداد پرتو SI، زاویه چند درجه می‌سازد؟

(۱) ۱۲۰

(۲) ۱۴۰

(۳) ۱۶۰

(۴) ۱۸۰



۱۹۷۶-۵ در شکل روبه‌رو، پرتو SI از شکاف باریکی که در آینه M_1 ایجاد شده است، عمود بر امتداد آینه M_1 ،

بر سطح آینه M_2 می‌تابد. زاویه انحراف پرتوی SI یعنی زاویه بین امتداد پرتو بازتاب از آینه M_1 و امتداد

پرتو SI چند درجه است؟

(۲) ۴۰

(۱) ۲۰

(۴) ۷۰

(۳) ۵۰

۱۹۷۶-۶ خودرویی یک‌بار با تندی 20 m/s به سوی مانع بزرگی در حرکت است و در فاصله d راننده بوق می‌زند و پس از t_1 ثانیه، صدای پژواک بوق

را می‌شنود. بار دیگر خودرو با سرعت 20 m/s از مانع دور می‌شود و در فاصله d بوق را به صدا درمی‌آورد و پس از مدت t_2 ثانیه صدای

پژواک را می‌شنود. اگر $t_2 - t_1 = 0.25 \text{ s}$ باشد، d چند متر است؟ $(v_{\text{صوت}} = 340 \text{ m/s})$



(۲) ۵۲۰

(۱) ۳۶۰

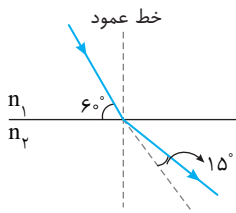
(۴) ۳۲۰

(۳) ۲۷۰



۱۹۷۶-۷

مطابق شکل زیر، پرتو نوری از محیط (۱) وارد محیط (۲) می‌شود. طول موج نور در محیط (۲) چند برابر طول موج نور در محیط (۱) است؟



ریاضی - ۹۹

$$\frac{\sqrt{2}}{2} \quad (۲)$$

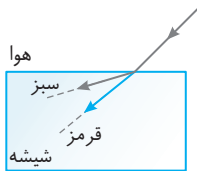
$$\sqrt{2} \quad (۱)$$

$$\frac{1}{2} \quad (۴)$$

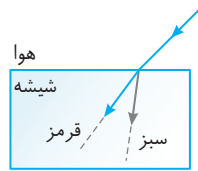
$$۲ \quad (۳)$$

۱۹۷۶-۸

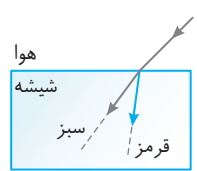
پرتو نوری که شامل طول موج‌های نور قرمز و نور سبز است از هوا وارد شیشه می‌شود. کدام شکل مسیر پرتوها را درست نمایش می‌دهد؟ از کتاب درسی



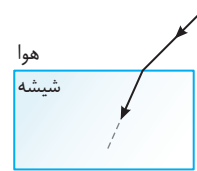
(۴)



(۳)



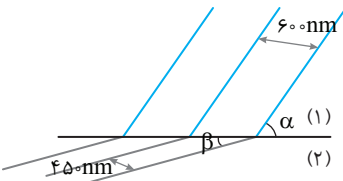
(۲)



(۱)

۱۹۷۶-۹

در شکل روبه‌رو، جبهه‌های یک موج تخت الکترومغناطیسی از محیط (۱) وارد محیط (۲) می‌شوند. اگر زوایای α و β متمم یکدیگر باشند، α چند درجه است؟ $(\sin 30^\circ = 0.5, \sin 37^\circ = 0.6)$



$$53 \quad (۲)$$

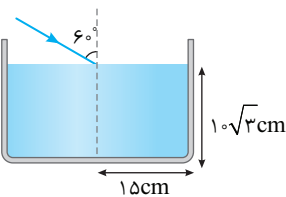
$$37 \quad (۱)$$

$$60 \quad (۴)$$

$$30 \quad (۳)$$

۱۹۷۶-۱۰

درون یک ظرف، تا ارتفاع $10\sqrt{3}$ cm مایع به ضریب شکست $\sqrt{3}$ ریخته شده است. اگر در کف ظرف یک آینه تخت نصب شود، نور پس از بازتاب از کف ظرف به دیواره ظرف برخورد می‌کند. محل این برخورد در چه عمقی از مایع برحسب سانتی‌متر قرار دارد؟ $(\sin 30^\circ = \frac{1}{2})$



$$5\sqrt{3} \quad (۱)$$

$$7\sqrt{3} \quad (۲)$$

$$5(2\sqrt{3}-1) \quad (۳)$$

$$2\sqrt{3}-1 \quad (۴)$$

آزمونک

سه

رو به روی

دو

یینجره

۲۰۴۵-۱

پرتو نور تک‌رنگی از یک محیط غلیظ وارد محیط رقیق شده و در مرز بین دو محیط بخشی از آن بازتاب می‌شود. اگر زاویه پرتو تابش با مرز دو محیط را α و زاویه بین پرتو بازتاب و شکست را β بگیریم، کدام گزینه درست است؟

$$\beta > 2\alpha \quad (۳)$$

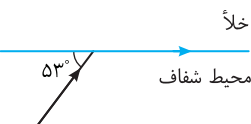
$$\beta < 2\alpha \quad (۲)$$

$$\beta = 2\alpha \quad (۱)$$

(۴) اظهار نظر قطعی نمی‌توان کرد.

۲۰۴۵-۲

ϵ_0 ضریب گذردهی الکتریکی خلأ و μ_0 تراوایی مغناطیسی خلأ است. اگر مسیر نور هنگام عبور از محیط شفاف به خلأ به صورت شکل مقابل باشد، طول موج نور در این محیط کدام گزینه است؟ (دوره نور در خلأ T)

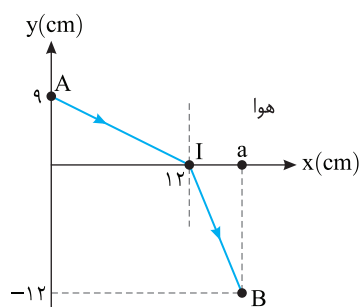


$$\frac{5T}{3\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} \quad (۴)$$

$$\frac{3T}{5\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} \quad (۳)$$

$$\frac{5T}{4\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} \quad (۲)$$

$$\frac{4T}{5\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} \quad (۱)$$



در شکل روبه‌رو ضریب شکست محیط دوم برابر $\frac{4}{3}$ است. محیط اول هوا و محور افقی مرز بین

دو محیط است. فاصله نقطه a از مبدأ مختصات چند سانتی‌متر است؟ ($\sin 53^\circ = 0.8$)

۲۸ (۱)

۹ (۲)

۲۱ (۳)

۱۲ (۴)

شکل مقابل جبهه‌های موجی را نشان می‌دهد که بر مرز محیط (۱) و (۲) فرود می‌آید. تندی

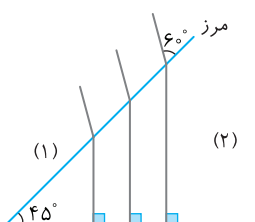
انتشار موج در محیط (۲) چند برابر محیط (۱) است؟

$\frac{\sqrt{2}}{2}$ (۲)

$\sqrt{2}$ (۱)

$\sqrt{\frac{3}{2}}$ (۴)

$\sqrt{\frac{2}{3}}$ (۳)



دو طناب از یک ماده که شعاع مقطع یکی سه برابر دیگری است در یک نقطه به هم گره خورده و طناب مرکب را میان دو نقطه بسته‌ایم و نوسانات

کنکور دهه‌های گذشته

با طول موج $\lambda = 7 \text{ cm}$ در طناب کلفت ایجاد می‌کنیم. طول موج ایجاد شده در طناب نازک چند سانتی‌متر است؟

۴/۵ (۴)

$\frac{3}{7}$ (۳)

$\frac{7}{3}$ (۲)

۲۱ (۱)

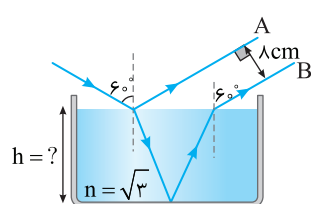
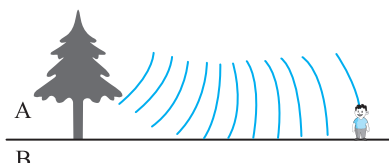
شکل روبه‌رو مدل‌سازی پدیده سراب در یک روز گرم تابستانی می‌باشد. شخص درخت را در کدام ناحیه می‌بیند؟

A (۱)

B (۲)

B و A (۳)

شخص درخت را سیاه می‌بیند. (۴)



مطابق شکل روبه‌رو پرتوی با زاویه تابش 60° از هوا به تیغه‌ای به ضریب شکست $\sqrt{3}$ که

در کف آن آینه تختی قرار دارد می‌تابد. بخشی از پرتو (پرتو A) از مرز دو محیط بازتاب و

بخش دیگر (پرتو B) شکست می‌یابد و وارد تیغه می‌شود. اگر فاصله پرتوهای A و B از هم

8 cm باشد، ضخامت تیغه h چند سانتی‌متر است؟

$16\sqrt{3}$ (۲)

$6\sqrt{3}$ (۱)

$4\sqrt{3}$ (۴)

$8\sqrt{3}$ (۳)

طول موج سیگنال‌های تلویزیونی در گذشته 5 cm بوده ولی طول موج سیگنال‌های تلویزیونی دیجیتال از این است. به همین دلیل

پراش سیگنال به داخل ناحیه سایه می‌یابد.

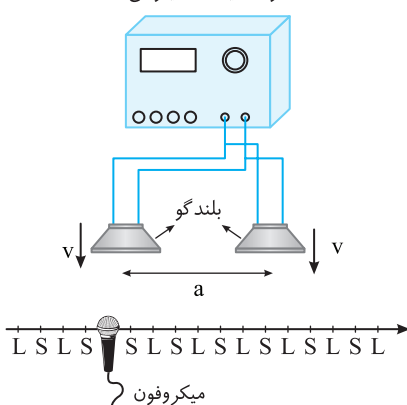
(۴) بسیار کمتر، افزایش

(۳) بسیار کمتر، کاهش

(۲) بسیار بیشتر، کاهش

(۱) بسیار بیشتر، افزایش

مولد سیگنال سینوسی



در شکل روبه‌رو فرض کنید که می‌توانیم دو بلندگو را با تندی ثابت به محور x نزدیک کنیم

در این صورت، فاصله بین مکان یک صدای بالا (L) از مکان صدای ضعیف (S)

مجاورش چگونه تغییر می‌کند؟

(۱) کاهش می‌یابد.

(۲) افزایش می‌یابد.

(۳) تغییر نمی‌کند.

(۴) هر سه حالت ممکن است.



۲۰۴۵ آزمایش ۱۰ یانگ را در هوا با طول موج λ انجام داده‌ایم. اگر فاصله بین وسط دو نوار روشن متوالی 6mm باشد، فاصله وسط نوار روشن پنجم در یک سمت عمودمنصف دو شکاف، تا وسط نوار تاریک سوم در سمت دیگر عمودمنصف دو شکاف چند میلی‌متر است؟
 (۱) $1/5$ (۲) 3 (۳) $4/5$ (۴) $2/75$

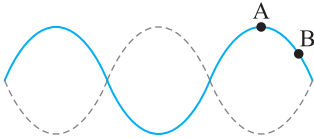
آزمونک

چهار

رو به روی

سه

یخچره



۲۱۲۴ ۱ چه تعداد از گزاره‌های زیر در مورد نقاط A و B واقع بر موج ایستاده درست است؟
 الف) بسامد ارتعاش A و B یکسان است. / ب) تندی پیشینه A و B یکسان است.
 پ) A و B هم‌زمان به نقاط بازگشت خود می‌رسند. / ت) دامنه نوسان A و B با هم یکسان است.
 ث) پیشینه شتاب نوسان A و B با هم یکسان است.

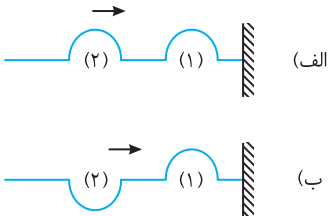
(۴) ۴

(۳) ۳

(۲) ۲

(۱) ۱

۲۱۲۴ ۲ توسط نوسان‌سازی با بسامد 20Hz در طول طناب موجی در جهت محور xها به وجود می‌آوریم. این موج پس از بازتاب از انتهای ثابت در طول طناب موج ایستاده ایجاد می‌کند. اگر فاصله دو گره متوالی در طناب برابر 20cm باشد سرعت پیشروی موج تابیده شده و سرعت پیشروی موج بازتابیده به ترتیب از راست به چپ در SI کدام گزینه است؟

(۴) $4, -4$ (۳) $8, -8$ (۲) $-8, 8$ (۱) $4, 4$ 

۲۱۲۴ ۳ در شکل‌های (الف) و (ب) تپ‌های پیش رونده‌ای نشان داده شده است. پس از بازتاب تپ (۱) از مانع سخت (انتهای ثابت) بر هم نهی آن با تپ (۲) در هر شکل از راست به چپ چگونه است؟
 (۱) ویرانگر، ویرانگر (۲) سازنده، سازنده
 (۳) سازنده، سازنده (۴) سازنده، ویرانگر

۲۱۲۴ ۴ اگر یک چشمه صوت با بسامد 800Hz در مقابل شکافی به پهنای 6cm قرار گیرد چنانچه دمای هوای محیط بالا برود مساحتی در قسمت سایه که موج به آن می‌رسد می‌یابد و اگر بسامد چشمه کاهش یابد، مساحتی در قسمت سایه که موج به آن می‌رسد می‌یابد! (سرعت صوت در محیط 320m/s است.)

(۴) کاهش - افزایش

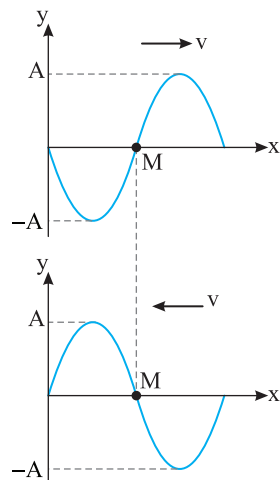
(۳) کاهش - کاهش

(۲) افزایش - کاهش

(۱) افزایش - افزایش

۲۱۲۴ ۵ آزمایش یانگ را در آب با ضریب شکست $\frac{4}{3}$ انجام می‌دهیم. اگر بسامد نور مورد آزمایش را 20% افزایش و آزمایش را به جای آب در هوا انجام

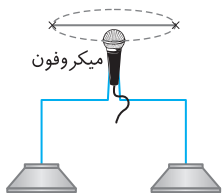
دهیم، پهنای هر یک از نوارهای تاریک و روشن چند برابر می‌شود؟

(۴) $\frac{3}{4}$ (۳) $\frac{10}{9}$ (۲) $\frac{4}{3}$ (۱) $\frac{9}{10}$ 

۲۱۲۴ ۶ در طنابی مطابق شکل دو موج هم بسامد و هم دامنه A و B باهم تداخل کرده و امواج ایستاده تشکیل می‌شود. چه مدت پس از لحظه نشان داده شده برحسب T تداخل دو موج در نقطه M در فاصله $\sqrt{2}A$ از حالت تعادل فاصله می‌گیرد؟

(۱) $\frac{T}{4}$ (۲) $\frac{T}{8}$ (۳) $\frac{T}{2}$

(۴) M گره است و نوسان نمی‌کند.



صوت تار مرتعشی توسط دو بلندگوی مشابه مطابق شکل در یک محیط پخش می‌شود اگر در تار، شماره هماهنگ تولیدی را افزایش دهیم، فاصله دو مکان S و L مجاور از یکدیگر چگونه تغییر می‌کند؟

(۱) کاهش می‌یابد.

(۲) افزایش می‌یابد.

(۳) تغییر نمی‌کند.

(۴) هر سه حالت ممکن است.

S L S L S L S L

در یک تار دو سر بسته یکی از بسامدهای تشدید 325Hz و بسامد تشدید بعدی 390Hz است. بسامد تشدید پس از 195Hz چند

از کتاب درسی

هرتز است؟

۲۷۰ (۴)

۲۷۵ (۳)

۲۵۰ (۲)

۲۲۵ (۱)

در یک تار مرتعش دو سر بسته، یکی از بسامدهای تشدید 375Hz و بسامد تشدید بعدی 500Hz است. بسامد تشدید پس از

ریاضی - ۹۹

750Hz چند هرتز است؟

۹۷۵ (۴)

۹۲۵ (۳)

۸۷۵ (۲)

۸۲۵ (۱)

در یک تار مرتعش، موج ایستاده ایجاد شده است. اگر بسامد این موج 400 هرتز و سرعت انتشار موج در تار 160m/s باشد، فاصله بین دو

خارج ریاضی - ۹۸

گروه متوالی در این تار چند سانتی‌متر است؟

۴۰ (۴)

۳۰ (۳)

۲۰ (۲)

۱۰ (۱)

فصل پنجم

آشنایی با فیزیک اتمی



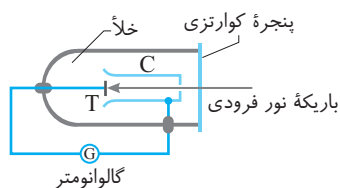
یـنـجـره

یک

رو به روی

دو

آزمونک



در شکل روبه‌رو در اثر باریکه نور فرودی بر فلز T گالوانومتر عبور جریان ضعیفی را نشان می‌دهد. اگر با ثابت ماندن بسامد نور، شدت نور را افزایش دهیم، عددی که گالوانومتر نشان می‌دهد، چگونه تغییر می‌کند؟

- (۱) ثابت می‌ماند
- (۲) افزایش می‌یابد
- (۳) کاهش می‌یابد
- (۴) اظهار نظر قطعی نمی‌توان کرد.

در آزمایش فوتوالکتریک، وقتی نور تک‌رنگی با طول موج λ بر فلز می‌تابانیم، پدیده فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد. برای آن که این پدیده رخ دهد، کدام عمل ممکن است مؤثر باشد؟

- (۱) شدت نور را افزایش دهیم.
- (۲) از فلزی که با تابع کار کند، استفاده کنیم.
- (۳) زمان تابش نور را افزایش دهیم.
- (۴) از نور تک‌رنگ با طول موج بزرگ‌تر از λ استفاده کنیم.

انرژی لازم برای جدا شدن الکترونی در پدیده فوتوالکتریک برابر $1/2 \text{ eV}$ است. با استفاده از نور مرئی و انتخاب رنگ مناسب بیشترین مقدار ممکن انرژی جنبشی این فوتوالکتریک چند الکترون ولت است؟

- (۱) 3 eV
- (۲) $1/8 \text{ eV}$
- (۳) $2/8 \text{ eV}$
- (۴) $0/8 \text{ eV}$

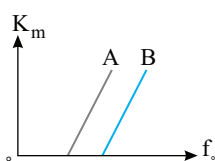
در یک آزمایش فوتوالکتریک اگر بسامد نور فرودی را m برابر کنیم، انرژی جنبشی یک فوتوالکتریک جدا شده از فلز چهار برابر حالت قبل می‌شود. کدام رابطه m را درست نشان می‌دهد؟

- (۱) $1 < m < 4$
- (۲) $m = 4$
- (۳) $m > 4$
- (۴) $m < 1$

در آزمایش فوتوالکتریک نوری با طول موج 200 nm بر سطح الکتروود فلزی مطابق شکل می‌تابد. اگر انرژی لازم برای جدا کردن الکترون مشخص شده برابر $4/2 \text{ eV}$ باشد، تندی فوتوالکتریک ناشی از خروج این الکترون از سطح فلز چند متر بر ثانیه است؟

- (۱) $8 \times 10^5 \text{ m/s}$
- (۲) $8 \times 10^6 \text{ m/s}$
- (۳) $6 \times 10^5 \text{ m/s}$
- (۴) $6 \times 10^6 \text{ m/s}$

شکل روبه‌رو، نمودار بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکتریک‌ها بر حسب بسامد نور فرودی را برای دو فلز A و B در آزمایش فوتوالکتریک نشان می‌دهد. در مورد بسامد آستانه و تابع کار دو فلز A و B کدام گزینه درست است؟



- (۱) $f_{A0} > f_{B0}$, $W_{A0} > W_{B0}$
- (۲) $f_{A0} < f_{B0}$, $W_{A0} > W_{B0}$
- (۳) $f_{A0} < f_{B0}$, $W_{A0} < W_{B0}$
- (۴) $f_{A0} > f_{B0}$, $W_{A0} < W_{B0}$

در آزمایش فوتوالکتریک با تغییر بسامد نور فرودی بر سطح فلز، انرژی جنبشی یک فوتوالکتریک مشخص 4 eV افزایش می‌یابد. در این صورت بسامد نور فرودی هرتز یافته است. ($h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$)

- (۱) 10^{15} ، افزایش
- (۲) 10^{15} ، کاهش
- (۳) 2×10^{15} ، افزایش
- (۴) 2×10^{15} ، کاهش

اختلاف طول موج دومین خط طیف اتمی هیدروژن در رشته براکت ($n' = 4$) با دومین خط طیف اتمی هیدروژن در رشته بالمر ($n' = 2$) چند نانومتر است؟ ($R = 0/1 \text{ nm}^{-1}$)

- (۱) $\frac{7630}{3}$
- (۲) $\frac{1530}{3}$
- (۳) $\frac{7040}{3}$
- (۴) $\frac{1660}{3}$

بلندترین طول موج فرابنفش اتم هیدروژن مربوط به گذار بین n و n' است. n و n' کدام‌اند؟

- (۱) ۲ و ۳
- (۲) ۱ و ۲
- (۳) ۲ و ۶
- (۴) ۲ و ۷



توسط چشمه نوری با توان 3600 W در فاصله d از مردمک چشم، نوری با آهنگ 3° فوتون بر ثانیه به مردمک می‌رسد. اگر قطر مردمک 2 mm و طول موج نور 660 nm باشد، d چند کیلومتر است؟ $(h = 6.6 \times 10^{-34}\text{ Js}, c = 3 \times 10^8\text{ m/s})$

از کتاب درسی

10^4 (۴)

10^2 (۳)

10^3 (۲)

10 (۱)

آزمونک

سه

رو به روی

دو

یخچره



ریاضی - ۱۴۰۰

کدام یک از موارد زیر را نمی‌توان برای اتم‌های هیدروژن گونه، با استفاده از مدل اتمی بور توجیه کرد؟

(۲) طول موج‌های گسیلی طیف اتم

(۱) تبیین پایداری اتم

(۴) متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی اتم

(۳) گسسته بودن ترازهای انرژی الکترون در اتم

بنابر الگوی اتمی بور کدام شکل، ترازهای انرژی اتم هیدروژن را درست نمایش می‌دهد؟

$n=7$ _____
 $n=6$ _____
 $n=5$ _____
 $n=4$ _____ (۴)
 $n=3$ _____
 $n=2$ _____
 $n=1$ _____

$n=7$ _____
 $n=6$ _____
 $n=5$ _____ (۳)
 $n=4$ _____
 $n=3$ _____
 $n=2$ _____
 $n=1$ _____

$n=7$ _____
 $n=6$ _____
 $n=5$ _____
 $n=4$ _____ (۲)
 $n=3$ _____
 $n=2$ _____
 $n=1$ _____

$n=7$ _____
 $n=6$ _____
 $n=5$ _____
 $n=4$ _____ (۱)
 $n=3$ _____
 $n=2$ _____
 $n=1$ _____



در اتم هیدروژن الکترون از تراز $n=4$ به تراز $n'=2$ می‌رود، انرژی آن چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟

(۴) 75% افزایش

(۳) 300% افزایش

(۲) 300% کاهش

(۱) 75% کاهش

شکل زیر مربوط به طیف گسیلی مرئی اتم هیدروژن است. طول موج $656/2\text{ nm}$ مربوط به گذار الکترون از کدام تراز به کدام تراز است؟



(۱) ۵ به ۱

(۲) ۳ به ۲

(۳) ۵ به ۲

(۴) ۳ به ۱



اگر انرژی فوتون گسیل شده در اتم هیدروژن در گذار از تراز n به n' ، 24 برابر بزرگی انرژی در تراز n باشد، در این صورت طول موج فوتون گسیل شده می‌تواند مربوط به چهارمین خط طیفی رشته باشد.

(۴) براکت

(۳) پاشن

(۲) بالمر

(۱) لیمان

الکترون اتم هیدروژن در تراز $n=4$ قرار دارد. بلندترین طول موج فوتونی که می‌تواند جذب کند، چند برابر بلندترین طول موج فوتونی است که می‌تواند گسیل کند؟

$\frac{16}{25}$ (۴)

$\frac{25}{16}$ (۳)

$\frac{81}{175}$ (۲)

$\frac{175}{81}$ (۱)

اختلاف طول موج دومین و سومین خط طیفی اتم هیدروژن در رشته پاشن ($n'=3$) چند نانومتر است؟ $(R = \frac{1}{100}(\text{nm})^{-1})$

300 (۴)

$\frac{825}{4}$ (۳)

150 (۲)

$\frac{825}{8}$ (۱)

گستره طول موج‌های رشته پاشن ($n'=3$) چند برابر گستره طول موج‌های رشته لیمان ($n'=1$) است؟

$\frac{11}{324}$ (۴)

$\frac{324}{11}$ (۳)

$\frac{243}{7}$ (۲)

$\frac{7}{243}$ (۱)

از کتاب درسی

۲۳۳۶ شکل مقابل، تعدادی از ترازهای اتم هیدروژن را نشان می‌دهد. کدام گذار بین دو تراز می‌تواند به گسیل فوتونی با بسامد $7/5 \times 10^{14} \text{ Hz}$ منجر شود؟ (۹)

شود؟ (h = $6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$)

خارج ریاضی - ۱۴۰۰

n = ∞	----- °
۵	----- $-0.9 \times 10^{-19} \text{ J}$
۴	----- $-1.45 \times 10^{-19} \text{ J}$
۳	----- $-2.4 \times 10^{-19} \text{ J}$
۲	----- $-5.4 \times 10^{-19} \text{ J}$
۱	----- $-21.8 \times 10^{-19} \text{ J}$

(۱) n = ۵ به n' = ۳

(۲) n = ۵ به n' = ۲

(۳) n = ۴ به n' = ۲

(۴) n = ۲ به n' = ۱

۲۳۳۶ در یک اتم هیدروژن، الکترون در مدار n = ۳ قرار دارد و با جذب پرتو تک‌رنگی با بسامد 24 THz به مدار برانگیخته بالاتر می‌رود. اگر فقط (۱۰)

گذارهایی با تغییر تراز $\Delta n \leq 2$ ممکن باشد، چه تعداد از فوتون‌های گسیل‌شده با انرژی‌های مختلف، در محدوده فرابنفش قرار نمی‌گیرد؟

($E_R = 13.6 \text{ eV}$ و $h = 4 \times 10^{-15} \text{ eVs}$)

(۴) ۱۰

(۳) ۵

(۲) ۷

(۱) ۶

فصل ششم

آشنایی با فیزیک هسته‌ای



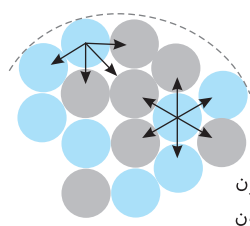
آزمونک

دو

رو به روی

یک

یخچره



●→P پروتون
●→N نوترون

در شکل روبه‌رو قسمتی از هسته و نوکلئون‌های آن به صورت طرح‌وار نشان داده شده است. کدام یک از گزاره‌های بیان شده را می‌توان از این شکل نتیجه گرفت؟
(الف) از دید نیروی هسته‌ای تفاوتی بین پروتون و نوترون وجود ندارد.

(ب) نیروی هسته‌ای کوتاه‌برد است.

(پ) این هسته در حال واپاشیده شدن است.

(۱) صفر

(۲) ۱

(۳) ۲

(۴) ۳

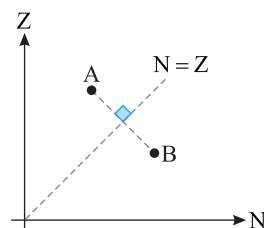
مجموع جرم N نوکلئون قبل از تشکیل هسته X برابر M و جرم هسته X تشکیل شده از آن‌ها برابر M_X است کدام گزینه در مورد M_X و M درست است؟ ($N \neq 1$)

(۲) اگر X پایدار باشد، $M > M_X$ است.

(۱) اگر X پرتوزا باشد، $M > M_X$ است.

(۴) در همه هسته‌ها $M > M_X$ است.

(۳) در همه هسته‌ها $M = M_X$ است.



در نمودار روبه‌رو عدد اتمی A را با Z_A و عدد نوترونی را با N_A نشان می‌دهیم. عدد جرمی اتم B برابر کدام گزینه است؟

$$\frac{N_A + Z_A}{2} \quad (۲)$$

$$N_A + Z_A \quad (۱)$$

$$N_A - Z_A \quad (۴)$$

$$2(N_A + Z_A) \quad (۳)$$

در تمام فرایندهای واپاشی، کدام اصول پایستگی زیر برقرار است؟

(۱) قانون پایستگی جرم (مجموع جرم در دو طرف واکنش هسته‌ای یکسان است).

(۲) قانون پایستگی بار الکتریکی (مجموع بار الکتریکی در دو طرف واکنش هسته‌ای یکسان است).

(۳) قانون پایستگی عدد جرمی (مجموع نوکلئون‌ها در دو طرف واکنش هسته‌ای یکسان است).

(۴) گزینه‌های (۲) و (۳) درست است.

ریاضی - ۸۳

یک عنصر رادیواکتیو چه ذراتی را باید تابش کند تا بدون تغییر عدد اتمی، عدد جرمی آن ۴ واحد کم شود؟

(۱) سه ذره آلفا و دو ذره بتا (۲) دو ذره آلفا و دو ذره بتا (۳) دو ذره آلفا و یک ذره بتا (۴) یک ذره آلفا و دو ذره بتا

در یک واکنش هسته‌ای، ۲ میلی گرم جرم تبدیل به انرژی شده است. انرژی حاصل معادل با چند کیلووات ساعت است؟ ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

ریاضی - ۹۳

$$5 \times 10^9 \quad (۴)$$

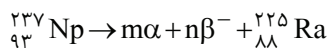
$$5 \times 10^4 \quad (۳)$$

$$2/5 \times 10^9 \quad (۲)$$

$$2/5 \times 10^4 \quad (۱)$$

از کتاب درسی

در واپاشی نپتونیم در راکتورهای هسته‌ای مطابق واکنش زیر ذره α و n β گسیل شده است. نسبت $\frac{m}{n}$ برابر کدام گزینه است؟



$$2/5 \quad (۴)$$

$$3 \quad (۳)$$

$$2 \quad (۲)$$

$$1 \quad (۱)$$

هسته مادر



هسته دختر



+

از کتاب درسی

(۲) بتای مثبت

(۴) نوترون

(۱) بتای منفی

(۳) آلفا

در یک واکنش هسته‌ای از عدد جرمی عنصری، ۱۲ واحد کاسته شده، ولی عدد اتمی آن ثابت مانده است. در این صورت این عنصر ذره آلفا و ذره بتای گسیل کرده است.

(۴) ۱، ۲، منفی

(۴) ۱، ۲، مثبت

(۲) ۳، ۶، منفی

(۱) ۳، ۶، مثبت

از کتاب درسی

کدام گزینه گزاره‌های درست را مشخص کرده است؟

(الف) نیروی هسته‌ای مستقل از بار نوکلئون‌ها بوده و بلند برد است.

(ب) هنگام تشکیل هسته مقداری از انرژی آزاد می‌شود.



(پ) هسته اتم در واکنش شیمیایی شرکت نمی‌کنند.

(ت) ایزوتوپ‌های یک عنصر را می‌توان به روش شیمیایی جدا کرد.

(۴) (پ)

(۳) (ب)

(۲) (ب)، (پ)

(۱) (الف)، (ت)

آزمونک

سه

رو به روی

دو

یینجره



ریاضی - ۹۴

کدام یک از موارد زیر درباره هسته اتم‌های عناصر درست است؟ ۲۴۸۰

(۱) اغلب ایزوتوپ‌های عناصر ناپایدارند و با گذشت زمان واپاشیده می‌شوند.

(۲) برد نیروهای کولنی در مقایسه با برد نیروهای هسته‌ای بسیار کوتاه است.

(۳) جرم یک هسته برابر مجموع جرم نوکلئون‌های تشکیل‌دهنده آن هسته است.

(۴) نسبت تعداد نوترون‌ها به پروتون‌ها برای هسته‌های پایدار مختلف یکسان است.

مسیر حرکت سه ذره حاصل از پرتو زایی طبیعی در میدان مغناطیسی به صورت روبه‌رو است. جنس پرتو Z و جهت میدان ۲۴۸۰

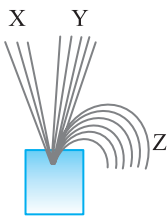
مغناطیسی به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

(۱) الکترون - برونسو

(۲) الکترون - درونسو

(۳) آلفا - برونسو

(۴) آلفا - درونسو



ریاضی - ۱۴۰۰

کدام مورد درست است؟ ۲۴۸۰

(الف) در واپاشی β^- ، الکترون گسیل‌شده در هسته مادر وجود ندارد و همچنین یکی از الکترون‌های مداری اتم نیست.

(ب) در واپاشی β^+ ، ذره گسیل‌شده توسط هسته، جرم یکسان با الکترون دارد.

(پ) اغلب هسته‌ها پس از واپاشی بتا، در حالت پایدار قرار می‌گیرند.

(ت) در واپاشی β^+ ، یکی از نوترون‌های درون هسته به یک پروتون و یک پوزیترون تبدیل می‌شود.

(۴) (ب) و (پ)

(۳) (ب) و (ت)

(۲) (الف) و (پ)

(۱) (الف) و (ب)

خارج تجربی - ۱۴۰۰

سدیم $^{24}_{11}\text{Na}$ واپاشی β^- انجام می‌دهد. هسته جدید به ترتیب چند نوترون و چند پروتون خواهد داشت؟ ۲۴۸۰

(۴) ۱۲ و ۱۲

(۳) ۱۱ و ۱۱

(۲) ۱۱ و ۱۲

(۱) ۱۱ و ۱۳

خارج ریاضی - ۹۸

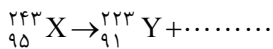
در واکنش هسته‌ای (نوترون) $^1_0\text{n} + ^{238}_{92}\text{X} \rightarrow ^{239}_{92}\text{X} + \alpha + \beta^- + 2$ به ترتیب کدام‌اند؟ ۲۴۸۰

(۴) ۲ و ۳

(۳) ۲ و ۲

(۲) ۱ و ۲

(۱) ۱ و ۱



کدام گزینه واکنش هسته‌ای روبه‌رو را کامل می‌کند؟ ۲۴۸۰

(۴) $5\alpha + 4\beta$

(۳) $6\alpha + 8\beta$

(۲) $5\alpha + 6\beta$

(۱) $6\alpha + 5\beta$

تعداد هسته‌های اولیه یک ماده رادیواکتیو $N_0 = 1600$ است. اگر نیمه‌عمر این ماده ۶ ساعت باشد، بعد از چند ساعت ۲۰۰ هسته آن فعال ۲۴۸۰

باقی می‌ماند؟

(۴) ۴۸

(۳) ۳۶

(۲) ۱۸

(۱) ۱۲

خارج ریاضی - ۹۸

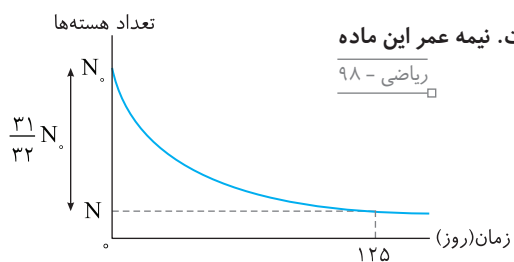
از یک ماده رادیواکتیو که نیمه‌عمر آن ۸ روز است، پس از چند روز، ۷۵ درصد هسته‌های این ماده واپاشیده می‌شود؟ ۲۴۸۰

(۴) ۳۲

(۳) ۲۴

(۲) ۱۶

(۱) ۸



نمودار واپاشی هسته‌های یک ماده پرتوزا برحسب زمان به صورت شکل روبه‌رو است. نیمه عمر این ماده

چند روز است؟

۵ (۱)

۲۵ (۲)

۵۰ (۳)

۶۲/۵ (۴)

عنصر پرتوزای X با نیمه‌عمر ۲۰ روز به عنصر پایدار Y تبدیل می‌شود. اگر در یک نمونه نسبت هسته‌های عنصر پایدار Y به تعداد هسته‌های

عنصر پرتوزای X، ۱ باشد، بعد از گذشت چند روز این نسبت برابر ۱۵ می‌شود؟

۱۰۰ (۴)

۴۰ (۳)

۶۰ (۲)

۸۰ (۱)

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow 2 = \frac{\Delta x}{5} \Rightarrow \Delta x = 10 \text{ m}$$

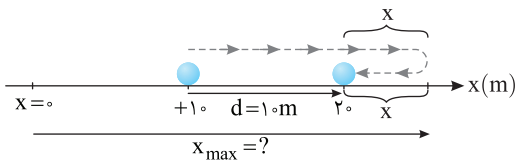
مکان متحرک در لحظه $t = 5 \text{ s}$ خواهد شد.

$$\Delta x = x - x_0 \Rightarrow 10 = x - 0 \Rightarrow x = 10 \text{ m}$$

۲. تندی متوسط 4 m/s است. مسافت طی شده را حساب می‌کنیم.

$$s_{av} = \frac{\ell}{t} \Rightarrow 4 = \frac{\ell}{5} \Rightarrow \ell = 20 \text{ m}$$

۳. متحرک یکبار تغییر جهت داده و مسیری مطابق شکل را طی کرده است.

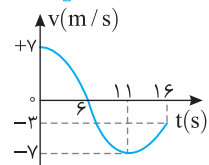


با توجه به شکل داریم:

$$\ell = d + x + x \Rightarrow 20 = 10 + 2x \Rightarrow x = 5 \text{ m}$$

۴. بنابراین بیشترین فاصله از مبدأ خواهد شد. $x_{max} = 20 + 5 = 25 \text{ m}$

نمای ۳

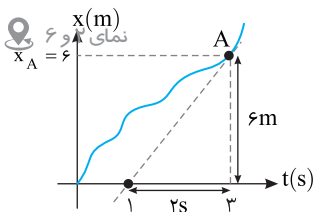
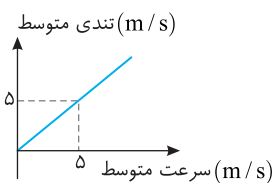


$$a_{av} = \frac{v - v_0}{\Delta t} \Rightarrow a_{av} = \frac{-3 - 7}{16} = -\frac{5}{8} \text{ m/s}^2$$

یادآوری: شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان برابر شتاب لحظه‌ای است و در نقاط max و min شیب نمودار سرعت - زمان (شتاب) صفر است.

در لحظه $t = 1 \text{ s}$ شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان صفر شده ($a = 0$) و شتاب قبل از این لحظه منفی و بعد از آن لحظه مثبت است یعنی شتاب در $t = 1 \text{ s}$ تغییر جهت می‌دهد.

نمای ۱۸



به نمودار دقت کنید. در تمام لحظات اندازه تندی متوسط و سرعت متوسط برابر است. یعنی در هر بازه زمانی دلخواه، مسافت طی شده و جابه‌جایی متحرک یکی است و این یعنی متحرک روی خط راست در حرکت است و تغییر جهت نمی‌دهد.

بازی با سؤال: متحرکی

روی خط راست در راستای محور x ها در حرکت است. اگر در بازه‌ای جابه‌جایی آن d و مسافت طی شده آن ℓ و

$d = \ell$ باشد، کدام گزینه درست است؟

- (۱) بردار مکان متحرک تغییر جهت نداده است.
- (۲) جهت حرکت متحرک تغییر نکرده است.
- (۳) بردار مکان یک بار تغییر جهت داده است.
- (۴) جهت حرکت یک بار تغییر کرده است.

پاسخ: جابه‌جایی و مسافت طی شده با هم برابر است. زمانی این اتفاق می‌افتد

که جسم بدون تغییر جهت روی خط راست در حرکت باشد. گزینه ۲

پنجره ۱ روبه‌روی ۲

۱. مکان متحرک در لحظه $t = 0$ (مکان اولیه متحرک) خواهد شد:

$$x = at^2 + bt + 2 \xrightarrow{t=0} x = 2 \text{ m}$$

لحظه تغییر جهت یعنی لحظه گذر از مبدأ مکان ($x = 0$) بنابراین متحرک از مکان

2 m به $x = 0$ می‌رود و جابه‌جایی آن -2 m است. نمای ۹

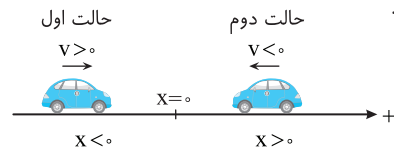
۲. وقتی متحرک در حال نزدیک شدن به مبدأ است دو حالت دارد.

حالت اول: سرعت متحرک مثبت و مکان آن منفی باشد یعنی متحرک از مکان‌های منفی ($x < 0$) در جهت مثبت محور در حال حرکت باشد. ($v > 0$) بنابراین حاصل ضرب

$xv < 0$ می‌شود.

حالت دوم: سرعت متحرک منفی و مکان آن مثبت باشد یعنی متحرک از مکان‌های مثبت ($x > 0$) در جهت منفی محور در حال حرکت باشد ($v < 0$) در این صورت نیز

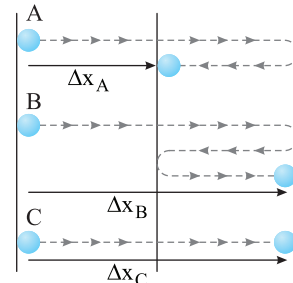
$xv < 0$ می‌شود.



نمای ۶

۳. بازه زمانی برای هر سه متحرک یکسان است ($\Delta t_A = \Delta t_B = \Delta t_C = \Delta t$).

در این مدت متحرک B بیشترین مسافت را طی کرده بنابراین تندی متحرک B ($s_{av} = \ell / \Delta t$) از بقیه بیشتر است.



جابه‌جایی متحرک B و C یکسان اما جابه‌جایی متحرک A کمتر از آنهاست بنابراین متحرک A دارای کمینه سرعت متوسط ($v_{av} = \Delta x / \Delta t$) است. نمای ۲ و ۳

۴. ابتدا با توجه به سرعت متوسط از لحظه $t = 0$ تا $t = 3 \text{ s}$ مکان متحرک را در $t = 3 \text{ s}$ به دست می‌آوریم:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow 2 = \frac{x_A - 0}{3} \Rightarrow x_A = 6 \text{ m}$$

سرعت در نقطه A برابر شیب خط مماس بر نمودار در نقطه A می‌باشد.

$$v = \frac{6 - 0}{3 - 1} = 3 \text{ m/s}$$

نمای ۶

۵. خط فکری: سرعت متوسط در مدت 5 s برابر 2 m/s است، بنابراین شما

می‌توانید جابه‌جایی متحرک در این مدت را بیابید. سپس به کمک تندی متوسط، مسافت طی شده را حساب کنید تا بتوانید بیشترین فاصله متحرک از مبدأ در مدت 5 s را به دست بیاورید.

۱. جابه‌جایی را به دست می‌آوریم.



یادآوری

تندی کمیت نرده‌ای اما سرعت و شتاب کمیت برداری است.

خط فکری

برای یافتن اندازه شتاب باید زمان را به کمک تندی به دست بیاورید اما برای به دست آوردن تغییر سرعت، قطعاً باید جهت بردار سرعت در نقطه A و D را در نظر بگیرید.

۱

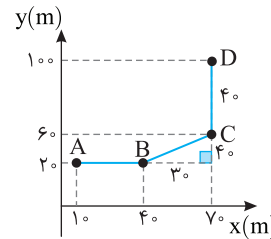
مسافت طی شده از A تا D را باید حساب کنیم، البته ابتدا باید طول BC را به دست بیاوریم.

$$BC = \sqrt{30^2 + 40^2} \Rightarrow BC = 50 \text{ m}$$

$$\ell = AB + BC + CD$$

$$\Rightarrow \ell = 30 + 50 + 40$$

$$\Rightarrow \ell = 120 \text{ m}$$



۲

زمان را به کمک تندی متحرک حساب می‌کنیم.

$$s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} \xrightarrow{s_{av} = 20 \text{ m/s}} 20 = \frac{120}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 6 \text{ s}$$

۳

بردار سرعت در نقطه A و نقطه D برهم

عمود هستند، بردار تغییر سرعت خواهد شد:

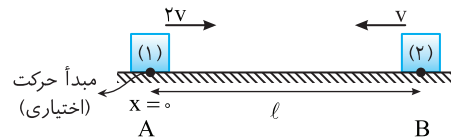
$$\Delta v = \sqrt{20^2 + 20^2} \Rightarrow \Delta v = 20\sqrt{2} \text{ m/s}$$

۴

شتاب متوسط خواهد شد:

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a_{av} = \frac{20\sqrt{2}}{6} \Rightarrow a_{av} = \frac{10\sqrt{2}}{3} \text{ m/s}^2$$

نمای ۱۵

نقطه A را مبدأ و جهت راست را جهت مثبت می‌گیریم. فاصله AB را با حرف ℓ نمایش می‌دهیم.

۱

ابتدا معادله حرکت دو متحرک را می‌نویسیم:

$$x = vt + x_0 \Rightarrow \begin{cases} x_1 = 2vt \\ x_2 = -vt + \ell \end{cases}$$

۲

دو متحرک بعد از $2h$ به هم می‌رسند، یعنی اگر در معادله حرکت x_1 و x_2 به جای t ، $2h$ قرار بدهیم x_1 با x_2 برابر می‌شود.

$$t = 2h \Rightarrow \begin{cases} x_1 = 4v \\ x_2 = -2v + \ell \end{cases} \xrightarrow{x_1 = x_2} 4v = -2v + \ell \Rightarrow \ell = 6v$$

۳

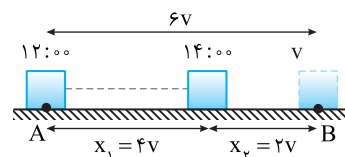
مکان رسیدن دو متحرک به هم خواهد شد:

$$x_1 = 2vt \xrightarrow{\Delta t = 2h} x = 4v$$

مکان رسیدن دو متحرک به هم

۴

با توجه به شکل از محل رسیدن دو متحرک به هم تا زمانی که متحرک (۱) به مکان B می‌رسد متحرک باید $\Delta x = 2v$ جابه‌جا شود: $\Delta x = 2vt \Rightarrow 2v = 2vt \Rightarrow t = 1h$ بنابراین یک ساعت بعد از ساعت ۱۴:۰۰ متحرک به نقطه B می‌رسد یعنی در ساعت ۱۵:۰۰.



نمای ۱۱

خط فکری

ابتدا با توجه به نمودار باید معادله حرکت دو متحرک را بنویسیم. فاصله بین دو متحرک برابر تفاضل مکان دو متحرک یعنی $|x_A - x_B|$ است.

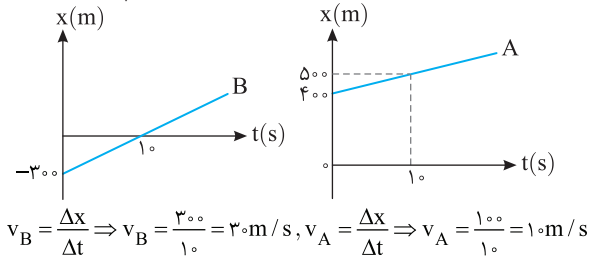
نکته

اگر نمودار $x-t$ متحرکی به صورت خط راست باشد، حرکت متحرک با سرعت ثابت بوده و معادله حرکت آن به صورت $x = vt + x_0$ است.

یادآوری

شیب نمودار $x-t$ برابر سرعت متحرک است.

با توجه به شیب خطها، سرعت متحرک‌ها را به دست می‌آوریم:



$$v_B = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_B = \frac{30}{10} = 3 \text{ m/s}, v_A = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_A = \frac{10}{10} = 1 \text{ m/s}$$

۲

معادله حرکت دو متحرک را می‌نویسیم.

$$x_A = v_A t + x_{0A} \xrightarrow{\substack{v_A = 1 \text{ m/s} \\ x_{0A} = 40 \text{ m}}} x_A = 1t + 40$$

$$x_B = v_B t + x_{0B} \xrightarrow{\substack{v_B = 3 \text{ m/s} \\ x_{0B} = -30 \text{ m}}} x_B = 3t - 30$$

۳

فاصله دو متحرک از هم ۶۰ متر است، بنابراین:

$$|x_A - x_B| = 60 \Rightarrow \frac{x_A = 1t + 40}{x_B = 3t - 30} \Rightarrow |1t + 40 - 3t + 30| = 60$$

$$\Rightarrow |-2t + 70| = 60$$

نکته

در حل معادله‌های قدرمطلقى حواستان باشد که: $|x| = a \Rightarrow x = \pm a$

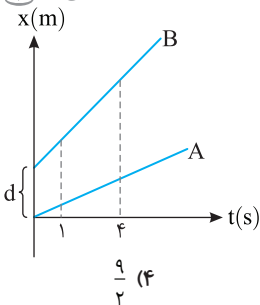
۴

حال معادله را حساب می‌کنیم:

$$|-2t + 70| = 60 \Rightarrow -2t + 70 = \pm 60$$

$$\begin{cases} -2t + 70 = 60 \Rightarrow -2t = -10 \Rightarrow t_1 = 5 \text{ s} \\ -2t + 70 = -60 \Rightarrow -2t = -130 \Rightarrow t_2 = 65 \text{ s} \end{cases} \Rightarrow \frac{t_2}{t_1} = \frac{65}{5} = 13$$

نمای ۱۴



بازی با سؤال

نمودار مکان - زمان دو متحرک را نشان می‌دهد، اگر فاصله دو متحرک از هم در لحظه $t = 4 \text{ s}$ ، دو برابر فاصله دو متحرک در $t = 1 \text{ s}$ باشد، فاصله دو متحرک در لحظه $t = 5 \text{ s}$ چند d است؟

۱

معادله حرکت دو متحرک را می‌نویسیم:

$$x = vt + x_0 \Rightarrow \begin{cases} \xrightarrow{A} x_A = v_A t \\ \xrightarrow{B} x_B = v_B t + d \end{cases}$$

۲

مکان دو متحرک را در لحظه $t = 1 \text{ s}$ و $t = 4 \text{ s}$ به دست می‌آوریم.

$$t = 1 \text{ s} \Rightarrow \begin{cases} x_A = v_A \\ x_B = v_B + d \end{cases} \quad t = 4 \text{ s} \Rightarrow \begin{cases} x'_A = 4v_A \\ x'_B = 4v_B + d \end{cases}$$

۳

فاصله دو متحرک در دو لحظه $t = 1 \text{ s}$ و $t = 4 \text{ s}$ را حساب می‌کنیم.

$$t = 1 \text{ s} \Rightarrow x_B - x_A = v_B + d - v_A \Rightarrow \Delta x = (v_B - v_A) + d$$

$$t = 4 \text{ s} \Rightarrow x'_B - x'_A = 4v_B + d - 4v_A \Rightarrow \Delta x' = 4(v_B - v_A) + d$$

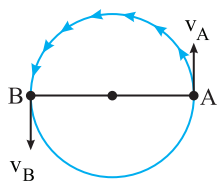
۴

با توجه به فرض مسئله $\Delta x' / \Delta x$ برابر ۲ است بنابراین:

$$4(v_B - v_A) + d = 2[(v_B - v_A) + d]$$

$$\Rightarrow 4(v_B - v_A) + d = 2(v_B - v_A) + 2d$$

$$\Rightarrow 2(v_B - v_A) = d \Rightarrow (v_B - v_A) = \frac{d}{2} \quad (I)$$



۳. بنابراین اگر متحرک در نقطه A باشد پس از ۴s نصف دایره را دور می‌زند و به نقطه B می‌رود و جابه‌جایی آن برابر قطر AB است.

$$\Delta x = AB = 2r \Rightarrow \Delta x = 2 \times 2 = 4m$$

۴. سرعت متوسط خواهد شد:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{4}{4} = 1m/s$$

۵. تندی حرکت را به دست می‌آوریم. در هر ۶s، متحرک $\frac{3}{4}$ محیط را طی می‌کند.

$$v = \frac{l}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{\frac{3}{4} \times 12}{6} \Rightarrow v = 1/2 m/s$$

بنابراین:

۶. اگر سرعت در نقطه A را $+1/2 m/s$ در نظر بگیریم، سرعت در نقطه B $-1/2 m/s$ است و اندازه تغییر سرعت خواهد شد:

$$|\Delta v| = |-1/2 - 1/2| = 1m/s$$

۷. شتاب متوسط حرکت را حساب می‌کنیم.

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1}{4} = 0.25 m/s^2$$

نمای ۱۵

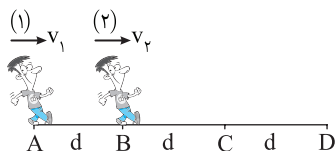
۲ ۴۶۹ B

۴. خط فکری

دو نفر در نقطه C به هم می‌رسند. نقطه A را مبدأ و سمت راست را جهت مثبت بگیریم. معادله‌های حرکت را بنویسید و در نقطه C با هم برابر قرار دهید تا رابطه‌ای بین v_1 و v_2 به دست بیاورید.

۱. شخص (۱) پس از ۲۰s، (۲) راه افتاده است. بنابراین اگر شخص (۱) مدت t در حرکت باشد، شخص (۲) مدت $t-20$ در حرکت خواهد بود. با دانستن این مطلب معادله حرکت هر شخص خواهد شد.

$$x = vt + x_0 \Rightarrow \begin{cases} \text{شخص (۱)} & x_1 = v_1 t + 0 \\ \text{شخص (۲)} & x_2 = v_2 (t - 20) + d \end{cases} \quad (I) \quad (II)$$



۲. وقتی دو متحرک به C می‌رسند مکان‌های آن‌ها با هم برابر می‌شود. بنابراین

$$x_1 = v_1 t \Rightarrow 2d = v_1 t \Rightarrow t = \frac{2d}{v_1}$$

$$x_2 = v_2 (t - 20) + d \Rightarrow 2d = v_2 (t - 20) + d \Rightarrow d = v_2 \left(\frac{2d}{v_1} - 20 \right)$$

$$\Rightarrow \frac{d}{v_2} = \frac{2d}{v_1} - 20$$

شخص (۱) فاصله C تا D را در $t_1 = \frac{d}{v_1}$ و شخص (۲) فاصله B تا O را در $t_2 = \frac{d}{v_2}$ طی می‌کند، بنابراین اختلاف زمانی رسیدن دو شخص به D خواهد شد:

$$\Delta t = \left| \frac{d}{v_2} - \frac{d}{v_1} \right| = \frac{2d}{v_1} - \frac{d}{v_1} = \frac{d}{v_1} - 20$$

نمای ۱۱

۱ ۴۶۹ B

۵. نکته

شیب خط مماس بر نمودار مکان - زمان برابر سرعت لحظه‌ای است و هرگاه متحرک بدون سرعت اولیه باشد، باید نمودار مکان - زمان در مبدأ زمان بر محور t مماس باشد. متحرک از حال سکون حرکت کرده بنابراین نمودار مکان زمان در $t=0$ باید بر محور زمان مماس باشد، سپس سرعت ثابت مانده و باید نمودار مکان زمان خط راست مایل باشد که بر نمودار سهمی قسمت اول مماس باشد هم چنین بر نمودار سهمی قسمت کندشونده حرکت نیز باید مماس باشد تا سرعت در این لحظات با هم برابر شود، بنابراین

۵. مکان دو متحرک در $t=5s$ را حساب می‌کنیم.

$$x_A'' = 5v_A, \quad x_B'' = 5v_B + d$$

۶. فاصله دو متحرک در $t=5s$ خواهد شد:

$$x_B'' - x_A'' = 5v_B + d - 5v_A \Rightarrow \Delta x''_{(5)} = 5(v_B - v_A) + d$$

از رابطه (I) جای گذاری می‌کنیم.

$$\Delta x''_{(5)} = 5\left(\frac{d}{4}\right) + d \Rightarrow \Delta x'' = \frac{5}{4}d$$

گزینه ۱

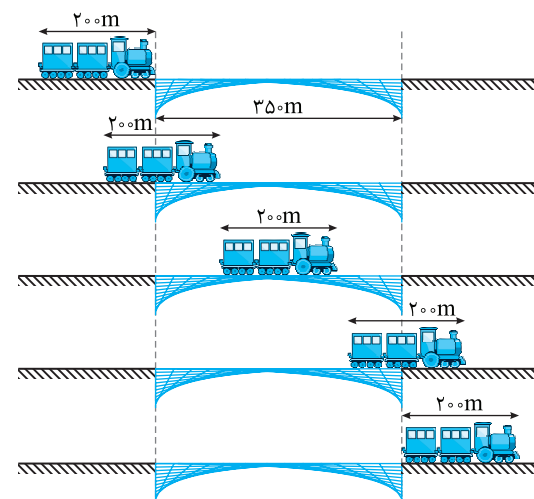
پنجره ۲ روبه‌روی ۳

۲ ۴۶۹ B

در تمام شکل‌های زیر به غیر از شکل ابتدایی و نهایی قطار یا قسمتی از قطار روی پل قرار دارد بنابراین باید مدت زمانی که طول می‌کشد تا قطار به طور کامل از پل بگذرد را به دست آوریم:

$$\Delta x = 200 + 350 = 550m$$

$$\Delta x = vt \Rightarrow 550 = 20t \Rightarrow t = 27.5s$$



نمای ۱۲

۲ ۴۶۹ B

در ابتدا بردار سرعت و بردار شتاب مطلق شکل در خلاف جهت هم بوده و حرکت کندشونده است. اما دو حالت ممکن است اتفاق بیفتد. حالت اول اینکه متحرک پس از مدتی می‌ایستد و دیگر به حرکت خود ادامه نمی‌دهد. مانند تویی که روی سطح زمین پرتاب شده و بعد از مدتی می‌ایستد و گزینه (۱) درست است.

حالت دوم اینکه متحرک پس از توقف در خلاف جهت شروع به حرکت کند، در این حالت ابتدا کندشونده و سپس تندشونده است. مانند تویی که رو به بالا پرتاب می‌شود در ابتدا حرکتش کندشونده است، متوقف می‌شود و برمی‌گردد. بنابراین گزینه (۳) نیز می‌تواند درست باشد. اما گزینه (۲) قطعاً نادرست است.

نمای ۱۷

۲ ۴۶۹ B

۳. نکته در هر نقطه از مسیر بردار سرعت بر مسیر حرکت مماس است.

۱. محیط دایره ۱۲m است. شعاع آن را حساب می‌کنیم.

$$2\pi R = 12 \Rightarrow \pi = 3 \Rightarrow R = 2m$$

۲. متحرک در مدت ۶s، $\frac{3}{4}$ محیط دایره را طی می‌کند. با یک تناسب ساده، مسافتی

$$\begin{array}{|c|c|} \hline 6s & \frac{3}{4} \times (\text{محیط}) \\ \hline 4s & l \\ \hline \end{array} \Rightarrow l = \frac{1}{2} \times \text{محیط}$$

که در ۴s طی می‌کند را به دست می‌آوریم.



$(\Delta x_1 = \Delta x_2)$ اما متحرک دوم که دارای شتاب بزرگتری است ۴s زودتر به مقصد می‌رسد. یعنی اگر زمان متحرک اول t_1 باشد زمان متحرک دوم $t_2 = t_1 - 4$ است. بنابراین شما معادله حرکت دو متحرک را نسبت به مبدأ حرکت بنویسید و آن‌ها را با هم برابر قرار دهید.

معادله حرکت دو متحرک خواهد شد:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \xrightarrow{x_0=0, v_0=0} \begin{cases} \text{متحرک اول} & x_1 = \frac{1}{2}a_1t_1^2 + 0 \\ \text{متحرک دوم} & x_2 = \frac{1}{2}a_2(t_1 - 4)^2 + 0 \end{cases}$$

دو معادله را برابر قرار می‌دهیم.

$$x_1 = x_2 \Rightarrow \frac{1}{2}a_1t_1^2 = \frac{1}{2}a_2(t_1 - 4)^2 \Rightarrow \frac{1}{2}a_1t_1^2 = \frac{1}{2}(\frac{9}{4}a_1)(t_1 - 4)^2$$

$$\Rightarrow t_1 = \frac{2}{3}(t_1 - 4) \Rightarrow 2t_1 = 3t_1 - 12 \Rightarrow t_1 = 12s$$

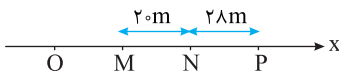
بنابراین زمان حرکت متحرکی که زودتر به مقصد می‌رسد خواهد شد.

$$t_2 = t_1 - 4 \Rightarrow t_2 = 12 - 4 = 8s$$

نمای ۳۴

۲ ۴۶۹ B

به روش حل دقت کنید. شتاب ثابت است. بنابراین اگر شتاب را a در نظر بگیریم و سرعت در نقطه N را v فرض کنیم با توجه به تعریف شتاب که برابر تغییر سرعت در هر ثانیه است، سرعت ۴s قبل از N خواهد شد: $(v_M = v - 4a)$ و سرعت ۴s بعد از N خواهد شد. $(v_P = v + 4a)$



۱ اکنون به سراغ فرمول مستقل از شتاب می‌رویم:

$$\Delta x = \frac{v_2 + v_1}{2}t \Rightarrow 20 + 28 = \frac{v_P + v_M}{2} \times 8 \Rightarrow 48 = (v - 4a + v + 4a) \times 4$$

$$\Rightarrow v = 6m/s$$

۲ مجدداً فرمول مستقل از شتاب را برای جابه‌جایی می‌نویسیم.

$$MN = \frac{v_M + v_N}{2}t_{MN} \Rightarrow 20 = \frac{6 - 4a + 6}{2} \times 4 \Rightarrow 10 = 12 - 4a \Rightarrow a = \frac{1}{4}m/s^2$$

$$v_M = v - 4a = 6 - 4 \times \frac{1}{4} = 5m/s$$

۳ سرعت در مکان M خواهد شد:

به کمک معادله مستقل از زمان فاصله OM را حساب می‌کنیم.

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow v_M^2 - 0 = 2a(OM) \Rightarrow 5^2 = 2 \times \frac{1}{4}OM \Rightarrow OM = 16m$$

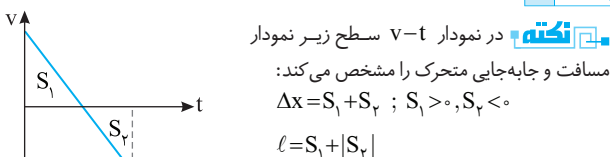
۴ میانبر برای به دست آوردن شتاب می‌توانستید از نکته زیر استفاده کنید.

نکته در حرکت با شتاب ثابت روی خط راست در بازه‌های زمانی یکسان جابه‌جایی‌ها دنباله حسابی با قدرنسبت at^2 تشکیل می‌دهند.

$$d_2 - d_1 = at^2 \xrightarrow{d_1=20m, d_2=48m, t=4s} 8 = a(4)^2 \Rightarrow a = \frac{1}{4}m/s^2$$

نمای ۲۸

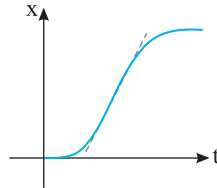
۲ ۴۶۹ B



خط فکری برای به دست آوردن مسافت و تندى متوسط بهتر است نمودار $v-t$

رسم شود. در گام اول از روی نمودار $x-t$ باید نمودار $v-t$ رسم شود.

با توجه به اینکه شیب خط مماس بر منحنی $x-t$ نشان‌دهنده سرعت لحظه‌ای است، سرعت اولیه متحرک منفی و سرعت در لحظه $t=3s$ برابر صفر است. از طرفی چون دهانه منحنی $x-t$ رو به بالاست، شتاب حرکت مثبت است و شیب نمودار $v-t$ مثبت خواهد بود پس:



گزینه (۱) درست و گزینه (۲) نادرست است. به شکل روبه‌رو دقت کنید، شیب خط راست و شیب خط مماس بر دو منحنی یکسان است.

نمای ۲۱

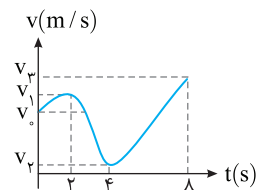
۲ ۴۶۹ B

خط فکری ۶

در حل این مسئله باید به فاصله سرعت‌ها کاملاً دقت کنید. یعنی باید بدانید که با توجه به نمودار $|v_2 - v_1| > |v_1 - v_0|$ است بازه زمانی‌ها یکسان بوده پس

با توجه به اینکه $a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ است پس شتاب متوسط در بازه ۲s تا ۴s بزرگ‌تر از صفر

تا ۲s است. در بازه ۴s تا ۸s بازه زمانی دو برابر بازه زمانی ۲s تا ۴s است. تغییرات سرعت در بازه ۴s تا ۸s بیشتر از ۲s تا ۴s بوده اما دو برابر این بازه نیست و تغییرات سرعت در بازه ۴s تا ۸s کمتر از دو برابر بازه ۲s تا ۴s است و شتاب متوسط در بازه ۲s تا ۴s بیشتر از ۴s تا ۸s است. بازه ۴s تا ۸s هم بازه زمانی بیشتری از ۲s تا ۴s داشته و هم تغییرات سرعت آن کوچک‌تر است. پس شتاب متوسط در بازه ۲s تا ۴s از شتاب متوسط در بازه ۲s تا ۸s بیشتر است.



نمای ۱۸

۲ ۴۶۹ B

خط فکری ۷

زمان واکنش راننده $0.5s$ است. یعنی از لحظه‌ای که راننده مانع را می‌بیند تا لحظه‌ای که پدال ترمز را می‌فشارد $0.5s$ طول می‌کشد و در این مدت خودرو با تندی ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد شما باید جابه‌جایی در این $0.5s$ را حساب کنید. سپس، جابه‌جایی خودرو را در قسمت کندشونده به دست بیاورید اگر جمع این دو جابه‌جایی از فاصله خودرو تا مانع کمتر بود برخوردی صورت نمی‌گیرد اما اگر جمع جابه‌جایی تا توقف از فاصله خودرو تا مانع بیشتر باشد، خودرو قبل از توقف به مانع برخورد می‌کند. حال به سراغ حل مسئله بروید.

در مدت زمان واکنش راننده، خودرو با تندی ثابت $v = 72km/h = 20m/s$ به حرکت ادامه می‌دهد و مسافتی برابر مقدار زیر را طی می‌کند.

$$\Delta x_1 = vt = 20 \times 0.5 = 10m$$

پس از ترمز، خودرو با تندی اولیه $20m/s$ و شتاب $-4m/s^2$ با حرکت کندشونده می‌ایستد.

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 0 - 400 = 2(-4)\Delta x \Rightarrow \Delta x_2 = 50m$$

بنابراین اگر مانعی در کار نبود، خودرو پس از $10 + 50 = 60m$ متوقف می‌شد اما فاصله خودرو از مانع $52m$ است یعنی خودرو پس از $52 - 10 = 42m$ جابه‌جایی در قسمت کندشونده حرکت به مانع برخورد می‌کند بنابراین سرعت برخورد آن به مانع خواهد شد.

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow v^2 - 400 = 2(-4) \times 42 \Rightarrow v^2 = 64 \Rightarrow v = 8m/s$$

یعنی خودرو با تندی $8m/s$ به مانع برخورد می‌کند.

نمای ۲۷

۲ ۴۶۹ B

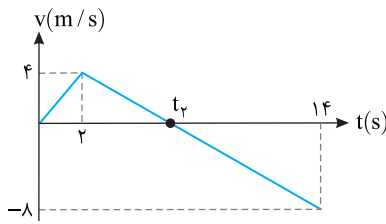
خط فکری ۸

دو متحرک در یک لحظه از یک مبدأ به سوی یک مقصد به راه افتاده‌اند. یعنی جابه‌جایی دو متحرک از ابتدا تا انتهای مسیر یکسان است



$$a = \frac{v - v_0}{t} \Rightarrow a = \frac{-8 - 4}{14 - 2} = -1 \text{ m/s}^2$$

را به دست می آوریم:



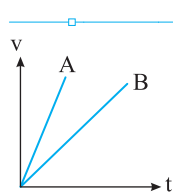
اکنون لحظه صفر شدن سرعت را حساب می کنیم:

$$v_f = a(t_f - t_1) + v_0 \Rightarrow 0 = -1(t_f - 2) + 4 \Rightarrow t_f = 6 \text{ s}$$

بنابراین در بازه بین ۶s تا ۱۴s یعنی به مدت ۸s، متحرک در خلاف جهت محور xها در حرکت است.

مسئله را می توانید به کمک شیب خط نیز حل کنید.

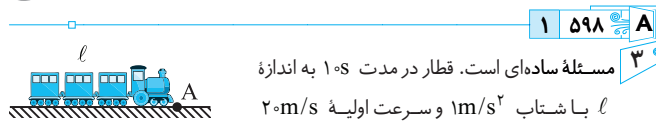
گزینه ۳



به نمودار $v-t$ دقت کنید. هر دو متحرک از حال سکون شروع به حرکت کرده اند، بنابراین در لحظه $t=0$ باید هر دو نمودار $x-t$ متحرک A و B بر محور زمان مماس باشند، بنابراین گزینه (۱) و (۲) نادرست هستند.

سرعت متحرک A در هر لحظه از سرعت متحرک B بیشتر است، بنابراین در هر لحظه A از B جلوتر است ($x_A > x_B$). در نتیجه گزینه (۳) درست و گزینه (۴) نادرست است.

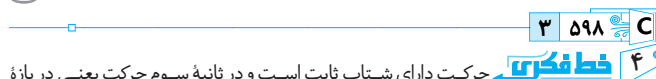
نمای ۴۳



مسئله ساده ای است. قطار در مدت ۱۰s به اندازه l با شتاب 1 m/s^2 و سرعت اولیه 2 m/s جابه جا شده است بنابراین از معادله حرکت با شتاب ثابت l را حساب می کنیم.

$$\Delta x = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t \Rightarrow l = \frac{1}{2} \times 1 \times 10^2 + 2 \times 10 \Rightarrow l = 25 \text{ m}$$

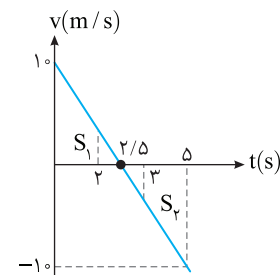
نمای ۲۲



حرکت دارای شتاب ثابت است و در ثانیه سوم حرکت یعنی در بازه $t=2\text{s}$ تا $t=3\text{s}$ جابه جایی متحرک صفر است. در این بازه سرعت صفر شده و متحرک تغییر جهت داده است. به دلیل تقارن حرکت با شتاب ثابت در دو طرف لحظه تغییر جهت، باید لحظه تغییر جهت $t=2.5\text{s}$ باشد و در مدت $2/5\text{s}$ سرعت متحرک از 10 m/s به صفر رسیده است. با این دانسته ها اکنون شما می توانید برای یافتن مسافت طی شده در 5s ، ابتدا جابه جایی در بازه 0 تا $2/5\text{s}$ را حساب کرده سپس آن را دو برابر کنید.

جابه جایی متحرک در بازه صفر تا $2/5\text{s}$ را از معادله مستقل از شتاب حساب می کنیم.

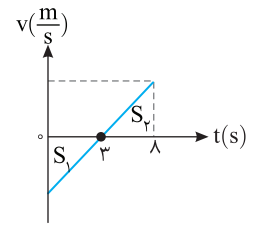
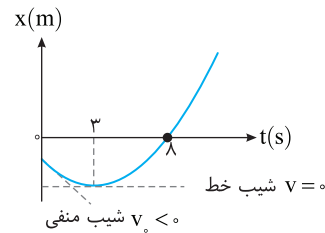
$$\Delta x = \frac{v + v_0}{2} \Delta t \Rightarrow \Delta x = \frac{0 + 10}{2} \times 2/5 = 12/5 \text{ m}$$



مسافت طی شده در مدت صفر تا 5s خواهد شد: $l = 12/5 + 12/5 = 24/5 \text{ m}$
روش حل به کمک نمودار $v-t$:
 $l = |S_1| + |S_2|$
 $\Rightarrow l = \frac{10 \times 2/5}{2} + \frac{10 \times 2/5}{2} = 24/5 \text{ m}$

نمای ۳۲

ابتدا باید سرعت خودرو به 15 m/s برسد. بنابراین زمان و جابه جایی متحرک را تا رسیدن به سرعت 15 m/s را حساب می کنیم.



نسبت مساحت های دو مثلث متشابه، برابر با مجذور نسبت تشابه آنها است.

با توجه به نمودار $v-t$ و با استفاده از تشابه مثلث ها نسبت مساحت های S_1 و S_2 محاسبه می شود.

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{(8-3)^2}{3^2} = \frac{25}{9} \Rightarrow S_2 = \frac{25}{9} S_1$$

با توجه به نکته ابتدایی سؤال از روی S_1 و S_2 جابه جایی و مسافت مشخص می شود. دقت کنید که S_1 زیر محور افقی بوده و در جابه جایی علامت منفی باید لحاظ شود.

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= S_1 + S_2 = S_1 + \frac{25}{9} S_1 = \frac{34}{9} S_1 \\ \Delta x &= S_2 - S_1 = \frac{25}{9} S_1 - S_1 = \frac{16}{9} S_1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\Delta x}{\ell} = \frac{\frac{16}{9} S_1}{\frac{34}{9} S_1} = \frac{8}{17}$$

نمای ۲۹

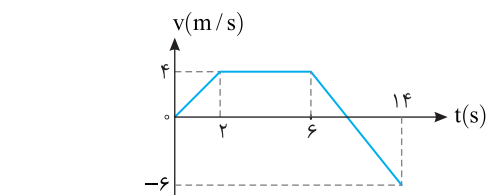
پنجره ۳ روبه روی ۴



جهت حرکت همان جهت سرعت است. بنابراین وقتی که متحرک در خلاف جهت محور در حرکت است یعنی سرعت منفی است، بنابراین از لحظه t_1 تا 14s متحرک در خلاف جهت محور در حرکت بوده است. باید t_1 را به دست بیاوریم.

به کمک شیب خط AB، t_1 را حساب می کنیم.

$$\begin{aligned} \frac{-6 - 4}{14 - 6} &= \frac{-6 - 0}{4 - t_1} \Rightarrow \frac{-10}{8} = \frac{-6}{4 - t_1} \Rightarrow -7.5(4 - t_1) = -6 \Rightarrow -30 + 7.5t_1 = -6 \Rightarrow 7.5t_1 = 24 \Rightarrow t_1 = 3.2 \text{ s} \end{aligned}$$

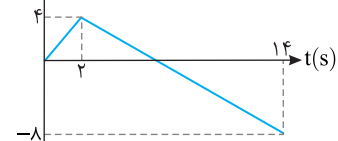


بنابراین متحرک به مدت $14 - 9/2 = 4/8\text{s}$ در خلاف جهت محور در حال حرکت بوده است.

متحرکی روی محور x حرکت می کند و نمودار سرعت -

زمان آن مطابق شکل روبه رو است. متحرک در ۱۴ ثانیه اول، چند ثانیه در سوی مخالف محور x حرکت کرده است؟

ریاضی - ۸۹



- ۴ (۱)
- ۶ (۲)
- ۸ (۳)
- ۱۲ (۴)

در بازه زمانی که سرعت منفی است، متحرک در خلاف جهت محور xها در حرکت بوده است. ابتدا در بازه $t=2\text{s}$ تا $t=14\text{s}$ شتاب حرکت

در دنباله حسابی، جمله وسط میانگین دو جمله دیگر است. از چهار گزینه، گزینه‌های (۳) و (۴)، دنباله حسابی نبوده و نادرست هستند. اما بین گزینه‌های (۱) و (۲) کدام را باید انتخاب کرد؟ با توجه به صورت مسئله حرکت تندشونده است. در این صورت با گذشت زمان متحرک جابه‌جایی بزرگتری طی می‌کند. بنابراین گزینه (۲) $(۱۰\text{ m}, ۳۰\text{ m})$ نمای ۳۷ درست است.

■ بازی با سؤال

این خودرو در ثانیه پنجم حرکت خود ۵۶m و در ثانیه ششم حرکت خود ۵۹m را می‌پیماید. در این صورت شتاب و سرعت اولیه خودرو به ترتیب از راست به چپ چند واحد SI می‌باشند؟

-۲۹.۶ (۴) ۴۲/۵. -۳ (۳) ۲۹.۶ (۲) ۴۲/۵.۳ (۱)

ياسج

از رابطه زیر به دست می آید:

$$\Delta x_{(t)} = \frac{1}{r} a(r t - 1) + v_* \Rightarrow \begin{cases} t = \delta s \Rightarrow \delta \varphi = \frac{1}{r} a(\varphi) + v_* \\ t = \varphi s \Rightarrow \delta \varphi = \frac{1}{r} a(1) + v_* \end{cases}$$

دو رابطه را از هم کم می کنیم

$$59 - 56 = \frac{1}{2} a (11 - 9) \Rightarrow a = 3 \text{ m/s}^2$$

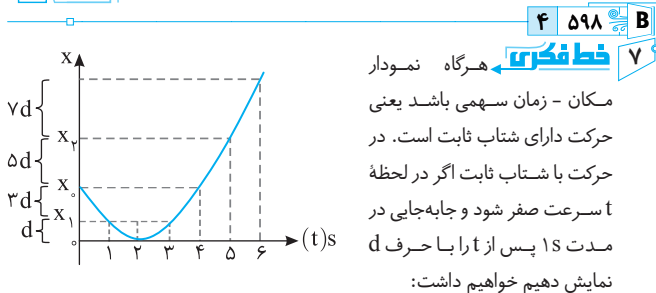
اکنون با قرار دادن شتاب در یکی از معادله‌ها، سرعت اولیه را حساب می‌کنیم:

$$\Delta \phi = \frac{1}{2} \times 3 \times 9 + v_o \Rightarrow v_o = 42 \text{ m/s}$$

روش دیگر: در حرکت با شتاب ثابت جابه‌جایی‌ها در ثانیه‌های متوالی به اندازه شتاب باهم فرق دارند، یعنی اگر در ثانیه t و $t+1$ جابه‌جایی‌ها را از هم کم کنیم شتاب بدست می‌آید. از این‌رو کافی است جابه‌جایی در ثانیه پنجم و ششم را از هم کم کرده و شتاب را بدست آورد:

$$a = 59 - 56 = 3 \text{ m/s}^2$$

گزینه ۱



شما باید در بازه‌هایی که مسئله بیان می‌کند، مسافت‌ها را حساب کنید.

گزینۀ (۱): مسافت طی شده در ۳S اول یعنی از صفر تا ۳S برابر است با:

$$\ell = \mathfrak{r}d + d + d = \Delta d$$

مسافت طی شده در ۳S دوم یعنی از ۳S تا ۶S برابر است با: $\ell' = 3d + 5d + 7d = 15d$
بنابراین گزینه (۱) نادرست است.

نکته

نکته: هر گاه متحرک در یک بازه زمان سرعتش صفر شده و تغییر جهت دهد همواره مسافت طی شده از جابه‌جایی بزرگ‌تر است.

گزینه (۲): در بازه صفر تا $3s$ سرعت در لحظه $t = 3s$ صفر می‌شود یعنی متحرک می‌ایستد و برمی‌گردد، بنابراین مسافت طی شده در $3s$ اول از جابه‌جایی متحرک در $3s$ اول بیشتر است و گزینه (۲) نادرست است.

گزینه (۳): $t = \Delta S$ رأس سهمی است و نمودار نسبت به محور گذرنده از $t = \Delta S$ دارای
 نقطه تقارن است یعنی اگر متحرک در $t = 0$ در مکان x_0 باشد در $t = \Delta S$ نیز در مکان x_0
 است و جابه‌جایی و سرعت متوسط در بازه 0 تا ΔS صفر است، در حالی که جابه‌جایی در بازه
 0 تا $t = \Delta S$ برابر $x_0 - x_1$ است و مخالف صفر است و گزینه (۴) نادرست است.

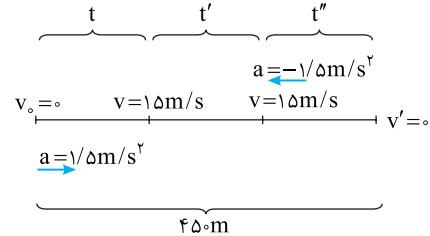
گزینه (۴): به نموداری که رسم کرده‌ایم به دقت نگاه کنید جابه‌جایی متحرک در ۳s اول جابه‌جایی در بازه $t=0$ تا $t=3s$ برابر ۳d است همچنین در بازه $t=3s$ تا $t=4s$ جابه‌جایی ۳d است بنابراین در هر دو حالت سرعت متوسط $v_{av} = \frac{rd}{3}$ خواهد شد و سرعت

$$v = at + v_0 \Rightarrow 1 \Delta = 1 / \Delta t \Rightarrow t = 1 \text{ s} , \Delta x = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \times 1 / \Delta \times 1 \text{ s} = \gamma \Delta m$$

۲. سپس با سرعت 15 m/s با حرکت یکنواخت پیش می‌رود و سرانجام با شتاب $1/5 \text{ m/s}^2$ می‌ایستد، مدت زمان حرکت کندشونده و جابه‌جایی در این مدت را حساب می‌کنیم.

$$v = at + v_0 \Rightarrow 0 = -1/\Delta t'' + 1\Delta \Rightarrow t'' = 1 \text{ s}$$

$$\Delta x'' = \frac{1}{\gamma} a(t'') \tau + v t'' \Rightarrow \Delta x'' = v \Delta m$$



۳ در قسمت تندشونده و کندشونده جمعاً $۷۵+۷۵=۱۵۰\text{m}$ جابه‌جایی صورت گرفته است. در حالی که تمام مسیر ۴۵۰ متر است. پس این متحرک ۳۰۰ متر را با سرعت ۱۵m/s پیموده است. حال زمان حرکت با سرعت ثابت را به دست می‌آوریم:

$$\Delta x' = vt' \Rightarrow ۳۰۰ = ۱۵t' \Rightarrow t' = ۲۰\text{s}$$

۴ حداقل زمان حرکت $t = 10 + 20 + 10 = 40$ s است.

بازی با سؤال - قطاری از یک ایستگاه روی مسیر مستقیمی به سوی

ایستگاه دیگری در فاصله 3 km از حال سکون به راه می‌افتد. ابتدا در $t = \frac{2}{3}$ با شتاب ثابت 3 m/s^2 بر سرعت خود می‌افزاید و سپس t ثانیه با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد و در نهایت با شتاب ثابت 2 m/s^2 ترمز می‌کند و در ایستگاه مقصد متوقف می‌شود. t به کدام گزینه بر حسب ثانیه نزدیک‌تر است؟

۸ (۱)	۲۸ (۲)	۱۸ (۳)	۳۲ (۴)
-------	--------	--------	--------

پاسخ: با توجه به شکل زیر، برای هر قسمت سرعت در انتهای هر قسمت و جابه‌جایی در آن قسمت را بر حسب پارامتر t حساب می‌کنیم.

$$\text{قسمت اول: } v = at + v_0 \Rightarrow v = 3 \times \frac{2}{3} t \Rightarrow v = 2t$$

$$\Delta x_1 = \frac{v+v_0}{2} t_1 \Rightarrow \Delta x_1 = \frac{v t_0}{2} \times \frac{v t_0}{3} \Rightarrow \Delta x_1 = \frac{v t_0^2}{3}$$

$$\Delta x_p = vt_p \Rightarrow \Delta x_p = 2t(t) = 2t^2$$

$$v = at + v_0 \Rightarrow 0 = -2t_3 + v$$

$$\Rightarrow t_p = \frac{V}{r} \xrightarrow{(1)} t_p = \frac{rt}{r} = t$$

$$\Delta x_r = \frac{v+v_o}{\gamma} t_r \Rightarrow \Delta x_r = \frac{o+v}{\gamma} t \Rightarrow \Delta x_r = \frac{o+vt}{\gamma} t = t^r$$

$$\begin{array}{c}
 a = r\omega/s^2 \qquad \qquad \qquad a = -r\omega/s \\
 \begin{array}{c}
 V_o = 0 \qquad \qquad V \qquad \qquad V = \text{ثابت} \qquad \qquad V \qquad \qquad V = 0 \\
 \hline
 t_1 = \frac{r}{\omega} t \qquad \qquad t_r = t \qquad \qquad t_r
 \end{array}
 \end{array}$$

با توجه به صورت سؤال فاصله دو ایستگاه از هم ۳ کیلومتر است، از این رو باید جمع جابه‌جایی‌ها برابر 3000m شود.

$$\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 = 3 \dots m$$

$$\frac{\gamma t^\gamma}{3} + \gamma t^\gamma + t^\gamma = 3 \dots \Rightarrow \frac{\gamma t^\gamma + 6t^\gamma + 3t^\gamma}{3} = 3 \dots \Rightarrow t^\gamma = \frac{9 \dots}{11} \Rightarrow t \approx 2 \text{ ns}$$

گزینه ۲

۲ ۵۹۸ B

نکته: در حرکت با شتاب ثابت روی خط راست، جابه‌جایی‌ها در بازه‌های زمانی یکسان و متوالی T دنباله حسابی تشکیل می‌دهند.

$$v = at + v_0 \Rightarrow v_p = 2 \times (10 - 3) + 1 \Rightarrow v_p = 15 \text{ m/s}$$

۳ جابه‌جایی را در بازه ۷s تا ۱۰s به دست می‌آوریم.

$$\Delta x_1 = \frac{v_1 + v_2}{2} \times \Delta t_1 = \frac{15 + 9}{2} \times (10 - 7) = 36 \text{ m}$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_{av} = \frac{36}{10 - 7} \Rightarrow v_{av} = 12 \text{ m/s}$$

نمای ۴۲

پنجره ۴ روبه‌روی ۵

۲ ۶۶۸ B

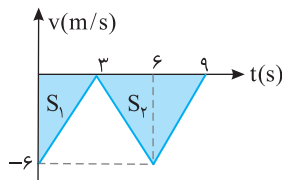
۱ تندی در لحظه‌های $t=0$ ، $t=3s$ ، $t=6s$ و $t=9s$ را به دست آورده و نمودار سرعت-زمان را رسم می‌کنیم:

$$t=0 \Rightarrow v_0 = -6 \text{ m/s}$$

$$t=3s \Rightarrow v = a_1 t_1 + v_0 \Rightarrow v = 2 \times 3 + (-6) = 0$$

$$t=6s \Rightarrow v = (-2 \times 3) + 0 = -6 \text{ m/s}$$

$$t=9s \Rightarrow v = (2 \times 3) + (-6) = 0$$



مسافت طی شده برابر است با:

$$d = |S_1| + |S_2| \Rightarrow d = \left| \frac{(-6) \times 3}{2} \right| + \left| \frac{6 \times (-6)}{2} \right| \Rightarrow d = 9 + 18 = 27 \text{ m}$$

۳ ۶۶۸ B

۲ ۱ سرعت از صفر در مدت t_1 با شتاب 2 m/s^2 به 7 m/s می‌رسد، سپس در مدت t_2 با شتاب -3 m/s^2 ، از 7 m/s به صفر می‌رسد. بنابراین شما می‌توانید به کمک معادله سرعت زمان رابطه بین t_1 و t_2 به دست بیاورید.

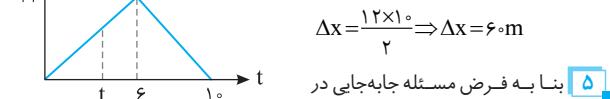
$$v = at + v_0 \begin{cases} a = 2 \text{ m/s}^2 \rightarrow v = 2t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v}{2} \\ a = -3 \text{ m/s}^2 \rightarrow 0 = -3t_2 + v \Rightarrow t_2 = \frac{v}{3} \end{cases} \Rightarrow \frac{t_1}{t_2} = \frac{3}{2} \quad (1)$$

۲ کل مدت حرکت ۱۰s است بنابراین:

$$t_1 + t_2 = 10 \xrightarrow{(1)} \frac{3}{2} t_2 + t_2 = 10 \Rightarrow t_2 = 4 \text{ s}, t_1 = 6 \text{ s}$$

$$v = at + v_0 \Rightarrow v = 2 \times 6 = 12 \text{ m/s}$$

۳ سرعت در لحظه $t_1 = 6s$ خواهد شد: ۴ جابه‌جایی کل برابر سطح زیر نمودار سرعت زمان شکل روبه‌روست:



$$\Delta x_1 = \frac{0 + 12}{2} \times 6 = 36 \text{ m}$$

اول مسیر برابر است با:

۶ نسبت مساحت‌ها با مربع نسبت تشابه مثلث برابر است، از این‌رو:

$$\frac{25}{36} = \left(\frac{t}{6} \right)^2 \Rightarrow \frac{5}{6} = \frac{t}{6} \Rightarrow t = 5 \text{ s}$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_{av} = \frac{25}{5} = 5 \text{ m/s}$$

۷ میانبر هر گاه متحرک با شتاب a_1 از حال سکون به راه بیافتد و در مدت t_1

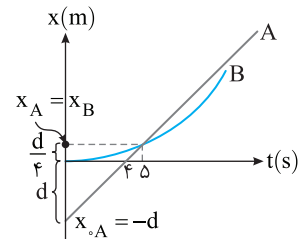
متوسط در این دو بازه با هم برابر است و گزینه (۴) درست است. نمای ۲۹

۲ ۵۹۸ C

۸ خط‌فکری در حل این مسئله دقت کنید که ما پارامتری به نام d را معرفی می‌کنیم و به کمک آن مسئله را حل می‌کنیم. مکان اولیه متحرک A، $x_0 = -d$ است و با توجه به شیب خط، مکان متحرک A در $t = 5s$ را به دست می‌آوریم و بقیه ماجرا را دنبال کنید.

۱ محل ملاقات A و B در لحظه $t = 5s$ را به کمک شیب نمودار A به دست

$$\frac{d - 0}{4 - 0} = \frac{x_A - 0}{5 - 4} \Rightarrow x_A = \frac{d}{1} = d$$



۲ متحرک B در بازه صفر تا $5s$ با شتاب ثابت جابه‌جایی $\frac{d}{4}$ را طی کرده است،

شتاب حرکت B را برحسب d به دست می‌آوریم:

$$x = \frac{1}{2} at^2 \Rightarrow \frac{d}{4} = \frac{1}{2} a_B \times 5^2 \Rightarrow a_B = \frac{d}{50} \quad (I)$$

۳ متحرک A دارای سرعت ثابت است، مقدار آن را برحسب d حساب می‌کنیم.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta x = \frac{d}{4}} v = \frac{\frac{d}{4}}{5 - 4} \Rightarrow v_A = \frac{d}{4}$$

۴ معادله سرعت زمان B را می‌نویسیم:

$$v_B = a_B t + v_0 \xrightarrow{(I)} v_B = \frac{d}{50} t$$

۵ اکنون لحظه‌ای که سرعت A و B برابر است را می‌توان حساب کرد.

$$v_A = v_B \Rightarrow \frac{d}{4} = \frac{d}{50} t \Rightarrow t = 12.5 \text{ s}$$

نمای ۳۹

۳ ۵۹۸ B

۹ خط‌فکری وقتی به شما نمودار سرعت زمان متحرکی را می‌دهند و به شما می‌گویند متحرک در مدت t به مکان اولیه خود باز می‌گردد یعنی سطح زیر نمودار $v-t$ در این مدت باید صفر شود. با توجه به این مطالب باید جمع S_1 و S_2 صفر شود.

۱ جابه‌جایی در مدت $9s$ صفر شده است بنابراین:

$$\begin{aligned} S = \Delta x = 0 &\Rightarrow S_1 + S_2 = 0 \\ \Rightarrow \frac{4 \times t_1}{2} + \frac{(9 - t_1 + 9 - 6) \times (-20)}{2} &= 0 \\ 20t_1 + (12 - t_1)(-10) &= 0 \\ \Rightarrow 20t_1 - 120 + 10t_1 &= 0 \Rightarrow t_1 = 4 \text{ s} \end{aligned}$$

۲ اکنون با توجه به نمودار در بازه صفر تا $t_1 = 4s$ تندی متحرک در حال کاهش و

حرکت کندشونده است. نمای ۴۰

۳ ۵۹۸ B

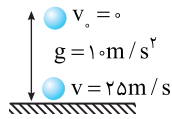
۱۰ سرعت در لحظه $t = 3s$ ، 1 m/s است، بنابراین سرعت در لحظه $t_1 = 7s$ خواهد شد:

$$\begin{aligned} v &= at + v_0 \Rightarrow v = 2 \times (7 - 3) + 1 \\ &\Rightarrow v_1 = 9 \text{ m/s} \end{aligned}$$

۲ سرعت در لحظه $t = 10s$ را حساب می‌کنیم

کمک معادله مستقل از زمان h را حساب می‌کنیم:

$$v^2 - v_0^2 = 2g\Delta y \xrightarrow{v_0=0, g=10\text{m/s}^2} (25)^2 = 2 \cdot h \Rightarrow h = \frac{625}{2} = 312.5\text{m}$$



نمای ۴۵

۳ ۶۶۸ B

در این سؤال تنها سرعت هنگام رها شدن یعنی $v_0 = 0$ را داریم، پس برای مسیرهای OA و OB با سرعت اولیه صفر معادله حرکت را می‌نویسیم.

اگر گلوله فاصله بین A تا O را در مدت t ثانیه طی کند این گلوله فاصله O تا B را در $t+1$ ثانیه طی خواهد کرد بنابراین:

با توجه به رابطه $\Delta y = \frac{1}{2}gt^2$ در مسیر OA داریم:

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \quad (1)$$

با توجه به رابطه $\Delta y = \frac{1}{2}gt^2$ در مسیر OB داریم:

$$h + 20 = \frac{1}{2}g(t+1)^2$$

حال معادله (۲) را از معادله (۱) کم می‌کنیم.

$$h + 20 - h = \frac{1}{2}g(t+1)^2 - \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow 20 = \frac{1}{2}g((t+1)^2 - t^2)$$

$$\Rightarrow 20 = 5((t+1)(t+1-t)) \Rightarrow 4 = (2t+1)(1) \Rightarrow t = 1/5\text{s}$$

با جای‌گذاری $t = 1/5\text{s}$ در معادله اول، $h = 1/2gt^2 \Rightarrow h = 1/2 \cdot 10 \cdot (1/5)^2 = 0.1\text{m}$ می‌شود.

بنابراین ارتفاع برج برابر $23 + 1/25 = 23.04\text{m}$ است.

۱ ۶۶۸ C

مسافتی که جسم در ثانیه آخر طی می‌کند برابر تمام مسافت پیموده شده قبل از آن است، این عبارت به چه مفهوم است؟ دقت کنید یعنی اگر کل مسیر

سقوط h باشد در ثانیه آخر و تمام زمان قبل از آن جسم جابه‌جایی‌های یکسان $h/4$ را

می‌پیماید، بنابراین اگر کل ارتفاع سقوط h باشد و زمان کل سقوط t باشد، $h/4$ اول

مسیر را در $(t-1)$ ثانیه و $h/4$ آخر مسیر را در 1s پیموده است.

حال برای $h/4$ اول مسیر و کل مسیر که

سرعت اولیه آن‌ها صفر است معادله مکان - زمان را می‌نویسیم:

$$\begin{cases} h = \frac{1}{2}gt^2 \\ h = \frac{1}{2}g(t-1)^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{h}{h} = \frac{t^2}{(t-1)^2}$$

$$\Rightarrow 2 = \frac{t^2}{(t-1)^2} \Rightarrow 2t^2 - 4t + 2 = t^2 \Rightarrow t^2 - 4t + 2 = 0$$

$$t = \frac{4 \pm \sqrt{16-8}}{2} \Rightarrow t = 2 \pm \sqrt{2} \Rightarrow \begin{cases} t = 2 + \sqrt{2} \Rightarrow t = 2 + 1/4 = 3/4\text{s} \\ t = 2 - \sqrt{2} < 1\text{s} \text{ غلط} \end{cases}$$

اکنون h را به دست می‌آوریم: $h = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow h = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot (3/4)^2 \Rightarrow h = 57/8\text{m}$

نمای ۴۵

۲ ۶۶۸ B

۷

جابه‌جایی Δx_1 را طی کند سپس ترمز کرده با شتاب a_2 در مدت t_2 و جابه‌جایی

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{t_1}{t_2} = \frac{\Delta x_1}{\Delta x_2}$$

Δx_2 متوقف شود خواهیم داشت:

بنابراین نسبت $\frac{t_1}{t_2} = \frac{a_2}{a_1} = \frac{3}{2}$ خواهد بود.

نمای ۳۵

۲ ۶۶۸ A

شیب خط قاطع نمودار $x-t$ برابر سرعت متوسط است از این‌رو:

$$v_{av} = \tan \alpha = \tan 53^\circ$$

$$\Rightarrow v_{av} = \frac{4/6}{3/6} = \frac{4}{3} \text{ m/s}$$

از طرفی نمودار مکان - زمان سهمی است، یعنی حرکت دارای شتاب ثابت است، از این‌رو:

در لحظه $t=0$ سرعت اولیه صفر است. بنابراین سرعت در لحظه t_1 خواهد شد:

$$\frac{4}{3} = \frac{v+0}{2} \Rightarrow v = \frac{8}{3} \text{ m/s}$$

نمای ۳۸

بازی با سؤال: در شکل روبه‌رو نمودار مکان - زمان متحرکی که بخشی از یک سهمی است، رسم شده است. در لحظه $t = \frac{t_1}{2}$ سرعت متحرک چند متر بر ثانیه است؟ (مقیاس روی هر محور معادل یکای کمیت است.)

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

شیب خط قاطع نمودار مکان - زمان برابر سرعت متوسط در آن بازه زمانی است. پس سرعت متوسط در بازه صفر تا t_1 را به کمک شیب خط قاطع به دست می‌آوریم.

$$v_{av} = \tan 45^\circ \Rightarrow v_{av} = 1\text{m/s}$$

نمودار سهمی است و حرکت دارای شتاب ثابت است و سرعت متوسط برابر

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

بوده و در واقع سرعت متوسط میانگین سرعت ابتدایی و انتهایی

بوده و برابر سرعت در وسط بازه زمانی است. بنابراین در لحظه $t = \frac{t_1}{2}$ سرعت

$$v = 1\text{m/s}$$

برابر است با:

گزینه ۱

۴ ۶۶۸ B

جهت مثبت را برای سادگی رو به پایین اختیار می‌کنیم.

اگر سرعت گلوله هنگام رسیدن به زمین را v بگیریم و سرعت 2s قبل از آن را v' ، خواهیم داشت:

$$v_2 = at + v_1 \Rightarrow v = gt + v' \Rightarrow v = 20 + v' \Rightarrow v' = v - 20$$

سرعت متوسط برابر میانگین سرعت در ابتدا و انتهای یک بازه زمانی است پس سرعت متوسط در 2s آخر سقوط برابر میانگین سرعت v' و v است:

$$v_{av} = \frac{v+v'}{2} \Rightarrow v_{av} = \frac{v+v-20}{2} \Rightarrow 15 = \frac{2v-20}{2} \Rightarrow v = 25\text{m/s}$$

گلوله رها شده و $v_0 = 0$ بوده و سرعت هنگام رسیدن به زمین $v = 25\text{m/s}$ است. به

راه حل اول:

خط فکری ثانیه سوم یعنی $t=3s$ تا $t=2s$ ، برای به دست آوردن جابه جایی در این بازه ابتدا ارتفاع h_1 در بازه 0 تا $2s$ و سپس ارتفاع h_2 در بازه $2s$ تا $3s$ را حساب می کنیم.

تفاضل این دو ارتفاع برابر مسافتی است که گلوله در ثانیه سوم سقوط پیموده است:

۱ به کمک معادله $\Delta y = \frac{1}{2}gt^2$ را h_1 حساب می کنیم.

$$h_1 = \frac{1}{2}g(t)^2 \Rightarrow h_1 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 4 = 19.6 \text{ m}$$

۲ به کمک معادله $\Delta y = \frac{1}{2}gt^2$ را h_2 حساب می کنیم.

$$h_2 = \frac{1}{2}g(t)^2 \Rightarrow h_2 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times 1 = 4.9 \text{ m}$$

۳ حال Δh را به دست می آوریم:

$$\Delta h = h_2 - h_1 \Rightarrow \Delta h = 4.9 - 19.6 \Rightarrow \Delta h = -14.7 \text{ m}$$

راه حل دوم: جابه جایی در ثانیه t ام در حرکت با شتاب ثابت روی خط راست برابر است با:

$$\Delta y(t) = \frac{1}{2}g(t-1)^2 + v_0 \Rightarrow \Delta y(3) = \frac{1}{2} \times 9.8 \times (3-1)^2 = 19.6 \text{ m}$$

نمای ۴۵

۲ ۶۶۸ B

۱ جهت مثبت را رو به پایین اختیار می کنیم. جسم جابه جایی $\frac{h}{4}$ اول مسیر را در مدت $3\sqrt{2}s$ انجام داده است، بنابراین به کمک معادله جابه جایی زمان ارتفاع h به دست می آوریم.

$$\Delta y = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow \frac{h}{4} = \frac{1}{2}g(3\sqrt{2})^2 \Rightarrow h = 180 \text{ m}$$

۲ در فاصله ۴۵ متری سطح زمین، جابه جایی گلوله برابر $\Delta y = 180 - 45 = 135 \text{ m}$ است. به کمک معادله مستقل از زمان، سرعت گلوله را حساب می کنیم.

$$v^2 - v_0^2 = 2g\Delta y$$

$$\Rightarrow v^2 - 0 = 2 \times 9.8 \times (180 - 45)$$

$$\Rightarrow v^2 = 2772 \Rightarrow v = 52.65 \text{ m/s}$$

نمای ۴۵

۳ ۶۶۸ B

خط فکری گلوله ای که زودتر رها شده را A و گلوله دیگر که حرکت آن با تأخیر آغاز شده B می نامیم. اگر مدت زمانی که گلوله A سقوط کرده را t بگیریم گلوله B، $2/5s$ با تأخیر رها شده و مدت زمان سقوط آن $t - 2/5s$ است. معادله مکان - زمان دو گلوله را نوشته و فاصله دو گلوله یعنی $y_A - y_B$ را مساوی $68/75 \text{ m}$ قرار می دهیم.

۱ معادله گلوله های A و B را می نویسیم. مبدأ

مکان را محل رها شدن دو گلوله و جهت مثبت را رو به پایین می گیریم:

$$y = \frac{1}{2}gt^2 + y_0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} y_A = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow y_A = \frac{1}{2}gt^2 \\ y_B = \frac{1}{2}g(t-2/5)^2 \Rightarrow y_B = \frac{1}{2}g(t-2/5)^2 \end{cases}$$

۲ حال $y_A - y_B = 68/75 \text{ m}$ است:

$$\frac{1}{2}gt^2 - \frac{1}{2}g(t-2/5)^2 = 68/75 \Rightarrow \frac{1}{2}gt^2 - \frac{1}{2}g(t^2 - 4t/5 + 4/25) = 68/75$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}gt^2 - \frac{1}{2}gt^2 + 2gt/5 - 2g/25 = 68/75 \Rightarrow 2gt/5 - 2g/25 = 68/75$$

$$\Rightarrow 2gt/5 = 68/75 + 2g/25 \Rightarrow 2gt/5 = 70/75 \Rightarrow t = 2s$$

بازی با سوال دو گلوله در شرایط خلأ به فاصله زمانی $3/5s$ از یک

نقطه بالای سطح زمین رها می شوند. چند ثانیه پس از رها شدن گلوله اول،

فاصله دو گلوله از هم به 70 m می رسد؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

$$\frac{1}{2}gt^2 - \frac{1}{2}g(t-3/5)^2 = 70$$

پایه محل رها شدن را مبدأ می گیریم و جهت رو به پایین را مثبت اختیار

$$\Delta y = y_1 - y_2 = \frac{1}{2}gt_1^2 - \frac{1}{2}gt_2^2 \Rightarrow \Delta y = \frac{1}{2}g[t_1^2 - (t_1 - 3/5)^2]$$

می کنیم.

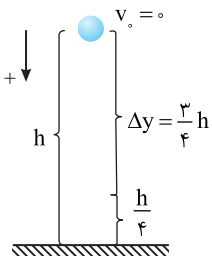
از اتحاد مزدوج استفاده می کنیم:

$$\frac{1}{2}g[t_1^2 - (t_1 - 3/5)^2] = 70$$

$$(t_1^2 - (t_1 - 3/5)^2)(10/2) = 70 \Rightarrow t_1 = 3/5s$$

گزینه ۱

۲ ۶۶۸ B



۱۰ با توجه به معادله مستقل از زمان خواهیم داشت:

$$v^2 - v_0^2 = 2g\Delta y \Rightarrow v^2 - 0 = 2g(\frac{3}{4}h)$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{3}{2}gh}$$

نمای ۴۵

فصل چهارم

برهم کنش های موج



$$F_A = -F_B \Rightarrow m_A a_A = -m_B a_B \xrightarrow{m_A = 50 \text{ kg}, m_B = 80 \text{ kg}} a_A = 2 \text{ m/s}^2$$

$$50 \times 2 = -80 \times a_B \Rightarrow a_B = -1/25 \text{ m/s}^2$$

۲ سرعت A و سرعت B را بعد از ۵/۵ به دست می آوریم:

$$v = at + v_0 \begin{cases} \text{A: } v_A = 2 \times 5/5 = 1 \text{ m/s} \\ \text{B: } v_B = -1/25 \times 5/5 = -0/625 \text{ m/s} \end{cases}$$

۳ اختلاف بزرگی سرعت ها برابر است با:

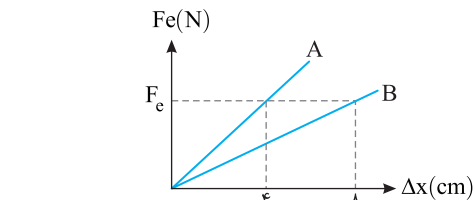
$$|v_A| - |v_B| = 1 - 0/625 = 0/375 \text{ m/s}$$

نمای ۶

۴ ۸۳۰ B

۶ نکته شیب نمودار اندازه نیروی کشسانی بر حسب تغییر طول فنر برابر ثابت فنر است. با توجه به نمودارها می توان نوشت:

$$\begin{cases} F_{eA} = k_A \Delta x_A = f k_A \\ F_{eA} = F_{eB} \Rightarrow f k_A = \lambda k_B \Rightarrow k_A = 2 k_B \end{cases} \quad (I)$$



وقتی وزنه را به فنر آویزان می کنیم، نیروی وزن و نیروی کشسانی فنر متوازن شده و وزنه ساکن می ماند.

$$F_{net} = 0 \Rightarrow \begin{cases} \text{A: } k_A \Delta x_A = f \\ \text{B: } k_B \Delta x_B = f \end{cases} \Rightarrow k_A \Delta x_A = k_B \Delta x_B$$

با توجه به رابطه (I) خواهیم داشت:

$$k_A = 2 k_B \Rightarrow 2 k_B \Delta x_A = k_B \Delta x_B \Rightarrow \Delta x_B = 2 \Delta x_A$$

با توجه به فرض مسئله خواهیم داشت:

$$\Delta x_B - \Delta x_A = f \Rightarrow 2 \Delta x_A - \Delta x_A = f \text{ cm} \Rightarrow \Delta x_A = f \text{ cm}$$

ثابت فنر A خواهد شد:

$$F_{eA} = k_A \Delta x_A \Rightarrow f = k_A \times \frac{f}{100} \Rightarrow k_A = 100 \text{ N/m}$$

میانبر البته از همان ابتدا با توجه به نمودار مشخص است که برای یک نیروی ثابت تغییر طول فنر A نصف تغییر طول فنر B است.

از طرفی بنا به فرض مسئله:

$$\Delta x_B - \Delta x_A = f \Rightarrow 2 \Delta x_A - \Delta x_A = f \Rightarrow \Delta x_A = f \text{ cm}$$

به فنر A وزنه ۴ kg آویزان کرده ایم، بنابراین:

$$F_{eA} = k_A \Delta x_A \xrightarrow{F_{eA} = W} k_A \Delta x_A = f \Rightarrow k_A = \frac{f}{0/4} \Rightarrow k_A = 100 \text{ N/m}$$

نمای ۱۱

۱ ۸۳۰ B

۷ هنگام سقوط در شرایط خلأ تنها نیروی وارد بر جسم، نیروی وزن است و شتاب حرکت جسم در این مدت برابر شتاب گرانش است.

$$F_{net} = ma \Rightarrow W = ma \Rightarrow mg = ma \Rightarrow a = 10 \text{ m/s}^2$$

۲ ارتفاع h خواهد شد:

$$h = \frac{1}{2} a t^2 \xrightarrow{t=2 \text{ s}} h = \frac{1}{2} \times 10 \times (2)^2 \Rightarrow h = 20 \text{ m}$$

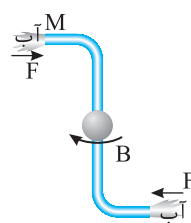
پنجره ۱ روبه روی ۲

۲ ۸۳۰ A

۱ وقتی مقوا را به آرامی می کشیم، نیروی اصطکاک بین سکه و مقوا باعث حرکت سکه به همراه مقوا می شود. اما اگر مقوا را خیلی سریع بکشیم به دلیل لختی سکه، سکه جا مانده و در لیوان می افتد.

نمای ۲

۴ ۸۳۰ A

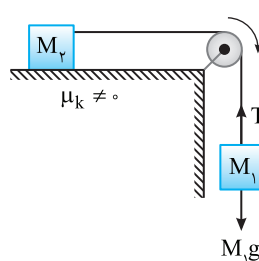


۲ فواره به آب رو به خارج نیرو وارد می کند و بنا به قانون سوم نیوتون واکنش نیروی وارد بر آب به فواره وارد می شود یعنی در دهانه M مطابق شکل به آب نیرو به جهت چپ برای خروج آب وارد می شود پس آب نیز نیرویی به سمت راست به فواره وارد می کند. هم چنین در دهانه N به آب به سمت راست نیرو وارد می شود پس آب نیز به سمت چپ به فواره نیرو وارد می کند.

مطابق شکل جهت نیروهای وارد به فواره و جهت چرخش آن نشان داده شده است.

نمای ۳

۱ ۸۳۰ B



۳ دستگاه در حال حرکت است و وزنه M1 رو به پایین حرکت می کند. بر وزنه M1 نیروی وزن M1g و نیروی کشش T وارد می شود و بر ایند نیروهای وارد بر M1 رو به پایین است یعنی نیروی کشش وارد بر M1 از نیروی وزن آن کمتر است.

(T < M1g). نیروی کشش نخ (T) توسط نخ بر وزنه M1 وارد می شود بنا بر قانون سوم نیوتون M1 نیز نیرویی هم اندازه T بر نخ رو به پایین وارد می کند. نیروی کشش T از وزن M1g کمتر است بنابراین واکنش آن که توسط M1 بر نخ وارد می شود از M1g کوچک تر است و گزینه (۱) درست است.

گزینه های (۲) و (۳) نیز با استدلال بالا نادرست هستند.

دقت کنید وزنه M1 بر وزنه M2 نیرو وارد نمی کند و گزینه (۴) نادرست است.

نمای ۳

۲ ۸۳۰ B

۱ در ۵/۵ اول که راننده هنوز ترمز نگرفته است، تقریباً سرعت خودرو ثابت بوده و نیروی خالص وارد بر خودرو صفر است.

۲ برای به دست آوردن نیروی خالص وارد بر خودرو که در تمام مدت توقف بر جسم وارد می شود باید شتاب حرکت در این قسمت را حساب کنیم. ابتدا پیشروی خودرو در مدت زمان واکنش را به دست می آوریم.

$$\Delta x_1 = vt \Rightarrow \Delta x_1 = 20 \times 0/5 = 10 \text{ m}$$

جابه جایی خودرو در بازه ترمز گرفتن ۴۰-۱۰=۵۰ m است. به کمک معادله مستقل از زمان شتاب را حساب می کنیم.

$$v^2 - v_0^2 = 2a \Delta x \Rightarrow 0 - 20^2 = 2a(40) \Rightarrow a = -5 \text{ m/s}^2$$

نیروی خالص وارد بر جسم خواهد شد:

$$F_{net} = ma \Rightarrow |F_{net}| = |1500 \times (-5)| \Rightarrow F_{net} = 7500 \text{ N}$$

نمای ۴

۱ ۸۳۰ B

۵ بنا به قانون سوم نیوتون:

نیرویی که شخص A بر شخص B وارد می کند، هم اندازه و در خلاف جهت نیرویی است که شخص B بر شخص A وارد می کند. بنابراین:



$$F_{\text{net}} = 0 \Rightarrow F_c = W \Rightarrow k(\ell_1 - \ell_0) = mg \Rightarrow k\left(\frac{14}{100} - \ell_0\right) = 40 \quad (I)$$

حالت دوم: ($\ell_1 = 15 \text{ cm}$ و $m = 5 \text{ kg}$)

$$F_{\text{net}} = 0 \Rightarrow F_c = W \Rightarrow k(\ell_2 - \ell_0) = mg \Rightarrow k\left(\frac{15}{100} - \ell_0\right) = 50 \quad (II)$$

دو رابطه را از هم کم کرده و k را به دست می آوریم.

$$\frac{15}{100}k - k\ell_0 - \frac{14}{100}k + k\ell_0 = 50 - 40 \Rightarrow \frac{k}{100} = 10 \Rightarrow k = 1000 \text{ N/m}$$

طول طبیعی خواهد شد:

$$1000\left(\frac{14}{100} - \ell_0\right) = 40 \Rightarrow \frac{14}{100} - \ell_0 = \frac{4}{100} \Rightarrow \ell_0 = \frac{10}{100} \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

میانتبر ثابت فنر را می توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$k = \frac{W_2 - W_1}{\ell_2 - \ell_1}$$

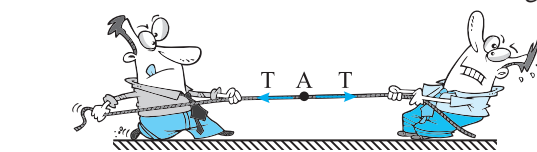
نمای ۱۱

۲ ۱۰۰۷ A

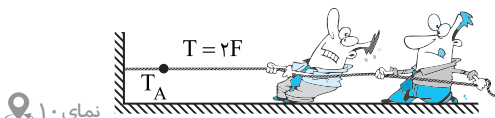
هرگاه مطابق شکل به دو سر طناب نیروهای یکسانی وارد کنیم، نیروی کشش طناب در هر نقطه هم اندازه هر یک از نیروهای وارد بر طناب است.

$$T = F$$

اگر هر کدام یک سر آن طناب را بکشند نیروی کشش طناب برابر نیرویی است که هر یک وارد می کنند.



اما اگر یک سر آن را به دیوار بسته و دو نفری از یک طرف بکشند نیروی کشش طناب برابر مجموع نیروی دو نفر است و احتمال پاره شدن طناب بیشتر است.



نمای ۱۰

۳ ۱۰۰۷ A

۱ تندی حدی چتر باز با چتر باز حدود 5 m/s است.

چتر باز از ارتفاع نسبتاً زیاد به بیرون پریده در همان ابتدا در مدت 1 s تندی آن تقریباً $v = at = 10 \times 1 = 10 \text{ m/s}$ می شود. یعنی در مدت کوتاهی تندی چتر باز از تندی حدی بالاتر می رود و در این مدت حرکت چتر باز تندشونده است.

۲ با باز شدن چتر، سطح مقابل هوا بزرگ می شود و مقاومت هوا به شدت بالا می رود و مقاومت شبیه ترمز عمل کرده از تندی چتر باز می کاهد تا به تندی حدی برسد. در این بازه زمانی حرکت کندشونده است.

۳ پس از آنکه چتر باز به تندی حدی رسیده با تندی ثابت پایین می آید.

با توجه به گزینه ها حالتی که قبل از باز شدن چتر، تندی چتر باز به تندی حدی بدون چتر برسد مورد نظر مسئله نیست.

نمای ۹

۱ ۱۰۰۷ A

۴ دقت کنید که در صورت سؤال برابند نیروهای وارد بر شخص خواسته شده است و از شما نیروی عمودی سطح خواسته نشده است. بنا به قانون دوم نیوتون برابند نیروهای وارد بر شخص (نیروی خالص) برابر ma است.

$$F_{\text{ma}} = Ma \Rightarrow F_{\text{max}} = 50 \times 2 = 100 \text{ N}$$

نمای ۲۳

۳ ۱۰۰۷ A

۳ گلوله در هوا از ارتفاع $h' = h - 5 = 15 \text{ m}$ رها شده است. شتاب حرکت را به دست می آوریم.

$$h' = \frac{1}{2}at'^2 \Rightarrow 15 = \frac{1}{2}a'(t')^2 \Rightarrow a' = v/\Delta m/s^2$$

۴ بنا به قانون دوم نیوتون نیروی مقاومت هوا خواهد شد:

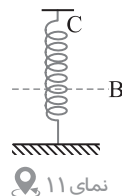
$$F_{\text{net}} = ma' \Rightarrow W - f_D = ma' \xrightarrow{m=0.3 \text{ kg}} \\ 0.3 \times 10 - f_D = 0.3 \times 7/5 \Rightarrow \\ f_D = 0.3 \times 2/5 \Rightarrow f_D = 0.12 \text{ N}$$

نمای ۹

۲ ۸۳۰ B

• A

۸ از A تا C جسم تحت تأثیر نیروی وزن دارای حرکت تندشونده است. در لحظه برخورد به C، شتاب حرکت کم می شود زیرا بر جسم نیروی کشسانی فنر وارد می شود اما تا لحظه ای که نیروی کشسانی از نیروی وزن کمتر است، حرکت همچنان تندشونده است. بعد از آن که F_c بزرگ تر از W می شود، حرکت کندشونده شده تا لحظه ای که در B متوقف می شود. بنابراین در مسیر C تا B نوع حرکت از تندشونده به کندشونده تغییر می کند.



نمای ۱۱

۲ ۸۳۰ B

۱ در لحظه باز شدن چتر نیروی مقاومت هوا f_D بنا به رابطه مسئله خواهد شد:

$$f_D = 4v^2 \Rightarrow f_D = 4 \times 15^2 \Rightarrow f_D = 4 \times 225 \Rightarrow f_D = 900 \text{ N}$$

۲ شتاب در لحظه باز شدن چتر را به دست می آوریم:

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow W - f_D = ma \xrightarrow{m=50 \text{ kg}} \\ 500 - 900 = 50a \Rightarrow -400 = 50a \\ \Rightarrow a = -8 \text{ m/s}^2 \Rightarrow |a| = 8 \text{ m/s}^2$$

۳ تندی حدی وقتی اتفاق می افتد که نیروی مقاومت هوا

برابر نیروی وزن می شود.

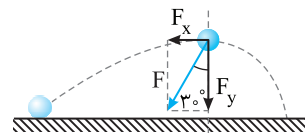
$$f_D = W \Rightarrow 4v^2 = mg \Rightarrow 4v^2 = 500 \Rightarrow v^2 = \frac{500}{4} \Rightarrow v = 5\sqrt{5} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

نمای ۹

۱ ۸۳۰ B

۱۰ نیروی خالص وارد بر جسم از دو مؤلفه F_y و F_x تشکیل شده که به جسم دو شتاب یکی در راستای قائم (a_y) و دیگری در راستای افقی (a_x) می دهد. با توجه به شکل خواهیم داشت:

$$\cot 30^\circ = \frac{F_y}{F_x} \xrightarrow{F=ma} \cot 30^\circ = \frac{ma_y}{ma_x} \Rightarrow \frac{a_y}{a_x} = \sqrt{3}$$



نمای ۸

پنجره ۲ روبه روی ۳

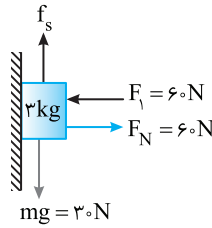
۲ ۱۰۰۷ B

۱ نیروهای وارد بر وزنه در دو حالت نیروی وزن و نیروی کشسانی فنر هستند.

جسم ساکن است و نیروهای وارد بر وزنه متوازن هستند.

حالت اول: ($\ell_1 = 14 \text{ cm}$ و $m = 4 \text{ kg}$)





هم بر نیروی وزن و هم بر نیروی اصطکاک غلبه شده است. مطابق شکل به جسم دو نیروی F_1 و F_y وارد می‌شود:

در راستای افقی جسم حرکت نمی‌کند:
 $F_1 = F_N \Rightarrow F_N = 60 \text{ N}$

دو نیروی $F_y = 55 \text{ N}$ به سمت بالا و $mg = 30 \text{ N}$ به سمت پایین به جسم وارد می‌شود. در واقع به جسم نیروی خالص $55 - 30 = 25 \text{ N}$ به سمت بالا وارد می‌شود که چون از 30 N کمتر است با توجه به خط فکری جسم همچنان ساکن می‌ماند و به آن نیروی اصطکاک ایستایی به سمت پایین وارد می‌شود، چون نیروی F_y به سمت بالا بزرگ‌تر از نیروی mg به سمت پایین است:

$$f_s + mg = F_y \Rightarrow f_s + 30 = 55 \Rightarrow f_s = 25 \text{ N}$$

نکته: از طرف سطح دو نیروی عمودی سطح و اصطکاک، عمود بر هم به جسم وارد می‌شود بنابراین نیرویی که سطح وارد می‌کند براین دو نیروی عمود برهم است:

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

نیروی وارد از طرف سطح را حساب می‌کنیم:

$$R = \sqrt{f_s^2 + F_N^2} = \sqrt{(25)^2 + (60)^2} = 65 \text{ N}$$

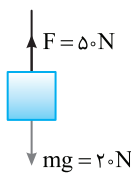
$$R = 5\sqrt{25 + 144} \Rightarrow R = 5\sqrt{169} = 5 \times 13 = 65 \text{ N}$$

میانبر: خوب است دو سری عدد فیثاغورسی را بلد باشیم:

$$(3, 4, 5), (5, 12, 13)$$

دو نیروی عمود بر هم در این سؤال $25 = 5 \times 5$ نیوتون و $60 = 5 \times 12$ نیوتون است پس برایندها $65 = 5 \times 13$ نیوتون است.

نمای ۱۸



قبل از پاره شدن به جسم نیروی 5 N به سمت بالا و $mg = 20 \text{ N}$ به سمت پایین وارد می‌شود.

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow F - mg = ma \Rightarrow 20 - 5 = 2a$$

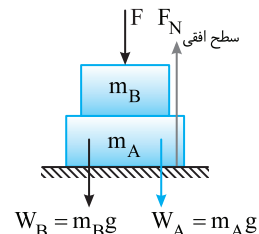
$$\Rightarrow a = 7.5 \text{ m/s}^2$$

بعد از پاره شدن طناب، تنها به جسم نیروی وزن وارد می‌شود.

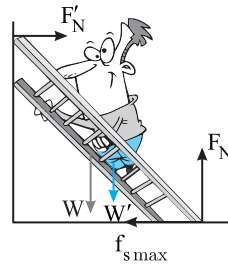
$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow mg = ma \Rightarrow a = g \Rightarrow a = 10 \text{ m/s}^2$$

نمای ۲۲

نیروهای وارد بر جسم A را رسم می‌کنیم و نیرویی که سطح افقی بر جسم A وارد می‌کند برابر است با:



$$\begin{aligned} F_{y, \text{خالص}} &= 0 \\ \Rightarrow F_{N, \text{سطح افقی}} &= F + W_B + W_A \\ \Rightarrow F_{N, \text{سطح افقی}} &= F + \frac{m}{y} g + mg \\ \Rightarrow F_{N, \text{سطح افقی}} &= F + \frac{3}{2} mg \end{aligned}$$



نیروهای وارد بر نردبان را رسم می‌کنیم. نردبان در آستانه سر خوردن است بنابراین اصطکاک بین نردبان و سطح افقی بیشینه است ($f_{s \text{ max}}$) و نیروهای وارد بر نردبان متوازن هستند.

نیروهای وارد بر نردبان در راستای قائم را برابر صفر قرار می‌دهیم.

$$F_{\text{net}, y} = 0 \Rightarrow F_N = W + W'$$

نیروهای وارد بر نردبان در راستای افقی را مساوی صفر قرار می‌دهیم.

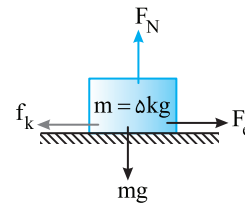
$$F_{\text{net}, x} = 0 \Rightarrow F'_N = f_{s \text{ max}} \Rightarrow F'_N = \mu_s F_N \Rightarrow F'_N = \mu_s F_N \Rightarrow F'_N = \mu_s (W + W')$$

نمای ۲۱

یادآوری: هرگاه جسمی را توسط یک فنر می‌کشیم، نیروی F وارد بر فنر برابر نیروی کشسانی فنر است ($F_e = F$).

خط فکری: سرعت ثابت یعنی نیروی خالص وارد بر جسم صفر است $F_{\text{net}} = 0$. بنابراین شما باید نیروی کشسانی فنر را با نیروی اصطکاک جنبشی برابر قرار دهید و با جای‌گذاری داده‌های مسئله، مسئله را حل کنید.

بر جسم چهار نیرو وارد می‌شود. نیروی وزن، نیروی عمودی سطح، نیروی اصطکاک جنبشی و نیروی کشسانی فنر.



$$mg - F_N = 0 \Rightarrow F_N = mg = 50 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} F_e - f_k &= 0 \Rightarrow F_e = f_k \\ \Rightarrow k \Delta x &= \mu_k F_N \quad \frac{k = 200 \text{ N/m}}{\Delta x = 0.5 \text{ cm}} \end{aligned}$$

$$200 \times \frac{0.5}{100} = \mu_k (50) \Rightarrow \mu_k = 0.2$$

نمای ۱۶ و ۱۷

بازی با سؤال: جسمی به جرم 2 kg روی سطح افقی با ضریب اصطکاک جنبشی 0.2 با یک فنر و با سرعت ثابت در حال حرکت است. فنر افقی و طول آن 5 cm افزایش یافته است. ثابت فنر چند نیوتون بر متر است؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$)

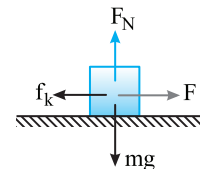
$$\begin{matrix} 8 & (1) & 4 & (2) & 80 & (3) & 40 & (4) \end{matrix}$$

پاسخ: جسم دارای سرعت ثابت است و برایندها نیروهای وارد بر آن صفر است.

$$F_{\text{net}, y} = 0 \Rightarrow F_N = mg$$

$$F_{\text{net}, x} = 0 \Rightarrow F = f_k \Rightarrow k \Delta l = \mu_k mg$$

$$k \left(\frac{5}{100} \right) = 0.2 \times 2 \times 10 \Rightarrow k = 80 \text{ N/m}$$



گزینه ۳

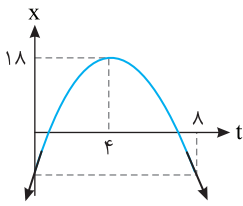
خط فکری: ابتدا با نیروی F_1 جسم ساکن است، در این حالت به جسم نیروی $mg = 30 \text{ N}$ رو به پایین وارد می‌شود، اما جسم تکان نمی‌خورد یعنی برای نیروهای مساوی یا کوچک‌تر از 30 N جسم به حرکت در نمی‌آید.

$$\text{جسم ساکن است: } f_s = mg \Rightarrow f_s = 30 \text{ N}$$

$$\text{جسم در راستای افقی حرکت ندارد: } F_1 = F_N \Rightarrow F_N = 60 \text{ N}$$

نمای ۲۱

نمای ۲۱



نکته: شیب خط مماس بر نمودار

مکان - زمان برابر سرعت جسم است.

به نمودار نگاه کنید. با توجه به رأس سهمی

($t=4$) لحظات $t=0$ و $t=8$ نسبت به

رأس تقارن دارند بنابراین شیب خط مماس

در این دو نقطه هم اندازه و قرینه هم هستند

یعنی سرعت متحرک در این دو لحظه یکی است و با توجه به تعریف تکانه ($P=mv$)

اندازه تکانه در $t=0$ و $t=8$ برابر است.

نمای ۲۸

۳ ۱۰۸۳ A

بازه زمانی $t_1 = \frac{1}{4}$ s تا $t_2 = \frac{5}{4}$ s را حساب می‌کنیم.

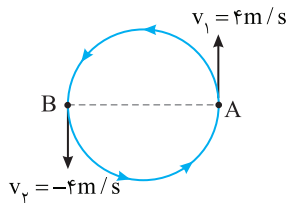
$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{5}{4} - \frac{1}{4} \Rightarrow \Delta t = 1 \text{ s}$$

جسم در هر $\frac{1}{2}$ s یک دور کامل یعنی 2π روی دایره می‌چرخد. بنابراین چرخش جسم در مدت ۱ s خواهد شد.

$$\frac{2\pi}{1s} \mid \frac{2\pi}{1s} \Rightarrow ? = \pi$$

متحرک در $\frac{1}{2}$ s نیم‌دایره را می‌چرخد یعنی اگر در لحظه $t_1 = \frac{1}{4}$ s در نقطه A باشد در

لحظه $t_2 = \frac{5}{4}$ s از نقطه B می‌گذرد.



نکته: سرعت در هر نقطه از مسیر بر مسیر حرکت مماس است.

بردارهای درست را رسم می‌کنیم. اگر $v_1 = +4 \text{ m/s}$ در نظر بگیریم $v_2 = -4 \text{ m/s}$

خواهد بود بنابراین:

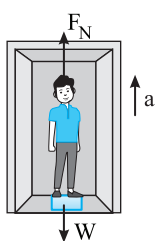
$$|\Delta v| = |\vec{v}_2 - \vec{v}_1| = |-4 - 4| = 8 \text{ m/s}$$

$$|\Delta P| = m|\Delta v| \Rightarrow |\Delta P| = 16 \text{ kgm/s}$$

نمای ۲۴

۳ ۱۰۸۳ B

نکته: عددی که نیروسنج نشان می‌دهد، همان نیروی عمودی سطح F_N است.



حالت اول: نیروهای وارد بر شخص را رسم می‌کنیم.

(۱) نیروی وزن (۲) نیروی عمودی سطح

آسانسور از حال سکون رو به بالا شروع به حرکت می‌کند. بنابراین

$F_N > W$ بوده و بنا به قانون دوم نیوتون می‌توان نوشت:

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow F_N - mg = ma \xrightarrow{m=60\text{kg}}$$

$$F_N - 600 = 60a \Rightarrow F_N = 600 + 60a \quad (I)$$

حالت دوم: آسانسور از حال سکون رو به پایین شروع به حرکت می‌کند. در نتیجه

$W > F_N$ است و بنا به قانون دوم نیوتون می‌توان نوشت:

$$F'_{\text{net}} = ma' \xrightarrow{a'=2a} mg - F'_N = m(2a) \Rightarrow F'_N = 600 - 120a \quad (II)$$

با توجه به فرض مسئله خواهیم داشت:

$$F_N - F'_N = 270 \xrightarrow{(I),(II)} 600 + 60a - (600 - 120a) = 270$$

$$180a = 270 \Rightarrow a = \frac{3}{2} \text{ m/s}^2$$

میانبر: هرگاه آسانسور با شتاب a و a' به ترتیب از حال سکون رو به بالا و رو

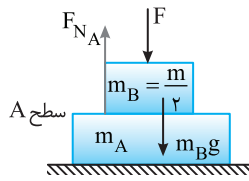
نیروی که سطح A بر جسم B وارد می‌کند

برابر است با:

$$F_{y\text{خالص}} = 0$$

$$\Rightarrow F_{N_A} = m_B g + F = \frac{1}{2} mg + F$$

بنا به فرض مسئله می‌توانیم بنویسیم:



$$F_{N_{\text{افقی}}} = 2F_{N_A} \Rightarrow F + \frac{3}{2} mg = 2(\frac{1}{2} mg + F)$$

$$F + \frac{3}{2} mg = mg + 2F \Rightarrow F = \frac{mg}{2}$$

نمای ۱۲

۱ ۱۰۰۷ B

۱۰ ابتدا با مقایسه معادله سرعت - زمان $v = 3t + 2$ با معادله سرعت - زمان حرکت با شتاب ثابت، شتاب حرکت را به دست می‌آوریم.

$$v = at + v_0, v = 3t + 2 \Rightarrow a = 3 \text{ m/s}^2$$

۲ در ادامه مسئله را از قسمت دوم حرکت حل می‌کنیم. سرعت در لحظه حذف F

$$v = 3t + 2 \xrightarrow{t=4s} v = 3 \times 4 + 2 = 14 \text{ m/s}$$

۳ سرعت در انتهای قسمت اول، سرعت اولیه در قسمت دوم خواهد بود. شتاب

حرکت در قسمت دوم را به دست می‌آوریم.

$$v = at + v_0 \xrightarrow{t=5s} 0 = a' \times (5) + 14 \Rightarrow a' = -2 \text{ m/s}^2$$

۴ در قسمت دوم تنها نیروی مؤثر وارد بر

جسم نیروی اصطکاک است که سبب توقف

آن می‌شود. به کمک قانون دوم نیوتون، f_k

را حساب می‌کنیم.

$$-f_k = ma' \Rightarrow -f_k = 2 \times (-2) \Rightarrow f_k = 4 \text{ N}$$

۵ در قسمت اول بر جسم در امتداد

افقی دو نیروی F و f_k وارد می‌شود، F را

به دست می‌آوریم.

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow F - f_k = ma$$

$$\Rightarrow F - 4 = 2 \times 3 \Rightarrow F = 10 \text{ N}$$

نمای ۱۷

پنجره ۳ روبه‌روی ۴

۴ ۱۰۸۳ B

۱ در فیزیک (۱) رابطه $K = \frac{1}{2} mv^2$ را برای انرژی جنبشی و در فیزیک (۳) رابطه

$P = mv$ را برای تکانه یاد گرفته‌اید که از ترکیب این دو رابطه، می‌توان نتیجه گرفت:

$$K = \frac{1}{2} mv^2 \Rightarrow K = \frac{1}{2} \frac{m^2 v^2}{m} \Rightarrow K = \frac{P^2}{2m}$$

با توجه به فرض مسئله:

$$K_B = 5K_A \Rightarrow \frac{P_B^2}{2m_B} = 5 \frac{P_A^2}{2m_A} \xrightarrow{P_A=P_B} \frac{m_A}{m_B} = 5$$

نمای ۲۶

۳ ۱۰۸۳ B

۲ یادآوری ریاضی: نمودار سهمی نسبت به خط قائم گذرا از رأس سهمی متقارن

است مثلاً مکان ۲۵ قبل از رأس با مکان ۲۵ بعد از رأس با هم برابر می‌باشد. همچنین

شیب خط مماس نیز به همین شکل است یعنی قدرمطلق شیب خط ۲۵ قبل از رأس با

۲۵ بعد از رأس یکسان می‌باشد و تنها علامت شیب متفاوت است.

است. در این صورت نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند برابر است با:

$$\begin{cases} F_1 = F_s \\ F_N = F_y + W \end{cases} \Rightarrow R = \sqrt{(F_1)^2 + (F_y + W)^2}$$

حالت دوم: با دو برابر شدن نیروی F_1 و F_y جسم ساکن مانده است بنابراین در این

حالت اصطکاک ایستایی برابر است با:

$$F'_s = 2F_s$$

و نیروی عمودی سطح در این حالت خواهد شد:

نیرویی که سطح در این حالت بر جسم وارد می‌کند برابر است با:

$$R' = \sqrt{(F'_s)^2 + (F'_N)^2} \Rightarrow R' = \sqrt{(2F_s)^2 + (2F_y + W)^2}$$

$$k = \frac{R'}{R} = \frac{\sqrt{(2F_s)^2 + (2F_y + W)^2}}{\sqrt{(F_s)^2 + (F_y + W)^2}}$$

با توجه به فرض مسئله می‌توان نوشت:

صورت این کسر از مخرج آن بزرگ‌تر است اما دو برابر آن نیست. $1 < k < 2$ و گزینه (۲) درست است. برای سادگی در ذهن خود $F_1 = 1$ و $F_y = 1$ و $W = 1$ قرار دهید و k را بررسی کنید:

$$k = \frac{\sqrt{(2)^2 + (2+1)^2}}{\sqrt{1^2 + (1+1)^2}} = \frac{\sqrt{13}}{\sqrt{5}} = \sqrt{2.6} < 2 \Rightarrow 1 < k < 2$$

نمای ۱۹

۴ ۱۰۸۳ B

۸ خط فکری

جسم را روی کف آسانسور پرت کرده‌ایم، بنابراین نیروی جلوبور صفر است. تنها نیروی مؤثر در امتداد افقی، نیروی اصطکاک جنبشی است که بر جسم در خلاف جهت حرکت اثر کرده و آن را متوقف می‌کند. شما باید ابتدا نیروی عمودی سطح وارد بر جسم را حساب کنید و سپس اصطکاک را به دست بیاورید تا بتوانید به کمک

قانون دوم نیوتون شتاب را مشخص کنید.

ابتدا نیروی عمودی سطح وارد شده به

جسم را به دست می‌آوریم:

$$F_{net,y} = ma_y \Rightarrow F_N - mg = ma_y$$

$$\Rightarrow F_N - 50 = 20 \Rightarrow F_N = 70 \text{ N}$$

بنابراین نیروی اصطکاک وارد بر جسم برابر

$$f_k = \mu_k F_N = 0.2 \times 70 = 14 \text{ N}$$

به کمک قانون دوم نیوتون شتاب توقف جسم روی کف آسانسور را به دست

می‌آوریم:

$$F_{net} = ma_x \Rightarrow -f_k = ma \Rightarrow -14 = 5a \Rightarrow a = -2.8 \text{ m/s}^2$$

حال با توجه به رابطه $v = at + v_0$ زمان توقف را به دست می‌آوریم:

$$0 = -2.8t + 7 \Rightarrow t = \frac{7}{2.8} = \frac{5}{2} = 2.5 \text{ s}$$

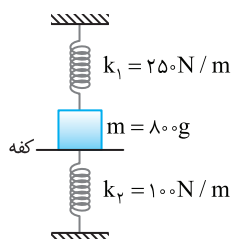
نمای ۲۳

۴ ۱۰۸۳ B

۹

۱ فنر شماره (۱)، کشیده شده و نیروی کشسانی آن رو به بالا است، اندازه این نیرو را حساب می‌کنیم.

$$F_{e1} = kx_1 \Rightarrow F_{e1} = 250 \times \frac{2}{100} \Rightarrow F_{e1} = 5 \text{ N}$$



۲ فنر شماره (۲) با پایین آمدن وزنه فشرده می‌شود بنابراین نیروی کشسانی آن نیز رو به بالاست و اندازه آن خواهد شد:

$$F_{e2} = kx_2 \Rightarrow F_{e2} = 100 \times \frac{2}{100} \Rightarrow F_{e2} = 2 \text{ N}$$

به پایین شروع به حرکت کند، اختلاف عددی که ترازو نشان می‌دهد برابر است با:

$$F_N - F'_N = m(|a| + |a'|)$$

نمای ۲۳

۴ ۱۰۸۳ B

۵

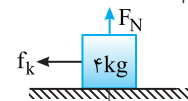
حل مسئله را از قسمت دوم یعنی حذف نیروی F شروع می‌کنیم:

۱ پس از قطع نیروی F ، جسم تحت تأثیر نیروی اصطکاک می‌ایستد شتاب توقف

جسم را به کمک معادله‌ای مستقل از شتاب به دست می‌آوریم:

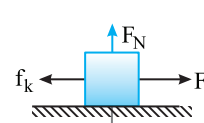
$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 0 - 25 = 2a(4)$$

$$\Rightarrow a = -\frac{25}{8} \text{ m/s}^2$$



۲ با توجه به قانون دوم نیوتون نیروی اصطکاک را حساب می‌کنیم:

$$F_{net} = ma \Rightarrow -f_k = ma \Rightarrow -f_k = 4 \times (-\frac{25}{8}) \Rightarrow f_k = 12.5 \text{ N}$$



۳ اکنون به قسمت اول مسئله که در آن

سرعت ثابت بوده و نیروها متوازن هستند

برمی‌گردیم و نیروی F را به دست می‌آوریم:

$$F_{net} = 0 \Rightarrow F = f_k \Rightarrow F = 12.5 \text{ N}$$

نمای ۱۷

۱ ۱۰۸۳ B

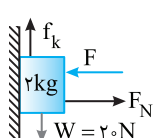
۶

۱ جسم با تندی ثابت رو به پایین می‌لغزد

بنابراین نیروهای وارد بر آن متوازن است.

$$F_{net,y} = 0 \Rightarrow f_k = W \Rightarrow f_k = 20 \text{ N}$$

$$F_{net,x} = 0 \Rightarrow F_N = F$$



۲ اگر نیروی F ، برابر شود، در این صورت نیروی عمودی سطح نیز $\frac{3}{4}$ برابر می‌شود.

$$F'_N = \frac{3}{4} F_N$$

۳ نیروی اصطکاک $(f_k = \mu_k F_N)$ در حالت جدید نیز $\frac{3}{4}$ برابر حالت اول خواهد

$$f'_k = \frac{3}{4} f_k \Rightarrow f'_k = \frac{3}{4} \times 20 \Rightarrow f'_k = 15 \text{ N}$$

شد:

۴ به کمک قانون دوم نیوتون شتاب حرکت را حساب می‌کنیم.

$$F_{net} = ma \Rightarrow mg - f'_k = ma \Rightarrow 20 - 15 = 2a \Rightarrow a = 2.5 \text{ m/s}^2$$

۵ بنابراین با افزایش F ، با شتاب 2.5 m/s^2 از سرعت جسم کاسته می‌شود:

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta y \Rightarrow 0 - 100 = -10\Delta y \Rightarrow \Delta y = 10 \text{ m}$$

نمای ۱۸

۲ ۱۰۸۳ B

۷

خط فکری وقتی در صورت تست کلمه «جسم ساکن» یا «سرعت ثابت» دیدید

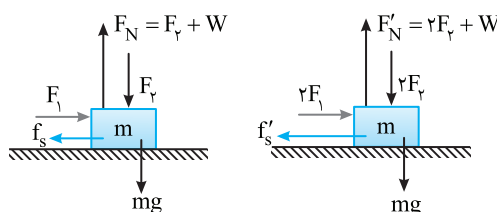
بلافاصله بالای آن $F_{net} = 0$ را بنویسید سپس به بررسی نیروهای وارد بر جسم

بپردازید. به جسم نیروی افقی وارد شده اما جسم بر سطح افقی ساکن مانده است پس

سطح دارای اصطکاک است و این نکته مهمی است که شما باید به آن دقت کنید.

یادآوری نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند برآیند دو نیروی اصطکاک و نیروی

عمودی سطح است.

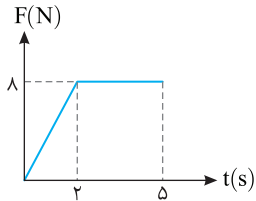


حالت اول: بر جسم نیروی افقی F_1 وارد می‌شود اما جسم ساکن بوده و $F_{net} = 0$

است. بر جسم نیروی اصطکاک ایستایی خلاف نیروی F_1 وارد می‌شود که با F_1 برابر



۱ تغییر تکانه را حساب می‌کنیم. $\Delta P = S \Rightarrow \Delta P = \frac{\Delta + 3}{2} \times 8 \Rightarrow \Delta P = 32 \text{ kgm/s}$



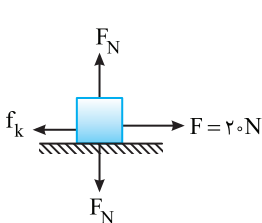
۲ نیروی متوسط وارد بر جسم را به دست می‌آوریم.

$$F_{av} = \frac{\Delta P}{\Delta t} \Rightarrow F_{av} = \frac{32}{5} \Rightarrow F_{av} = 6.4 \text{ N}$$

نمای ۲۸

۴ ۱۱۹۹ B

دقت کنید! دقت کنید نیروی $F = 20 \text{ N}$ در مدت $\Delta t = 7 \text{ s}$ به جسم وارد شده است و با توجه به رابطه $\Delta P = F_{net} \Delta t$ باید تکانه $\Delta P = 140 \text{ kgm/s}$ شود. بنابراین سطح دارای اصطکاک است و در مرحله اول باید اصطکاک را حساب کنید. در مرحله دوم وقتی $F = 8 \text{ N}$ کاهش می‌یابد و به $20 - 8 = 12 \text{ N}$ می‌رسد باید تغییر تکانه و سپس تکانه بعد از 2 s را حساب کنید.



۱ با توجه به رابطه نیروی خالص با تغییر تکانه خواهیم داشت:

$$F_{net} = \frac{\Delta P}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta P = 32 \text{ kgm/s}}{\Delta t = 7 \text{ s}} \Rightarrow F - f_k = \frac{32}{7} \Rightarrow 20 - f_k = 4.57 \Rightarrow f_k = 15.43 \text{ N}$$

۲ نیروی $F = 20 \text{ N}$ ، کاهش یافته، بنابراین نیروی خالص وارد بر جسم خواهد شد: $F'_{net} = 12 - 15 = -3 \text{ N}$

۳ تغییر تکانه را حساب می‌کنیم: $\Delta P' = F'_{net} \Delta t' = -3 \times (2) = -6 \text{ kgm/s}$

۴ تکانه 2 s پس از کاهش نیروی F خواهد شد:

$$\Delta P' = P' - P \Rightarrow -6 = P' - 32 \Rightarrow P' = 26 \text{ kgm/s}$$

نمای ۲۵

۳ ۱۱۹۹ B

۱ تکانه A و B برابر است از این رو خواهیم داشت:

$$P_A = P_B \Rightarrow m_A v_A = m_B v_B \xrightarrow{m_A = 2m_B} v_B = 2v_A$$

۲ رابطه تندی متحرک و شتاب مرکزگرا را می‌نویسیم.

$$\begin{cases} v = \frac{2\pi r}{T} \\ a = r \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \end{cases} \xrightarrow{\text{دو رابطه را برهم تقسیم می‌کنیم}} \frac{a}{v} = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow a = \frac{2\pi}{T} v$$

۳ نسبت a_A / a_B را به دست می‌آوریم.

$$\frac{a_A}{a_B} = \frac{\frac{2\pi}{T_A} v_A}{\frac{2\pi}{T_B} v_B} \Rightarrow \frac{a_A}{a_B} = \frac{T_B}{T_A} \times \frac{v_A}{v_B} \xrightarrow{\frac{T_A}{T_B} = \frac{3}{5}, \frac{v_A}{v_B} = \frac{1}{2}} \frac{a_A}{a_B} = \frac{5}{6}$$

نمای ۳۰

۳ ۱۱۹۹ B

۱ نیروی وزن یک جسم در سطح یک سیاره، همان نیروی گرانشی است که از طرف سیاره به جسم وارد می‌شود. بنابراین نیروی گرانش وارد بر جسم را در سیاره A و سیاره B

۲ بنابراین بر وزنه، نیروی وزن ($W = 8 \text{ N}$) رو به پایین و دو نیروی $F_{e_1} = 8 \text{ N}$ و $F_{e_2} = 2 \text{ N}$ رو به بالا وارد می‌شود در نتیجه شتاب خواهد شد:

$$F_{net} = ma \Rightarrow W - (F_{e_1} + F_{e_2}) = ma$$

$$\Rightarrow 8 - 10 = 0.8a \Rightarrow a = -\frac{2}{0.8} = -2.5 \text{ m/s}^2$$

نمای ۲۰ و ۲۲

۳ ۱۰۸۳ A

۱ تنها نیروی مؤثر وارد بر گلوله در طول مسیر نیروی وزن است. با توجه به رابطه نیرو با آهنگ تغییر تکانه ابتدا تغییر تکانه جسم را به دست می‌آوریم.

$$F_{av} = \frac{\Delta P}{\Delta t} \xrightarrow{F_{av} = mg} mg = \frac{\Delta P}{\Delta t} \Rightarrow m \times 10 = \frac{\Delta P}{5} \Rightarrow \Delta P = 50 \text{ m}$$

با توجه به تعریف تکانه، تغییر سرعت را به دست می‌آوریم.

$$\Delta P = m \Delta v \Rightarrow 50 \text{ m} = m \Delta v \Rightarrow \Delta v = 50 \text{ m/s}$$

نمای ۲۷

پنجره ۴ روبه‌روی ۵

۲ ۱۱۹۹ B

۱ نیروی وارد بر دو جسم و زمان اثر نیرو یکسان است. با توجه به رابطه نیرو و تکانه خواهیم داشت:

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} \Rightarrow \begin{cases} \Delta P_1 = F \Delta t \\ \Delta P_2 = F \Delta t \end{cases} \Rightarrow \Delta P_1 = \Delta P_2$$

هر دو جسم از حال سکون شروع به حرکت کرده‌اند. بنابراین تکانه اولیه هر دو صفر است. در نتیجه:

$$P_1 - P_{01} = P_2 - P_{02} \Rightarrow P_1 = P_2$$

در فرض مسئله تکانه جسم سنگین‌تر 20 واحد SI بیان شده در این صورت تکانه جسم سبک نیز 20 واحد SI بوده و انرژی جنبشی آن خواهد شد:

$$K = \frac{P^2}{2m} \xrightarrow{m=2 \text{ kg}} K = \frac{(20)^2}{4} \Rightarrow K = 100 \text{ J}$$

نمای ۲۶

۳ ۱۱۹۹ B

۱ اندازه نیروی خالص وارد بر جسم را به کمک رابطه نیرو و تکانه حساب می‌کنیم.

$$F_{net} = \frac{\Delta P}{\Delta t} \Rightarrow F_{net} = \frac{P - P_0}{\Delta t} \xrightarrow{P_0=0, P=30 \text{ kgm/s}, \Delta t=3 \text{ s}} F_{net} = \frac{30}{3} = 10 \text{ N}$$

۲ برابری دو نیروی $\vec{F}_1 = 7\vec{i} + 2\vec{j}$ و $\vec{F}_2 = -1\vec{i} + 2\vec{j}$ را به دست می‌آوریم.

$$F_{net} = F_1 + F_2 \Rightarrow F_{net} = 7\vec{i} + 2\vec{j} - 1\vec{i} + 2\vec{j} \Rightarrow$$

$$F_{net} = 6\vec{i} + (2+2)\vec{j} \Rightarrow F_{net} = \sqrt{6^2 + (4)^2} = \sqrt{52} \text{ (II)}$$

۳ رابطه I و II را برابر قرار می‌دهیم.

$$\sqrt{6^2 + (2+2+a)^2} = 10 \Rightarrow 36 + (2+2+a)^2 = 100$$

$$\Rightarrow (2+2+a)^2 = 64 \Rightarrow \begin{cases} 2+2+a=8 \Rightarrow a=4 \text{ m/s}^2 \\ 2+2+a=-8 \Rightarrow a=-12 \text{ m/s}^2 \end{cases}$$

نمای ۲۵

۲ ۱۱۹۹ B

۳ یادآوری! سطح زیر نمودار نیرو - زمان برابر تغییر تکانه است.

میابیر می‌توان برای محاسبه شتاب گرانش در محل ماهواره، به جای جایگذاری اندازه 1600 km در رابطه به صورت زیر عمل کرد:

$$\frac{h}{R_e} = \frac{1600}{6400} = \frac{1}{4} \Rightarrow h = \frac{1}{4} R_e$$

پس فاصله ماهواره از مرکز زمین $r = R_e + h = R_e + \frac{R_e}{4}$ است:

$$\frac{G M_e}{g_{\text{ماهواره}} (R_e + \frac{R_e}{4})^2} = \frac{G M_e}{g_{\text{زمین}} (\frac{5}{4} R_e)^2} = \frac{16}{25}$$

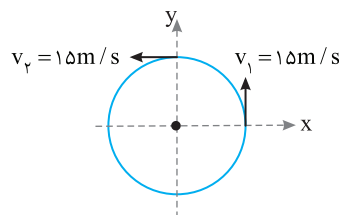
$$\Rightarrow g_{\text{ماهواره}} = \frac{16}{25} g = \frac{16}{25} \text{ m/s}^2$$

نمای ۳۶

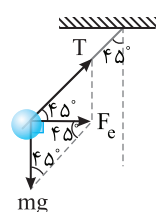
۱۱۹۹ A با توجه به شکل بردار سرعت $\vec{v}_1 = 15\vec{j}$ و $\vec{v}_2 = -15\vec{i}$ است. از این رو:

$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 = -15\vec{i} - 15\vec{j}$$

$$\vec{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \Rightarrow \vec{a}_{av} = \frac{-15\vec{i} - 15\vec{j}}{1-3} \Rightarrow \vec{a}_{av} = 3\vec{i} + 7.5\vec{j}$$



نمای ۳۰



۱۰ خط فکری سؤال عجیبی است. تا حالا با یک نیرو که نقش نیروی مرکزگرا را ایفا می‌کرد روبه‌رو بودیم، اما در این مسئله بر آونگ نیروی کشش نخ T و نیروی وزن $W = mg$ وارد می‌شود و برآیند آن‌ها به گونه‌ای است که جسم را بر مسیر دایره‌ای نگه می‌دارد. شکل را رسم می‌کنیم و نیروهای وارد بر گلوله آونگ را نمایش می‌دهیم. با توجه به

فرض مسئله انحراف آونگ از راستای قائم 45° است. بنابراین زاویه بین نیروی مرکزگرا (نیروی برآیند) و نیروی وزن 90° بوده و با توجه به زاویه 45° نیروی برآیند هم‌اندازه نیروی وزن است.

نیروی مرکزگرا را برابر نیروی وزن قرار می‌دهیم و تندی حرکت را حساب می‌کنیم.

$$F_c = mg \Rightarrow m \frac{v^2}{R} = mg \Rightarrow \frac{v^2}{40} = 10 \Rightarrow v = 20 \text{ m/s} \Rightarrow v = 72 \text{ km/h}$$

نمای ۳۲

می‌نویسیم و با توجه به فرض مسئله دو رابطه را بر هم تقسیم کرده و برابر ۱۲ قرار می‌دهیم.

$$\begin{cases} F_A = G \frac{M_A m}{R_A^2} \\ F_B = G \frac{M_B m}{R_B^2} \end{cases} \Rightarrow \frac{F_A}{F_B} = \frac{M_A}{M_B} \left(\frac{R_B}{R_A} \right)^2 \Rightarrow 12 = \frac{M_A}{M_B} \left(\frac{R_B}{R_A} \right)^2 \quad (1)$$

۲ چگالی متوسط A ، برابر چگالی متوسط B است. از این رو می‌توان نوشت:

$$\frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{\frac{M_A}{V_A}}{\frac{M_B}{V_B}} = \frac{V_B}{V_A} \Rightarrow \frac{V_B}{V_A} = \frac{M_A}{M_B} \left(\frac{R_B}{R_A} \right)^3 \quad (2)$$

۳ با تقسیم رابطه (۱) بر رابطه (۲)، نسبت R_A/R_B را به دست می‌آوریم:

$$\frac{12}{6} = \frac{R_A}{R_B} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = 2$$

نمای ۳۴

۷ یادآوری شتاب گرانش در سطح یک سیاره از رابطه $g = G \frac{M}{R^2}$ به دست می‌آید که در آن M جرم سیاره و R شعاع سیاره است.

۱ ابتدا به کمک نسبت حجم سیاره (V_p) و حجم زمین (V_e) نسبت شعاع‌ها را به دست می‌آوریم.

$$V_p = 27 V_e \Rightarrow \frac{4}{3} \pi R_p^3 = 27 \left(\frac{4}{3} \pi R_e^3 \right) \Rightarrow R_p = 3 R_e$$

۲ نسبت g_p/g_e خواهد شد:

$$\frac{g_p}{g_e} = G \frac{M_p}{R_p^2} \Rightarrow \frac{g_p}{g_e} = \frac{M_p}{M_e} \times \left(\frac{R_e}{R_p} \right)^2 \Rightarrow \frac{g_p}{g_e} = \frac{4 M_e}{3 R_e} \times \left(\frac{R_e}{3 R_e} \right)^2 = \frac{4}{9}$$

نمای ۳۵

۸ نیروی مرکزگرای وارد بر ماهواره همان نیروی وزن وارد بر ماهواره در فاصله 1600 km از سطح زمین است. ابتدا شتاب گرانش در محل ماهواره را حساب می‌کنیم. برای این منظور رابطه g را در سطح زمین و در محل ماهواره نوشته و بر هم تقسیم می‌کنیم. شتاب

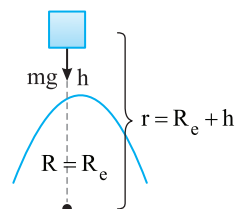
گرانش از رابطه $g = G \frac{M_e}{R^2}$ به دست می‌آید که R فاصله از مرکز زمین است:

$$\frac{g_{\text{ماهواره}}}{g_{\text{زمین}}} = \frac{G \frac{M_e}{(1600+6400)^2}}{G \frac{M_e}{(6400)^2}} \Rightarrow \frac{g_{\text{ماهواره}}}{10} = \frac{(6400)^2}{(8000)^2} \Rightarrow \frac{g_{\text{ماهواره}}}{10} = \frac{16}{25}$$

شتاب گرانش در محل ماهواره $\frac{16}{25} \text{ m/s}^2$ است. بنابراین نیروی

مرکزگرای وارد بر ماهواره برابر است با:

$$\Rightarrow F_{\text{مرکزگرا}} = mg_{\text{ماهواره}} = 500 \times \frac{16}{25} = 320 \text{ N}$$



* رابطه $\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ در صفحه ۵۱ کتاب درسی فیزیک ۳ (دوازدهم) نوشته شده است.



می‌توان به جای k ، مقدار ۱ و ۲ قرار داد که در بازه $\frac{1}{15}$ s تا $\frac{1}{4}$ s است، بنابراین نوسانگر در

این بازه زمانی دوبار به نقاط بازگشت خود می‌رسد و تکانه تغییر جهت می‌دهد. **نمای ۵**

۴ ۱۳۹۹ A

دوره نوسان دستگاه برابر است با:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{0.2}{500}} \Rightarrow T = \frac{\pi}{25} \text{ s}$$

طول مسیر برابر فاصله بین بیشینه طول $\ell_{\max}$ و کمینه طول $\ell_{\min}$ نوسانگر

بوده و دامنه نوسان برابر نصف طول مسیر است:

$$2A = \ell_{\max} - \ell_{\min} \Rightarrow 2A = 62 - 48 = 14 \Rightarrow A = 7 \text{ cm}$$

مطابق شکل وقتی طول فنر از 51.5 cm به 58.5 cm می‌رسد، در واقع وزنه

باید از مکان $\frac{-A}{2} = -3.5 \text{ cm}$ برای نخستین بار به مکان $\frac{A}{2} = 3.5 \text{ cm}$ برود و چون

جهت حرکت بیان نشده دو حالت ممکن است رخ دهد:

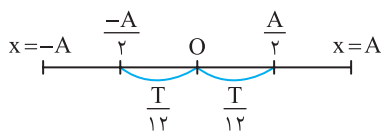
$$\begin{array}{ccccccc} \ell = 48 \text{ cm} & 51.5 \text{ cm} & & 58.5 \text{ cm} & \ell = 62 \text{ cm} \\ A = -7 \text{ cm} & -3.5 & x = 0 & 3.5 & A = 7 \text{ cm} \end{array}$$

حالت اول: وزنه بدون تغییر جهت از مکان $\frac{-A}{2} = -3.5 \text{ cm}$ به مکان

$$\frac{A}{2} = 3.5 \text{ cm} \text{ برود.}$$

در این صورت زمان جابه‌جایی برابر خواهد بود با:

$$\Delta t = \frac{T}{12} + \frac{T}{12} = \frac{T}{6} = \frac{25}{6} \Rightarrow \Delta t = \frac{\pi}{150} \text{ s}$$

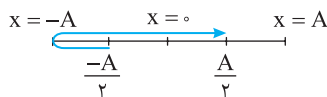


حالت دوم: آن است که وزنه از مکان $\frac{-A}{2} = -3.5 \text{ cm}$ به دامنه $-A$ یعنی به

انتهای مسیر رفته و در بازگشت به مکان $\frac{+A}{2} = 3.5 \text{ cm}$ برود. در این صورت زمان

جابه‌جایی برابر نصف دوره است.

$$\Delta t = \frac{T}{2} = \frac{25}{2} = \frac{\pi}{50} \text{ s}$$



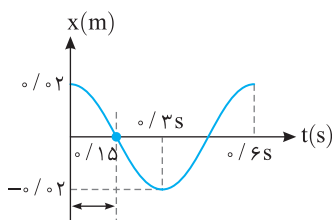
بنابراین هر دو مقدار $\frac{\pi}{150} \text{ s}$ و $\frac{\pi}{50} \text{ s}$ می‌توانند جواب باشند.

نمای ۶

۴ ۱۳۹۹ A

$$\frac{T}{4} = 0.15 \Rightarrow T = 0.6 \text{ s}$$

با توجه به نمودار دوره را حساب می‌کنیم.



پنجره ۱ روبه‌روی ۲

۱ ۱۳۹۹ A

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

دوره را به دست می‌آوریم:

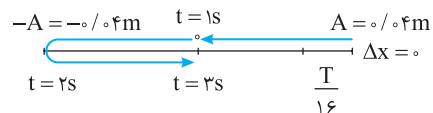
ثانیه سوم یعنی بازه زمانی بین $t = 2 \text{ s}$ تا $t = 3 \text{ s}$ ، با توجه به دوره $T = 4 \text{ s}$

مشخص است که اگر $\Delta t = 1 \text{ s}$ باشد این مقدار ربع دوره است و نوسانگر در این مدت

از مکان $+A$ به مکان $x = 0$ می‌رود درواقع در لحظه $t = 1 \text{ s}$ ذره در مکان $x = 0$ و در

لحظه $t = 2 \text{ s}$ در مکان $x = -A$ و در لحظه $t = 3 \text{ s}$ در مکان $x = 0$ است. بنابراین

مسافت طی شده در ثانیه سوم همان $\ell = A = 0.4 \text{ m}$ است.



در بازه $t = 1 \text{ s}$ تا $t = 3 \text{ s}$ برابر $\ell' = 2A = 0.8 \text{ m}$ است.

تندی متوسط در دو حالت خواهد شد:

$$s_{\text{av}} = \frac{\ell}{\Delta t} = \frac{0.4}{1} = 0.4 \text{ m/s} \quad \Rightarrow \quad s'_{\text{av}} = \frac{s_{\text{av}}}{2} = 0.2 \text{ m/s}$$

$$s_{\text{av}} = \frac{\ell'}{\Delta t'} = \frac{0.8}{2} = 0.4 \text{ m/s}$$

نمای ۷

۲ ۱۳۹۹ A

تکانه برابر $\vec{P} = m\vec{v}$ است، بنابراین به جای بررسی لحظه‌های تغییر

جهت تکانه، لحظه‌های تغییر جهت حرکت (تغییر جهت سرعت) را بررسی می‌کنیم. در

نقاط بازگشت ($x = \pm A$) سرعت تغییر علامت می‌دهد. در معادله حرکت به جای x ،

$t = \frac{1}{15} \text{ s}$ قرار دهیم و مکان را در این لحظه بیابیم سپس دوره را حساب کنید و مشخص

کنید بازه زمانی چه کسری از دوره است و به کمک بازه‌های زمانی شناخته شده مسیر

حرکت را رسم کرده و تعداد دفعات تغییر جهت بردار تکانه را بیابید.

در لحظه $t = \frac{1}{15} \text{ s}$ مکان نوسانگر خواهد شد.

$$x = 0.2 \cos 10\pi \times \frac{1}{15} \Rightarrow x = 0.2 \cos \frac{2\pi}{3} \Rightarrow x = 0.2 \left(-\frac{1}{2}\right) \Rightarrow x = -0.1 \text{ m}$$

نسبت $\frac{x}{A}$ را مشخص می‌کنیم:

$$\frac{x}{A} = \frac{-0.1}{0.2} \Rightarrow x = -\frac{A}{2}$$

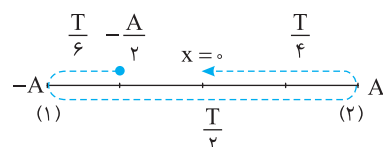
دوره را به دست می‌آوریم:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow 10\pi = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2}{10} \text{ s} \Rightarrow T = \frac{1}{5} \text{ s}$$

مشخص می‌کنیم بازه زمانی چه کسری از دوره است.

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{\frac{1}{4} - \frac{1}{15}}{\frac{1}{5}} = \frac{\frac{15-4}{60}}{\frac{1}{5}} = \frac{11}{12} \Rightarrow \Delta t = \frac{11}{12} T$$

مسیر حرکت را در بازه $\frac{11}{12} T$ رسم می‌کنیم.



دو بار تکانه تغییر جهت می‌دهد.

روش استفاده از معادله:

$$\pm A = A \cos \omega t \Rightarrow \cos \omega t = \pm 1 \Rightarrow \omega t = k\pi, \quad 10\pi t = k\pi \Rightarrow t = \frac{k}{10}$$

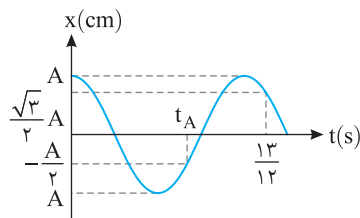
دامنه حرکت ۲cm است و در مدت یک دوره نوسانگر مسافتی برابر $4A = 4 \times 2 = 8\text{cm}$

طی می‌کند از این رو کل مدت حرکت یک دوره بوده است $(t_1 + t_2 = T)$. نمای ۴

۲ ۱۳۹۹ A

مسیر حرکت را از $t = 0$ تا $t = \frac{13}{12}\text{s}$ رسم می‌کنیم و بازه‌های زمانی را روی آن نوشته با

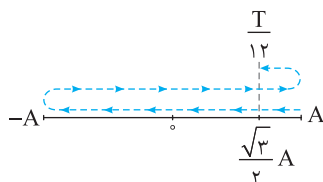
هم جمع می‌کنیم.



نوسانگر در یک دوره کامل T از A تا $A + \frac{\sqrt{3}}{2}A$ نیز $\frac{T}{12}$ در راه بوده و جمعاً Δt

خواهد شد:

$$\Delta t = T + \frac{T}{12} \Rightarrow \frac{13}{12} = \frac{13T}{12} \Rightarrow T = 1\text{s}$$

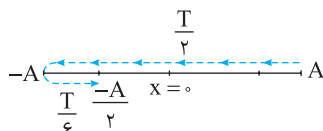


اما مسیر از $x = 0$ تا $x = -\frac{A}{2}$ را رسم کرده t_A را به دست می‌آوریم.

از A تا $-A$ زمان $\frac{T}{2}$ و از $-A$ تا $-\frac{A}{2}$ مدت زمان طی مسیر $\frac{T}{6}$ است. بنابراین

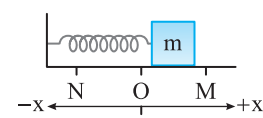
t_A خواهد شد:

$$t_A = \frac{T}{2} + \frac{T}{6} = \frac{2T}{3} \Rightarrow t_A = \frac{2}{3} \times 1 = \frac{2}{3}\text{s}$$



نمای ۶

۲ ۱۳۹۹ A



۸ یادآوری در دو انتهای مسیر (نقاط

بازگشت) حرکت هماهنگ ساده، سرعت صفر و شتاب (و نیرو) بیشینه و در مرکز نوسان سرعت بیشینه و شتاب (و نیرو) صفر است. از طرفی شتاب و مکان هم علامت نیستند.

در نقطه M مکان مثبت و شتاب بیشینه منفی است و گزاره (الف) درست است. در نقطه O، نقطه تعادل تندی بیشینه است و گزاره (ب) درست است. در نقطه N که مکان منفی است علامت شتاب مثبت است و گزاره (پ) نادرست است. در نقطه N فتر بیشترین فشردگی را دارد و N نقطه بازگشت است. بنابراین نیروی کشسانی فتر بیشینه است و گزاره (ت) نادرست است.

نمای ۷

۴ ۱۳۹۹ A

۹ یادآوری بازه‌های زمانی زیر را بهتر است به خاطر بسپارید:

۲ معادله حرکت نوسانگر را می‌نویسیم:

$$x = 0.02 \cos \omega t \Rightarrow x = 0.02 \cos \frac{2\pi}{T} t \Rightarrow x = 0.02 \cos \frac{10\pi}{3} t$$

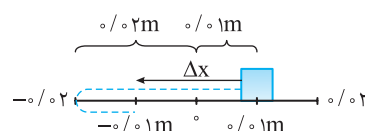
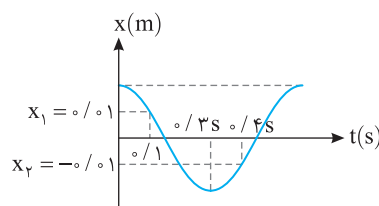
۳ حال با جای‌گذاری $t_1 = 0.1\text{s}$ و $t_2 = 0.4\text{s}$ مکان نوسانگر در این دو لحظه را به دست می‌آوریم.

$$x_1 = 0.02 \cos\left(\frac{10\pi}{3} \times 0.1\right) \Rightarrow x_1 = 0.01\text{m}$$

$$x_2 = 0.02 \cos\left(\frac{10\pi}{3} \times 0.4\right) \Rightarrow x_2 = -0.01\text{m}$$

۴ دقت کنید که $t_2 = 0.4\text{s}$ از $\frac{T}{2} = 0.3\text{s}$ بزرگ‌تر است و $t_1 = 0.1\text{s}$ نیز از

0.15s کمتر است پس مکان نوسانگر روی نمودار در این دو لحظه به صورت زیر است:



۵ جابه‌جایی خواهد شد:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = -0.02\text{m}$$

۶ مسافت طی شده برابر است با:

$$\ell = 0.01 + 0.02 + 0.01 = 0.04\text{m}$$

۷ نسبت $\ell / \Delta x$ را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\ell}{|\Delta x|} = \frac{0.04}{0.02} = 2$$

نمای ۵ و ۵

۳ ۱۳۹۹ A

۵ دوره آونگ را از رابطه $T = \frac{t}{N}$ به دست می‌آوریم:

$$T_1 = \frac{t}{N_1} \Rightarrow T_1 = \frac{1}{40} = 0.025\text{s}, \quad T_2 = \frac{t}{N_2} \Rightarrow T_2 = \frac{1}{45} = 0.022\text{s}$$

دوره آونگ برابر $T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$ است:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{\ell_1}{g}} \Rightarrow \frac{1}{40} = 2\pi \sqrt{\frac{\ell_1}{9.8}} \Rightarrow \sqrt{\ell_1} = 0.09 \Rightarrow \ell_1 = 0.0081\text{m} = 8.1\text{cm}$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{\ell_2}{g}} \Rightarrow \frac{1}{45} = 2\pi \sqrt{\frac{\ell_2}{9.8}} \Rightarrow \sqrt{\ell_2} = 0.08 \Rightarrow \ell_2 = 0.0064\text{m} = 6.4\text{cm}$$

بنابراین طول آونگ $8.1 - 6.4 = 1.7\text{cm}$ کاهش می‌یابد.

نمای ۷

۲ ۱۳۹۹ A

۶ خط‌فکری مسافت‌های طی شده متوالی هستند، یعنی در مجموع زمان‌های t_1 و

t_2 نوسانگر به اندازه مجموع $3/78\text{cm}$ و $4/22\text{cm}$ مسافت طی کرده است. این

مسافت را به دست بیاورید و با دامنه مقایسه کنید.

کل مسافت طی شده در بازه زمانی $t_1 + t_2$ برابر است با: $4/22 + 3/78 = 8\text{cm}$

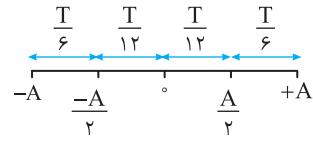


$$f_{\text{آونگ}} = f_{\text{فتر-جرم}} \Rightarrow \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\ell}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \xrightarrow{g=10 \text{ m/s}^2} \sqrt{\frac{10}{\ell}} = \sqrt{\frac{k}{m}} \xrightarrow{\ell=1 \text{ m}} 10 = \frac{k}{2} \Rightarrow k=20 \text{ N/m}$$

۲. یکای ثابت فنر را به N/cm تبدیل می‌کنیم.

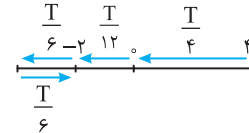
$$20 \frac{\text{N}}{\text{m}} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0.2 \text{ N/cm}$$

نمای ۷ و ۸



با مقایسه معادله حرکت هماهنگ ساده $x = A \cos \omega t$ با معادله حرکت داده شده در مسئله $(x = 0.04 \cos 50\pi t)$ دامنه حرکت $A = 0.04 \text{ m}$ و بسامد زاویه‌ای $\omega = 50\pi \text{ rad/s}$ است.

۱. دوره را حساب می‌کنیم: $\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow 50\pi = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{25} \text{ s}$



با توجه به بازه‌های زمانی شناخته شده از $A = 4 \text{ cm}$ تا $x = 0$ و از $x = 0$ تا

$$x = -\frac{A}{2} = -2 \text{ cm}, \quad \frac{T}{12} \text{ طول می‌کشد.}$$

$$\Delta t_1 = \frac{T}{4} + \frac{T}{12} = \frac{T}{3} \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{1}{75} \text{ s}$$

$$\Delta t_2 = \frac{T}{2} + \frac{T}{6} = \frac{2T}{3} \xrightarrow{T=\frac{1}{25} \text{ s}} \Delta t_2 = \frac{2}{75} \text{ s}$$

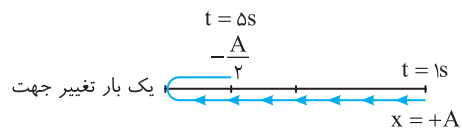
نمای ۶

۲. بازی با سوال: در یک حرکت هماهنگ ساده در $t = 1 \text{ s}$ نوسانگر در

موقعیت $x = +A$ و در لحظه $t = 5 \text{ s}$ ، بعد از یک بار تغییر جهت در موقعیت $x = -\frac{A}{2}$ است. دوره نوسان چند ثانیه است؟

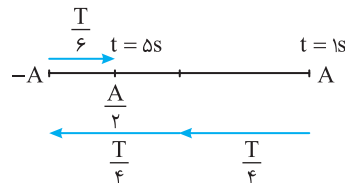
$$\begin{matrix} 12 & (1) & 6 & (2) & 16 & (3) & 32 & (4) \\ & & & & & & & \end{matrix}$$

۳. پاسخ: مسیر حرکت را رسم می‌کنیم.



با مقایسه بازه‌های زمانی روی مسیر با بازه‌های شناخته شده مسیر زمان را به دست می‌آوریم:

$$5 - 1 = \frac{T}{4} + \frac{T}{4} + \frac{T}{6} \Rightarrow 4 = \frac{2T}{3} \Rightarrow T = 6 \text{ s}$$



گزینه ۲

۱۰. یادآوری: بسامد نوسانی سیستم جرم از رابطه $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$ و بسامد نوسانی

$$\text{آونگ } f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\ell}} \text{ است.}$$

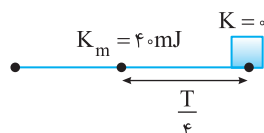
۱. با توجه به اینکه بسامد دو سیستم با هم برابر است خواهیم داشت:

بیشینه و برابر $v_m = A\omega$ است بنابراین شما باید دامنه (A) و همچنین دوره
 را به دست بیاورید. اما شما نمودار انرژی - مکان را در اختیار دارید پس با
 توجه به اصل پایستگی انرژی مکانیکی ($E = K + U$) باید به کمک انرژی مکانیکی
 نوسانگر، دوره را حساب کنید.

۱. با توجه به نمودار دامنه نوسانگر $A = 2\text{cm}$ است و در مکان $x = \sqrt{2}\text{cm}$
 انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل نوسانگر با هم برابر بوده و مقدار آن‌ها 20mJ است،
 بنابراین انرژی مکانیکی نوسانگر خواهد شد: $E = U + K = 20 + 20 \Rightarrow E = 40\text{mJ}$
 نکته: در حرکت هماهنگ ساده همواره بیشینه انرژی جنبشی، بیشینه انرژی
 پتانسیل و انرژی مکانیکی نوسانگر با هم برابرند ($E = K_m = U_m$).

۲. انرژی مکانیکی نوسانگر 40mJ شده است بنابراین بیشینه انرژی جنبشی نوسانگر
 نیز $K_m = 40\text{mJ}$ است. در صورت مسئله بازه زمانی که انرژی جنبشی از $K = 0$
 می‌رسد را برابر 0.05s بیان کرده این یعنی نوسانگر از نقطه بازگشت به
 مرکز نوسان رفته که این بازه برابر $\frac{T}{4}$ است. از این‌رو:

$$\frac{T}{4} = 0.05 \Rightarrow T = 0.2\text{s}$$

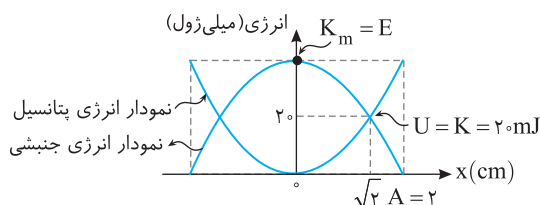


۳. بسامد زاویه‌ای را حساب می‌کنیم.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.2} \Rightarrow \omega = 10\pi \text{ rad/s}$$

۴. در لحظه گذر از مرکز نوسان ($x=0$) تندی بیشینه و برابر است با:

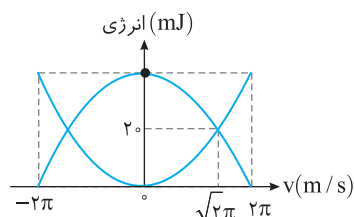
$$v_m = A\omega \Rightarrow v_m = 0.02 \times 10\pi = \frac{\pi}{5} \text{ m/s}$$



نمای ۱۳

باز با سؤال: شکل زیر، نمودار انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل سامانه
 جرم - فنر را بر حسب سرعت نشان می‌دهد اگر حداقل زمانی که طول می‌کشد
 تا انرژی پتانسیل نوسانگر از 40mJ به صفر برسد، برابر 0.05s باشد، دامنه
 حرکت نوسانگر چند سانتی‌متر است؟

ریاضی - ۸۸



۲۰ (۴) ۱۰ (۳) ۵ (۲) ۷/۵ (۱)

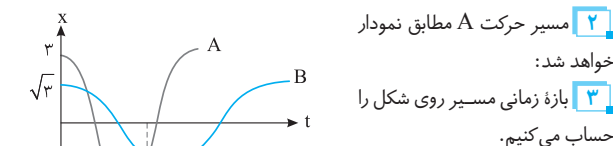
۱۴. در لحظه‌ای که سرعت نوسانگر $\sqrt{2}\pi\text{m/s}$ است، انرژی جنبشی و
 انرژی پتانسیل نوسانگر برابر است.

$$K = U = 20\text{mJ}$$

پنجره ۲ روبه‌روی ۳

۱۱۱ ۱۵۲۱ ۳

۱. نسبت x/A را برای نوسانگر A به دست می‌آورید. $\frac{x}{A} = \frac{-1/5}{3} \Rightarrow x = -\frac{A}{2}$



۲. مسیر حرکت A مطابق نمودار خواهد شد:

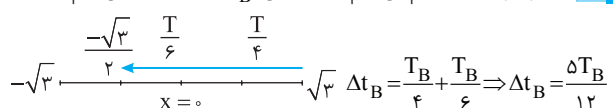
۳. بازه زمانی مسیر روی شکل را حساب می‌کنیم.

$$\Delta t_A = \frac{T_A}{2} + \frac{T_A}{6} \Rightarrow \Delta t_A = \frac{2T_A}{3}$$

۴. نسبت x/A را برای نوسانگر B به دست می‌آوریم.

$$\frac{x}{A} = \frac{-1/5}{\sqrt{3}} = \frac{-1/5\sqrt{3}}{3} = \frac{x}{A} = -\frac{\sqrt{3}}{2}$$

۵. مسیر حرکت B را رسم می‌کنیم و بازه زمانی Δt_B را مشخص می‌کنیم.



۶. با توجه به نمودار $\Delta t_A = \Delta t_B$ است. بنابراین: $\frac{2T_A}{3} = \frac{\Delta t_B}{12} \Rightarrow \frac{T_A}{3} = \frac{\Delta t_B}{12}$

۷. نسبت بیشینه تندی خواهد شد:

$$\frac{v_{mA}}{v_{mB}} = \frac{A_A \omega_A}{A_B \omega_B} = \frac{3}{\sqrt{3}} \times \frac{\frac{2\pi}{T_A}}{\frac{2\pi}{T_B}} \Rightarrow \frac{v_{mA}}{v_{mB}} = \sqrt{3} \times \frac{T_B}{T_A} = \sqrt{3} \times \frac{1}{5} = \frac{\sqrt{3}}{5}$$

نمای ۱۳

۱۲. خط فکری

در گام اول انرژی مکانیکی نوسانگر را حساب می‌کنیم تا در گام بعدی
 با داشتن انرژی مکانیکی و براساس رابطه $E = U + K$ ، با جایگذاری انرژی پتانسیل در
 نقطه مورد نظر انرژی جنبشی نوسانگر و پس از آن سرعت نوسانگر را به دست آوریم.
 ۱. انرژی مکانیکی نوسانگر برابر است با:

$$K = 5\text{N/cm} = 500\text{N/m}, E = \frac{1}{2}kA^2 \Rightarrow E = \frac{1}{2} \times 500 \times (16 \times 10^{-4}) = 0.4\text{J}$$

۲. انرژی پتانسیل نوسانگر در نقطه مورد نظر 0.2J است، در نتیجه:

$$E = U + K \Rightarrow 0.4 = 0.2 + K \Rightarrow K = 0.2\text{J}$$

۳. در نهایت براساس رابطه انرژی جنبشی خواهیم داشت:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 0.2 = \frac{1}{2} \times 1 \times v^2 \Rightarrow v^2 = 0.4$$

$$v^2 = \frac{4}{10} \Rightarrow v = \frac{2}{\sqrt{10}} \text{ عبارت را گویا می‌کنیم}$$

$$v = \frac{2}{\sqrt{10}} \times \frac{\sqrt{10}}{\sqrt{10}} = \frac{2\sqrt{10}}{10} \text{ m/s}$$

تندی بر حسب سانتی‌متر بر ثانیه خواسته شده است:

$$v = \frac{2\sqrt{10}}{10} \times 100 \text{ cm/s} = 20\sqrt{10} \text{ cm/s}$$

نمای ۱۲

۱۳. خط فکری

بزرگی سرعت نوسانگر در لحظه عبور از حالت تعادل (مکان $x=0$)



۳ ۱۵۲۱ A

۱۵. **نکته** دوره نوسان آونگ به جرم و جنس گلوله بستگی ندارد. $T = 2\pi\sqrt{\ell/g}$
چون طول آونگ‌های A و B با هم برابر است، پس دوره آن‌ها یکسان است و پدیده تشدید رخ می‌دهد.

۲ ۱۵۲۱ A

۱۶. **۱** با مقایسه $F = -200x$ با قانون هوک $F = -kx$ مشخص می‌شود که ثابت فنر $k = 200 \text{ N/m}$ است.
۲ مسافتی که نوسانگر در مدت یک دوره طی می‌کند چهار برابر دامنه است. از این رو دامنه خواهد شد:

$$4A = 20 \Rightarrow A = 5 \text{ cm}$$

۳ انرژی مکانیکی را حساب می‌کنیم.

$$E = \frac{1}{2}kA^2 \Rightarrow E = \frac{1}{2} \times 200 \times (5 \times 10^{-2})^2 = 100 \times 25 \times 10^{-4} \Rightarrow E = 0.25 \text{ J}$$

۴ بیشینه انرژی جنبشی برابر انرژی مکانیکی است از این رو:

$$E = K_m = 0.25 \text{ J}$$

۵ انرژی جنبشی $\frac{1}{5}$ انرژی مکانیکی است از این رو:

$$K = \frac{1}{5}E \Rightarrow K = \frac{1}{5} \times 0.25 \Rightarrow K = 0.05 \text{ J}$$

۶ انرژی پتانسیل در این لحظه خواهد شد:

$$E = K + U \Rightarrow 0.25 = 0.05 + U \Rightarrow U = 0.2 \text{ J}$$

نمای ۱۲

بازی با سوال معادله نیرو - مکان نوسانگر ساده‌ای به جرم 200 گرم در SI به صورت $F = -180x$ است. اگر بیشینه انرژی جنبشی این نوسانگر 225 میلی‌ژول باشد، معادله مکان - زمان این نوسانگر در SI، کدام است؟

مشابه خارج ریاضی - ۹۷

$$x = 0.03 \cos 30t \quad (۲)$$

$$x = 0.05 \cos 30t \quad (۱)$$

$$x = 0.03 \cos 30\pi t \quad (۴)$$

$$x = 0.05 \cos 30\pi t \quad (۳)$$

پایان با توجه به رابطه $F = -180x$ و مقایسه آن با $F = -kx$ مشخص است که $k = 180 \text{ N/m}$ است از این رو:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{180}{0.2}} = 30 \text{ rad/s}$$

بیشینه انرژی جنبشی برابر است با:

$$K_m = \frac{1}{2}mv_m^2 = \frac{1}{2}m(A\omega)^2 = \frac{1}{2}mA^2\omega^2 = 225 \times 10^{-3} \text{ J}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \times 0.2 \times A^2 \times 900 = 225 \times 10^{-3} \Rightarrow A^2 = 25 \times 10^{-4} \Rightarrow A = 0.05 \text{ m}$$

حال معادله مکان - زمان نوسانگر را می‌نویسیم:

$$x = A \cos \omega t \Rightarrow x = 0.05 \cos 30t$$

گزینه ۱

۳ ۱۵۲۱ A

۱۷. **خط فکری** بزرگی شتاب نوسانگر از رابطه $|a| = \omega^2|x|$ به دست می‌آید، پس بزرگی شتاب و اندازه مکان نوسانگر با یکدیگر رابطه مستقیم دارند و هنگامی که نوسانگر به طور مثال در مکان $\frac{A}{2}$ قرار دارد شتاب نیز نصف شتاب بیشینه است.

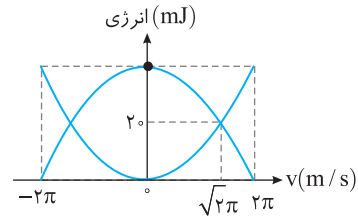
۱ با توجه به رابطه شتاب - مکان و همچنین فرض مسئله خواهیم داشت:

$$|a| = \frac{\sqrt{3}}{2}a_m \xrightarrow{a_m = A\omega^2} \omega^2|x| = \frac{\sqrt{3}}{2}A\omega^2 \Rightarrow x = \pm \frac{\sqrt{3}}{2}A$$

$$-A \quad \frac{-\sqrt{3}}{2}A \quad 0 \quad \frac{\sqrt{3}}{2}A \quad +A$$

مجموع انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل نوسانگر برابر انرژی مکانیکی نوسانگر است، از این رو:

$$E = K + U \Rightarrow E = 20 + 20 \Rightarrow E = 40 \text{ mJ}$$

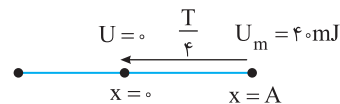


بیشینه انرژی پتانسیل نوسانگر برابر انرژی مکانیکی نوسانگر است

$$U_m = E = 40 \text{ mJ}$$

انرژی پتانسیل نوسانگر در نقاط بازگشت دو انتهای مسیر بیشینه است و وقتی در مسئله بیان می‌کند که حداقل بازه زمانی که انرژی پتانسیل از 40 mJ به صفر می‌رسد 0.5 s است یعنی مدت زمانی که نوسانگر از دامنه به مبدأ می‌رود برابر 0.5 s است که این بازه زمانی برابر $\frac{T}{4}$ است از این رو:

$$\frac{T}{4} = 0.5 \Rightarrow T = 2 \text{ s}$$



بسامد زاویه‌ای را حساب می‌کنیم.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{2} \Rightarrow \omega = 1.0 \pi \text{ rad/s}$$

با توجه به نمودار بیشینه تندی نوسانگر $v_m = 2\pi \text{ m/s}$ است بنابراین:

$$v_m = A\omega \Rightarrow 2\pi = A(1.0\pi) \Rightarrow A = 0.2 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

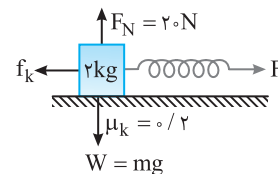
گزینه ۴

۱ ۱۵۲۱ B

۱۴

خط فکری ابتدا نیروهای وارد بر وزنه 2 کیلوگرمی را رسم کرده و به کمک قانون دوم نیوتون ثابت فنر را به دست آورید، سپس بسامد زاویه‌ای نوسان سامانه جرم - فنر را حساب کنید تا بتوانید شتاب بیشینه را به دست آورید.

یادآوری نیروی کشسانی فنر $F = k\Delta\ell$ و نیروی اصطکاک برابر $f_k = \mu_k F_N$ است.



۱ بنا به قانون دوم نیوتون:

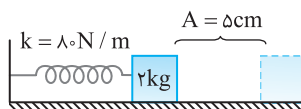
$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow F - f_k = ma \Rightarrow k\Delta\ell - \mu_k F_N = ma$$

$$\Delta\ell = 0.1 \text{ m} \Rightarrow k(0.1) - 0.2 \times 20 = 2 \times a \Rightarrow 0.1k = 8 \Rightarrow k = 80 \text{ N/m}$$

۲ بسامد زاویه‌ای سامانه جرم - فنر را حساب می‌کنیم.

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{80}{2}} \Rightarrow \omega = \sqrt{40} \Rightarrow \omega = 2\sqrt{10} \text{ rad/s}$$

۳ مقدار انحراف وزنه از حالت



تعادل و رها کردن وزنه برابر دامنه

است، بنابراین: $A = 0.05 \text{ m}$

۴ شتاب بیشینه نوسانگر خواهد

$$a_m = A\omega^2 \Rightarrow a_m = 0.05 \times 40 \Rightarrow a_m = 2 \text{ m/s}^2$$

شد:

نمای ۹

نمای ۱۳

و پتانسیل با هم برابر می‌شوند.

۴

۱۵۲۱ B

۱۹ یادآوری: تندی بیشینه از رابطه $v_{\max} = A\omega$ به دست می‌آید.

۱. بسامد زاویه‌ای (ω) را به دست می‌آوریم:

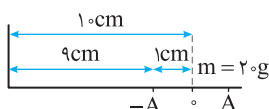
$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad m = 20g = \frac{20}{1000} kg \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{32}{0.02}}$$

$$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{3200}{2}} = \sqrt{1600} = 40 \text{ rad/s}$$

۲. با استفاده از تندی بیشینه دامنه را حساب می‌کنیم:

$$v_{\max} = A\omega \Rightarrow 0.4 = A \times 40 \Rightarrow A = \frac{1}{100} m = 1 \text{ cm}$$

۳. مسیر حرکت نوسانگر به صورت زیر است:



نمای ۷

بنابراین کمینه فاصله جسم از دیوار ۹ cm است.

۱۵۲۱ A

۲۰. دوره نوسان از رابطه $T = \frac{t}{n}$ به دست می‌آید. نسبت دوره آونگ A به دوره آونگ B را حساب می‌کنیم:

$$\begin{cases} T_A = \frac{t_A}{n_A} \\ T_B = \frac{t_B}{n_B} \end{cases} \xrightarrow[\substack{\text{دو معادله را بر هم تقسیم می‌کنیم} \\ t_A = t_B \text{ زمانی‌ها یکسان است}}]{\frac{T_A}{T_B} = \frac{n_B}{n_A}} \Rightarrow \frac{T_A}{T_B} = \frac{65}{156}$$

$$\Rightarrow T_A = \frac{65}{12} T_B$$

۲. حال با توجه به اینکه دوره آونگ برابر $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ است، از نسبت دوره‌ها می‌توان نسبت طول‌ها را به دست آورد.

$$T_A = \frac{65}{12} T_B \Rightarrow 2\pi\sqrt{\frac{\ell_A}{g}} = \frac{65}{12} (2\pi\sqrt{\frac{\ell_B}{g}}) \Rightarrow \sqrt{\ell_A} = \frac{65}{12} \sqrt{\ell_B}$$

$$\Rightarrow \ell_A = \frac{25}{144} \ell_B$$

۳. طول آونگ جدید برابر مجموع طول دو آونگ یعنی $\ell_A + \ell_B$ است.

$$\ell_A + \ell_B = \frac{25}{144} \ell_B + \ell_B = \frac{169}{144} \ell_B$$

۴. دوره حرکت آونگ جدید را حساب می‌کنیم.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell_A + \ell_B}{g}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{169}{144} \ell_B}{g}} \Rightarrow T = \frac{13}{12} (2\pi\sqrt{\frac{\ell_B}{g}})$$

$$\xrightarrow[2\pi\sqrt{\frac{\ell_B}{g}} = T_B]{\quad} T = \frac{13}{12} T_B$$

۵. در همان مدت زمانی که نوسان‌های آونگ B برابر ۶۵ شده، تعداد نوسان‌های نوسانگر جدید خواسته شده:

$$T = \frac{13}{12} T_B \xrightarrow{T = \frac{t}{n}} \frac{t}{n} = \frac{13}{12} \times \frac{t}{n_B} \quad n_B = 65 \rightarrow \frac{1}{n} = \frac{13}{12} \times \frac{1}{65} \Rightarrow n = 60$$

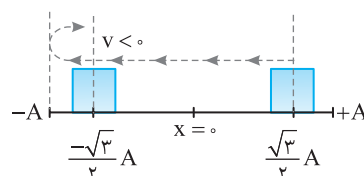
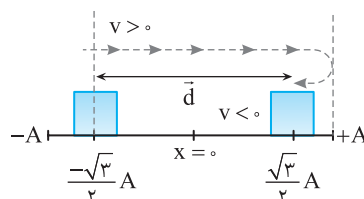
نمای ۸

۲. با توجه به فرض مسئله جابه‌جایی در این بازه زمانی صفر نیست. بنابراین در این بازه زمانی نوسانگر از مکان $+\frac{\sqrt{3}}{2}A$ به مکان $-\frac{\sqrt{3}}{2}A$ می‌رود و یا بالعکس.

نکته: هرگاه مکان و سرعت نوسانگر برای اولین بار قرینه شود، مسافت طی شده برابر ۲A و مدت زمان این تغییر نصف دوره ($\frac{T}{2}$) است.

۳. در مکان $-\frac{\sqrt{3}}{2}A$ با توجه به فرض مسئله، سرعت مثبت است و نوسانگر با گذشت زمان از مکان $+\frac{\sqrt{3}}{2}A$ با سرعت منفی می‌گذرد. یعنی مسافت طی شده مطابق شکل زیر ($\ell = 2A$) است و اندازه جابه‌جایی خواهد شد:

$$d = \frac{\sqrt{3}}{2}A + \frac{\sqrt{3}}{2}A \Rightarrow d = \sqrt{3}A$$

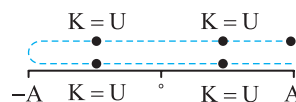
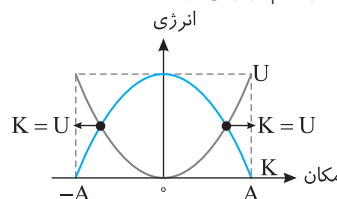


۴. نسبت $\frac{\ell}{d}$ خواهد شد: $\frac{\ell}{d} = \frac{2A}{\sqrt{3}A} = \frac{2\sqrt{3}}{3}$

نمای ۸

۱۵۲۱ A

۱۸. خط فکری: با توجه به نمودار انرژی - مکان در یک دوره چهار بار انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل نوسانگر با هم برابر می‌شود:



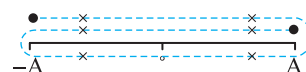
۱. با توجه به معادله $x = A \cos \omega t$ ، بسامد زاویه‌ای برابر $2/\Delta\pi \text{ rad/s}$ است.

دوره را حساب می‌کنیم.

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

۲. بازه زمانی ۰ تا $1/25$ را با دوره $T = 0.8 \text{ s}$ مقایسه می‌کنیم.

$$\Delta t = \frac{1/2}{0.8} \Rightarrow \Delta t = \frac{3}{2} T = T + \frac{T}{2}$$



۳. در مدت T، چهار بار و در مدت $\frac{T}{2}$ دو بار یعنی در مجموع ۶ بار انرژی جنبشی

$$v_m = A\omega \xrightarrow{v_m = 1 \text{ m/s}} 1 = A \times 2 \Rightarrow A = \frac{1}{2} \text{ m} = 0.5 \text{ m}$$

دوره خواهد شد: ۳

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow 2 = \frac{2 \times 3}{T} \Rightarrow T = 0.3 \text{ s}$$

۴ مشخص می کنیم $\Delta t = 0.5 \text{ s}$ چه کسری از دوره است.

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{0.5}{0.3} \Rightarrow \frac{\Delta t}{T} = \frac{5}{3} \Rightarrow \Delta t = \frac{T}{6}$$

۵ بیشینه تندی متوسط نوسانگر در یک مدت معین یعنی بیشینه جابه جایی، بنابراین باید حرکت نوسانگر در دو طرف تعادل و در اطراف جایی که تندی بیشینه است را بررسی می کنیم.

۶ بازه $\frac{T}{6}$ را به دو قسمت مساوی $\frac{T}{12}$ تقسیم می کنیم. در مدت $\frac{T}{6}$ نوسانگر از مکان $-\frac{A}{2}$ به مکان $+\frac{A}{2}$ می رود.

$$|\Delta x_{\max}| = A$$

$$\Delta x = A = 0.5 \text{ m}$$

$$-A \quad -\frac{A}{2} \quad +\frac{T}{12} \quad +\frac{T}{12} \quad +\frac{A}{2} \quad +A$$

$$\Delta t = \frac{T}{6}$$

۷ بیشینه تندی متوسط خواهد شد:

$$v_{\text{avm}} = \frac{|\Delta x_m|}{\Delta t} = \frac{0.5}{0.5} \Rightarrow v_{\text{avm}} = 1 \text{ m/s}$$

نمای ۱۰

۲ ۱۶۷۵ B

۱ مجموع انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل نوسانگر برابر انرژی مکانیکی آن است:

$$E = K + U$$

۲ سرعت در لحظه ای خواسته شده که انرژی جنبشی (K) و انرژی پتانسیل (U)

با هم برابر است:

$$E = K + U \xrightarrow{K=U} E = 2K$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{انرژی مکانیکی} \quad 8 \text{ mJ} = 8 \times 10^{-3} \text{ J} \quad \text{و انرژی جنبشی از رابطه} \quad K = \frac{1}{2}mv^2$$

به دست می آید:

$$8 \times 10^{-3} = 2 \left(\frac{1}{2} \times m v^2 \right) \Rightarrow 8 \times 10^{-3} = 0.1 \times v^2$$

$$\Rightarrow v^2 = 8 \times 10^{-2} \Rightarrow v = 2\sqrt{2} \times 10^{-1} = \frac{2\sqrt{2}}{10} = \frac{\sqrt{2}}{5} \text{ m/s}$$

نمای ۱۱

۲ ۱۶۷۵ B

۶ یادآوری مسافتی که موج در مدت یک دوره طی می کند برابر طول موج است.

$$\lambda = vt$$

نکته مسافتی که هر ذره از محیط انتشار موج طی می کند چهار برابر دامنه است. (۴A)

۱ با توجه به فرض مسئله طول موج چهار برابر دامنه است.

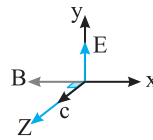
$$\lambda = 4A$$

۲ نسبت تندی بیشینه نوسان به تندی انتشار موج خواهد شد:

$$\frac{v_m}{v} = \frac{A\omega}{\frac{\lambda}{T}} \xrightarrow{\lambda=4A} \frac{v_m}{v} = \frac{A \frac{2\pi}{T}}{\frac{4A}{T}} \Rightarrow \frac{v_m}{v} = \frac{\pi}{2}$$

پنجره ۳ روبه روی ۴

۲ ۱۶۷۵ B



۱ اگر می توانید شکل محورهای x، y و z را مطابق شکل روبه رو تجسم کنید. با توجه به قاعده دست راست ابتدا چهار انگشت باز دست راست خود را در جهت مثبت محور y ها رو به بالا به گونه ای قرار دهید که کف دست شما در جهت منفی محور x ها (یعنی جهت میدان مغناطیسی) قرار

گیرد. در این حالت انگشت باز شست شما در جهت مثبت محور z ها است. البته می توانید محورها را به صورت روبه رو نیز رسم کنید و محور z را به صورت برون سو نمایش دهید.

نمای ۲۳

۲ ۱۶۷۵ B

۲ ریسمان را از دستگاهی گذرانده ایم و قطر ریسمان نصف شده است. بنابراین از سه رابطه

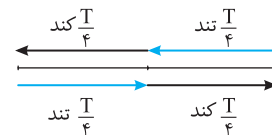
تندی انتشار موج در ریسمان رابطه $v = \frac{1}{D} \sqrt{\frac{F}{\pi \rho}}$ را انتخاب می کنیم.

$$\frac{v'}{v} = \frac{\frac{1}{D'} \sqrt{\frac{F'}{\pi \rho'}}}{\frac{1}{D} \sqrt{\frac{F}{\pi \rho}}} \xrightarrow{F'=F, \rho'=\rho} \frac{v'}{v} = \frac{D}{D'} \xrightarrow{D'=\frac{1}{2}D} v' = 2v$$

نمای ۱۷

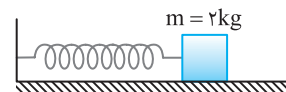
۴ ۱۶۷۵ A

۳ نکته در مدت یک دوره، جمعاً $\frac{T}{2}$ حرکت کندشونده و $\frac{T}{2}$ حرکت تندشونده است.



۱ دوره حرکت را به دست می آوریم.

$$\frac{T}{2} = 0.2 \Rightarrow T = 0.4 \text{ s}$$



۲ بسامد زاویه ای را حساب می کنیم:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{0.4} \Rightarrow \omega = 5\pi \text{ rad/s}$$

۲ بیشینه نیروی وارد بر نوسانگر خواهد شد:

$$F_m = mA\omega^2 \xrightarrow{A=5 \times 10^{-2} \text{ m}} F_m = 2 \times 5 \times 10^{-2} \times (5\pi)^2$$

$$\Rightarrow F_m = 10^{-1} \times 25 \times \pi^2 \Rightarrow F_m = 25\pi \text{ N}$$

نمای ۹

۱ ۱۶۷۵ B

۴ بسامد زاویه ای نوسانگر را حساب می کنیم.

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \xrightarrow{k=900 \text{ N/m}, m=2/25 \text{ kg}} \omega = \sqrt{\frac{900}{2/25}} = \frac{30}{1/5} \Rightarrow \omega = 20 \text{ rad/s}$$

۲ با استفاده از بیشینه تندی، دامنه نوسان را به دست می آوریم.

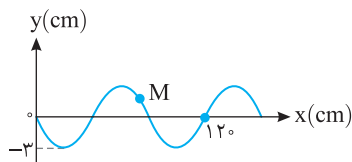
نمای ۱۲

۲ ۱۶۷۵ B

نکته ۹ یک نوسانگر ساده در مدت زمان یک دوره مسافت $4A$ و در مدت زمان نصف دوره مسافت $2A$ را طی می کند. اما این تناسب برای مدت زمان یک چهارم دوره صدق نمی کند و مسافت الزاماً برابر A نخواهد بود. در این حالت میزان مسافت طی شده در مدت یک چهارم دوره بستگی به نقطه شروع حرکت نوسانگر دارد.

با توجه به نمودار طول موج را حساب می کنیم:

حال با داشتن طول موج و تندی، دوره را به دست می آوریم:



$$T = \frac{\lambda}{v} \Rightarrow T = \frac{12}{1} = 12 \text{ s}$$

مدت زمان طی شده برابر $t_2 - t_1 = 0.4 \text{ s}$ یعنی $\frac{T}{4}$ است.

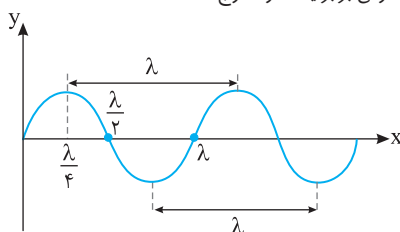
بنابراین بازه زمانی داده شده نصف دوره است و در نصف دوره یک نوسانگر ساده همواره مسافت $2A$ را طی می کند، بنابراین $2 \times 3 = 6 \text{ cm}$ مسافت طی شده است.

نمای ۱۹

۲ ۱۶۷۵ A

یادآوری ۱ تندی انتشار موج در یک محیط به جنس و ویژگی های محیط بستگی دارد و تندی انتشار امواجی که در محیط یکسان منتشر می شوند باهم برابر است.

یادآوری ۲ در نمودار جابه جایی - مکان (نقش موج)، فاصله دو برآمدگی متوالی و دو فرورفتگی متوالی برابر یک طول موج است.



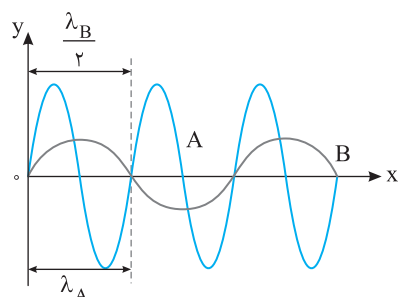
دو موج در یک محیط در حال انتشار هستند و تندی انتشار آنها باهم برابر است،

$$\frac{v_A}{v_B} = 1$$

بنابراین:

با توجه به شکل، طول موج B دو برابر طول موج A است.

$$\lambda_B = 2\lambda_A$$



بنا به تعریف طول موج $\lambda = vT$ خواهیم داشت:

$$v_B T_B = 2v_A T_A \xrightarrow{v_A = v_B} T_B = 2T_A \Rightarrow \frac{T_A}{T_B} = \frac{1}{2}$$

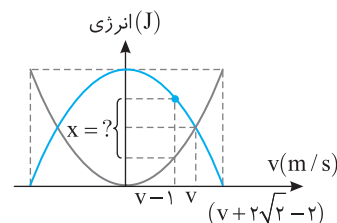
نمای ۲۱

نمای ۱۸

۳ ۱۶۷۵ B

۱ در سرعت v انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی نوسانگر با هم برابر است و بنا به پایستگی انرژی مکانیکی می توان نوشت:

$$E = U + K \xrightarrow{U=K} E = K + K \Rightarrow E = 2K \Rightarrow E = 2\left(\frac{1}{2}mv^2\right) \quad (I)$$



۲ بیشینه انرژی جنبشی نوسانگر برابر انرژی مکانیکی آن است. با توجه به نمودار

بیشینه تندی نوسانگر برابر $v_m = v + 2\sqrt{2} - 2$ است. بنابراین انرژی مکانیکی نوسانگر خواهد شد:

$$E = K_m = \frac{1}{2}mv_m^2 \Rightarrow E = \frac{1}{2}m(v + 2\sqrt{2} - 2)^2 \quad (II)$$

۳ از رابطه (I) و (II) نتیجه می شود:

$$2\left(\frac{1}{2}mv^2\right) = \frac{1}{2}m(v + 2\sqrt{2} - 2)^2 \Rightarrow 2v^2 = (v + 2\sqrt{2} - 2)^2$$

$$\xrightarrow{\text{از دو طرف جذر می گیریم}} \sqrt{2}v = v + 2\sqrt{2} - 2 \Rightarrow \sqrt{2}v - v = 2(\sqrt{2} - 1)$$

$$v(\sqrt{2} - 1) = 2(\sqrt{2} - 1) \Rightarrow v = 2 \text{ m/s}$$

۴ تندی $v - 1$ برابر است با:

$$v - 1 = 2 - 1 = 1 \text{ m/s}$$

۵ انرژی مکانیکی نوسانگر خواهد شد:

$$\xrightarrow{(I)} E = 2\left(\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times (2)^2\right) \Rightarrow E = 2 \text{ J}$$

۶ انرژی جنبشی نوسانگر وقتی تندی $v - 1 = 1 \text{ m/s}$ است برابر خواهد شد با:

$$K = \frac{1}{2}m(v - 1)^2 = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times (1)^2 \Rightarrow K = 0.1 \text{ J}$$

۷ انرژی پتانسیل در این لحظه برابر است با:

$$E = U + K \Rightarrow 2 = U + 0.1 \Rightarrow U = 1.9 \text{ J}$$

۸ اختلاف انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل را به دست می آوریم.

$$U - K = 1.9 - 0.1 = 1.8 \text{ J}$$

نمای ۱۲

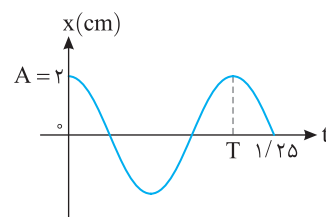
۴ ۱۶۷۵ B

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

انرژی مکانیکی برابر است با:

$$E = \frac{1}{2}mA^2\omega^2 = \frac{1}{2}m(A\omega)^2 = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times (4\pi \times 10^{-2})^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 10^{-1} \times 16\pi^2 \times 10^{-4} = 8\pi^2 \times 10^{-5} \text{ J} = 8\pi^2 \times 10^{-2} \text{ mJ} = 0.8\pi^2 \text{ mJ}$$





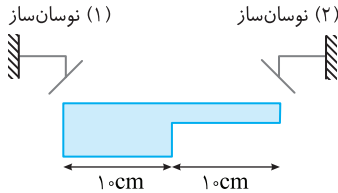
نمای ۲۱

۳ ۱۷۹۹ B

۱۴

نکته: در آب‌های کم‌عمق، تندی انتشار امواج سطحی آب در مناطق کم عمق‌تر، کمتر است.

امواج نوسان‌ساز (۱) در آب عمیق‌تر منتشر می‌شوند بنابراین تندی انتشار آن‌ها بیشتر است.



بنابراین محل اولین ملاقات دو موج باید از نوسان‌ساز (۱) دورتر و به نوسان‌ساز (۲) نزدیک باشد. در نتیجه گزینه (۳) که در آن فاصله از نوسان (۱) را ۱۲ cm بیان کرده می‌تواند جواب مسئله باشد.

نمای ۲۰

۳ ۱۷۹۹ B

۱۵

نکته: تندی انتشار موج برابر است با:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

یک ذره از محیط دارای حرکت هماهنگ ساده است و در مدت یک دوره، مسافتی چهار برابر دامنه ($L = 4A$) طی می‌کند، بنابراین تندی متوسط هر ذره از محیط در مدت یک دوره خواهد شد:

$$s_{av} = \frac{L}{\Delta t} \Rightarrow s_{av} = \frac{4A}{T}$$

بنا به فرض مسئله تندی انتشار موج با تندی متوسط ذرات محیط در یک دوره برابر است، از این‌رو می‌توان نوشت:

$$v = s_{av} \Rightarrow \frac{\lambda}{T} = \frac{4A}{T} \Rightarrow \lambda = 4A \Rightarrow \frac{\lambda}{A} = 4$$

در نتیجه نموداری درست است که در آن طول موج چهار برابر دامنه باشد.

بررسی گزینه‌ها:

گزینه (۱):

$$\frac{\lambda}{4} = 3 \Rightarrow \lambda = 12 \text{ cm}, A = 4 \text{ cm} \Rightarrow \frac{\lambda}{A} = \frac{12}{4} = 3 \neq 4 \times$$

گزینه (۲):

$$\frac{\lambda}{4} = 3 \Rightarrow \lambda = 12 \text{ cm}, A = 2 \text{ cm} \Rightarrow \frac{\lambda}{A} = \frac{12}{2} = 6 \neq 4 \times$$

گزینه (۳):

$$\frac{\lambda}{2} = 8 \Rightarrow \lambda = 16 \text{ cm}, A = 4 \text{ cm} \Rightarrow \frac{\lambda}{A} = \frac{16}{4} = 4 \checkmark$$

گزینه (۴):

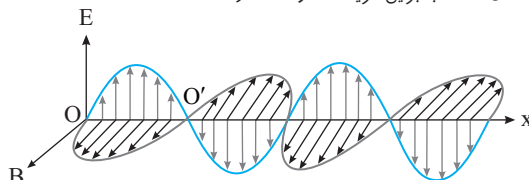
$$\frac{\lambda}{2} = 8 \Rightarrow \lambda = 16 \text{ cm}, A = 2 \text{ cm} \Rightarrow \frac{\lambda}{A} = \frac{16}{2} = 8 \neq 4 \times$$

نمای ۱۹

۲ ۱۷۹۹ A

۱۶

بسامد و دوره نوسان میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی موج الکترومغناطیسی در همه نقاط یکسان است. بنابراین گزینه (۱) و (۴) نادرست است.



برای بررسی گزینه‌های (۲) و (۳) باید طول موج را حساب کنیم.

پنجره ۴ روبه‌روی ۵

۳ ۱۷۹۹ B

۱۱

به دیپازون نگاه کنید. تیغه‌های دیپازون وقتی به

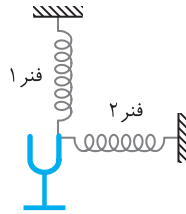
ارتفاع در می‌آیند به چپ و راست می‌روند.

وقتی تیغه به چپ می‌رود فنر ۲ را می‌کشد و فنر باز

می‌شود و وقتی تیغه به سمت راست می‌رود، فنر ۲ جمع

می‌شود و این باز شدگی و جمع‌شدگی سبب انتشار موج

طولی در فنر ۲ می‌شود.



در فنر ۱ با حرکت تیغه حلقه‌ها به سمت چپ و راست می‌روند و موج به بالا می‌رود یعنی راستای نوسان حلقه بر راستای پیشروی موج عمود بوده و موج در فنر (۱) عرضی است.

نکته: تندی انتشار امواج طولی در جامدات از تندی انتشار امواج عرضی بیشتر است.

۱. فنرها یکسان هستند اما در فنر (۲) موج طولی و در فنر (۱) موج عرضی است

بنابراین $v_2 > v_1$ است.

۲. بسامد موج را چشمه موج تعیین می‌کند. چشمه موج در هر دو فنر، دیپازون

است بنابراین بسامد موج در دو فنر یکسان است. ($f_1 = f_2$)

۳. با ثابت بودن بسامد موج، با توجه به تعریف طول موج ($\lambda = v/f$) چون

($v_2 > v_1$) است بنابراین ($\lambda_2 > \lambda_1$) خواهد شد.

۴. دامنه چشمه برای هر دو موج یکسان است بنابراین دامنه موج در فنر (۱) و (۲)

برابر است. ($A_1 = A_2$) در نتیجه گزینه (۳) درست است.

نمای ۲۴

۴ ۱۷۹۹ B

۱۲

نکته: فاصله بین یک تراکم و یک انبساط متوالی در امواج طولی برابر $\frac{\lambda}{2}$ است.

۱. بنا به فرض مسئله فاصله یک تراکم از یک انبساط مجاورش ۴۰ cm است. طول

موج را حساب می‌کنیم.

$$\frac{\lambda}{2} = 40 \Rightarrow \lambda = 80 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 0.8 \text{ m}$$

۲. دوره را به دست می‌آوریم.

$$\lambda = vT \xrightarrow{v=6 \text{ m/s}} 0.8/16 = T \Rightarrow T = \frac{1}{20} \text{ s}$$

۳. هر ذره از محیط دارای حرکت هماهنگ ساده است و در مدت یک دوره مسافتی

چهار برابر دامنه ($L = 4A$) طی می‌کند. بنابراین در مدت $\Delta t = \frac{1}{20} \text{ s}$ مسافت طی

شده خواهد شد:

$$L = 4A \xrightarrow{A=5 \text{ cm}} L = 4 \times 5 = 20 \text{ cm}$$

نمای ۲۴

۴ ۱۷۹۹ B

۱۳

تندی انتشار موج به دوره و دامنه موج بستگی ندارد و برای بسامدهای مختلف یکسان

است. ($v_2 = v_1$)

یادآوری: توان متوسط انتقال انرژی با مربع دامنه و مربع بسامد نسبت مستقیم دارد.

دوره نصف شده است، بنابراین بسامد خواهد شد:

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow \frac{f_2}{f_1} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{f_2}{f_1} = \frac{1}{\frac{1}{2}} = 2$$

توان متوسط انتقال انرژی خواهد شد:

$$\frac{\bar{P}_2}{\bar{P}_1} = \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2 \times \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{\bar{P}_2}{\bar{P}_1} = (2)^2 \times (2)^2 = 16$$

۱ ۱۷۹۹ B

خط فکری

شدت صوت برابر توان صوتی گذرنده از یکای سطح عمود بر راستای پیشروی صوت است ($I = P/A$) که در این رابطه $A = 4\pi r^2$ بوده که r فاصله نقطه مورد نظر از منبع صوت است. در صورت مسئله تراز شدت صوت در محل $5m$ از منبع $\beta = 60dB$ بیان شده پس شما ابتدا باید شدت صوت در محل را به کمک تراز شدت صوت به دست آورده و سپس توان منبع صوت را حساب کنید. ابتدا با توجه به تراز شدت صوت، شدت صوت تولیدی را به دست می آوریم:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \xrightarrow{\beta = 60dB} 10 \log \frac{I}{I_0} = 60 \Rightarrow \log \frac{I}{I_0} = 6 \Rightarrow \frac{I}{I_0} = 10^6$$

$$I_0 = 10^{-12} W/m^2 \Rightarrow I = 10^{-6} W/m^2$$

با توجه به تعریف شدت صوت می توانیم توان منبع را حساب کنیم. شدت صوت برابر است با:

$$I = \frac{\bar{P}}{A} \Rightarrow 10^{-6} = \frac{\bar{P}}{4\pi \times r^2} \Rightarrow 10^{-6} = \frac{\bar{P}}{4 \times \pi \times 25}$$

$$\Rightarrow \bar{P} = 10^{-4} \pi W = 0.1 \pi mW$$

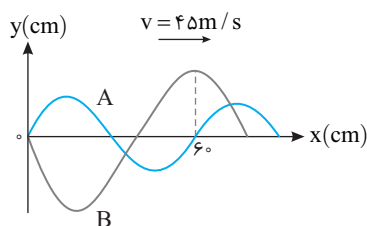
نمای ۲۶

۲ ۱۷۹۹ B

۱۰

از روی محور افقی طول موج هر موج را حساب می کنیم.

$$A: \lambda_A = 60cm, B: \frac{3}{4} \lambda_B = 60cm \Rightarrow \lambda_B = 80cm$$



۲ بسامد موج های A و B را به دست می آوریم.

$$v = f\lambda \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} \begin{cases} A \rightarrow f_A = \frac{40}{0.6} \Rightarrow f_A = \frac{400}{6} \Rightarrow f_A = 66.67 Hz \\ B \rightarrow f_B = \frac{40}{0.8} \Rightarrow f_B = \frac{400}{8} \Rightarrow f_B = 50 Hz \end{cases}$$

۳ تعداد نوسان های A و B را در مدت ۲s حساب می کنیم.

$$A: \begin{array}{c|c} 1s & 75 \text{ نوسان} \\ \hline 2s & N_A \end{array} \Rightarrow N_A = 150$$

$$B: \begin{array}{c|c} 1s & 50/25 \\ \hline 2s & N_B \end{array} \Rightarrow N_B = 112.5 \text{ نوسان}$$

$$N_A - N_B = 150 - 112.5 = 37.5$$

۴ اختلاف نوسان ها خواهد شد:

نمای ۱۹

$$\lambda = \frac{v}{f} \xrightarrow{v = 3 \times 10^8 m/s, f = 2 \times 10^6 Hz} \lambda = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^6} \Rightarrow \lambda = 150m$$

با توجه به نمودار فاصله O تا O' برابر $\frac{\lambda}{2}$ است از این رو:

$$OO' = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow OO' = \frac{150}{2} \Rightarrow OO' = 75m$$

بنابراین گزینه (۲) درست و گزینه (۳) نادرست است.

نمای ۲۲

۱ ۱۷۹۹ B

۱۷ نکته

اختلاف تراز شدت دو صوت برابر لگاریتم نسبت شدت آن دو صوت می شود:

$$\beta_A - \beta_B = 10 \log \frac{I_A}{I_0} - 10 \log \frac{I_B}{I_0}$$

$$\xrightarrow{\log a - \log b = \log \frac{a}{b}} \Delta\beta = 10 \log \frac{I_A}{I_B} \Rightarrow \Delta\beta = 10 \log \frac{I_A}{I_B}$$

با توجه به نسبت خواسته شده، لازم است دو تراز شدت صوت داده شده را از هم کم

کنیم، تا لگاریتم $\frac{I_2}{I_1}$ را به دست آوریم:

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 \Rightarrow 10 \log \frac{I_2}{I_0} - 10 \log \frac{I_1}{I_0} = 92 - 28 = 64$$

$$\Rightarrow 10 \left(\log \frac{I_2}{I_0} \right) = 64 \Rightarrow \log \frac{I_2}{I_1} = 6/4$$

۱۸ نکته $\log 10^n$ برابر n است و $\log a - \log b$ برابر $\log \frac{a}{b}$ است.

می توان عدد $6/4$ به دست آمده را به صورت $7 - 2(0/3)$ نوشت و به جای 10^7 و به جای 10^3 از 10^2 استفاده کرد:

$$\log \frac{I_2}{I_1} = 7 - 2(0/3) \Rightarrow \log \frac{I_2}{I_1} = \log 10^7 - 2 \log 10^2$$

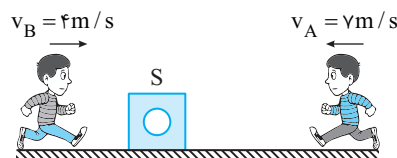
$$\Rightarrow \log \frac{I_2}{I_1} = \log \frac{10^7}{10^4} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 10^3/10^1 = 10^2 = 100$$

نمای ۲۶

۲ ۱۷۹۹ B

۱۸

چشمه ساکن است و هر گاه چشمه ساکن باشد، فاصله جبهه های موج منتشر شده در محیط تغییر نمی کند و طول موج ثابت است بنابراین $\lambda_A > \lambda_B$ مقایسه نادرستی است.



تندی حرکت ناظر A از تندی حرکت ناظر B بیشتر است و در مدت ۱s، تعداد جبهه های موجی که دریافت می کند بیشتر بوده بنابراین بسامد دریافتی توسط ناظر A از بسامد دریافتی توسط ناظر B بیشتر است و مقایسه $f_A > f_B$ درست است.

ناظر A در لحظه نشان داده شده در فاصله دورتری از چشمه قرار دارد و شدت صوت دریافتی ناظر A از شدت صوت دریافتی ناظر B کمتر است و مقایسه $I_A > I_B$ نادرست است.

نمای ۲۷

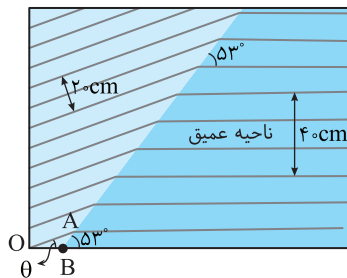
فصل چهارم

برهم کنش های موج



۱۹۷۶ C

۳ یادآوری فاصله دو جبهه موج متوالی برابر یک طول موج (λ) است.



۱ طول موج در ناحیه عمیق برابر است با: $3\lambda_1 = 40 \Rightarrow \lambda_1 = \frac{40}{3} \text{ cm}$

۲ طول موج در ناحیه کم عمق تر: $2\lambda_2 = 20 \Rightarrow \lambda_2 = 10 \text{ cm}$

۳ زاویه ای که جبهه موج با مرز دو محیط می سازد برابر زاویه بین پرتو و خط عمود است. بنابراین زاویه تابش $\theta_1 = 53^\circ$ است.

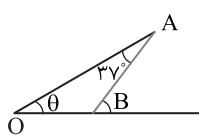
۴ بسامد موج از یک محیط به محیط دیگر ثابت است. در این صورت طول موج با تندی انتشار موج در محیط نسبت مستقیم دارد.

$$\begin{cases} v_1 = f\lambda_1 \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{10}{\frac{40}{3}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{3}{4} \\ v_2 = f\lambda_2 \end{cases}$$

۵ با توجه به قانون شکست عمومی می توان نوشت:

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} \Rightarrow \frac{\sin \theta_2}{\sin 53^\circ} = \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{\sin \theta_2}{\frac{4}{5}} = \frac{3}{4} \Rightarrow \sin \theta_2 = \frac{3}{5} \Rightarrow \theta_2 = 37^\circ$$

۶ بنابراین زاویه بین جبهه موج شکست و مرز محیط 37° است.



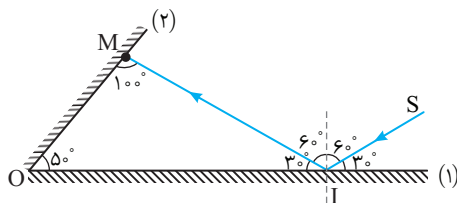
۷ در مثلث OAB زاویه 53° زاویه خارجی مثلث است و برابر مجموع دو زاویه داخلی غیر مجاور با آن است. $\theta + \theta_2 = 53^\circ \Rightarrow \theta + 37^\circ = 53^\circ \Rightarrow \theta = 16^\circ$ است.

نمای ۱۰

۱۹۷۶ B

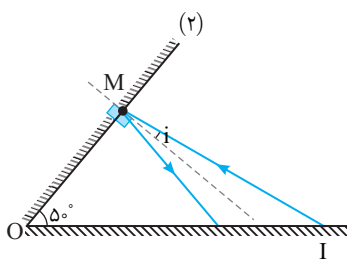
۱ زاویه تابش به آینه (۱) برابر $90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$ است.

۲ در شکل (الف) زاویه ای که پرتو با سطح آینه (۲) می سازد، یعنی زاویه M برابر خواهد شد با: $\Delta OMI \Rightarrow \hat{M} + 30^\circ + 50^\circ = 180^\circ \Rightarrow \hat{M} = 100^\circ$



شکل (الف)

۳ در شکل (ب) خط عمود بر آینه (۲) را رسم کرده ایم تا زاویه ای که پرتو بازتاب از آینه (۲) با سطح آینه می سازد را بیابیم. زاویه $\hat{i}$ روی شکل برابر است با: $\hat{i} = 100^\circ - 90^\circ = 10^\circ$



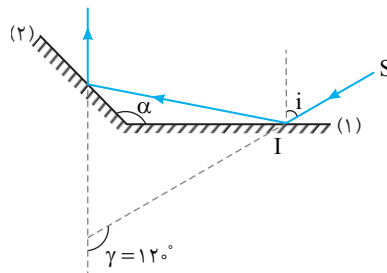
شکل (ب)

بنابراین زاویه بازتاب از آینه (۲) نیز 10° است و این پرتو با سطح آینه (۲) زاویه $80^\circ - 10^\circ = 70^\circ$ می سازد.

پنجره ۱ روبه روی ۲

۱۹۷۶ B

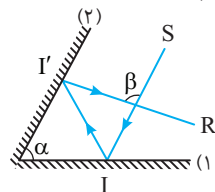
نکته در این گونه بازتاب از سطح آینه های متقاطع (پیدا کردن زاویه بین پرتو تابش به آینه (۱) و بازتاب از آینه (۲)) زاویه انحراف پرتو برابر 2α برای $\alpha < 90^\circ$ و $2\alpha - 360^\circ$ برای $\alpha > 90^\circ$ است که به مقدار i بستگی ندارد.



نمای ۵

بازی با سوال مطابق شکل روبه رو پرتو SI پس از بازتابش از آینه های تخت در مسیر I'R بازتاب می شود. اندازه زاویه β چند برابر زاویه α است؟

ریاضی - ۹۲



۱ (۱)

۲ (۲)

۳ (۳)

۴ بستگی به زاویه تابش آینه (۱) دارد.

پاسخ β زاویه خارجی است:

$$\beta = \alpha + \alpha = 2\alpha \quad (1)$$

از طرفی داریم:

$$\alpha + 90^\circ - i' + 90^\circ - i = 180^\circ \Rightarrow \alpha = i' + i \quad (2)$$

با توجه به رابطه (۱) و (۲) خواهیم داشت:

$$\beta = 2\alpha$$

گزینه ۲

۱۹۷۶ B

۲ برای آنکه گوش بتواند صدای دو پژواک را از هم تشخیص دهد باید اختلاف زمانی رسیدن دو پژواک به گوش $\geq 0.1 \text{ s}$ باشد. زمان رفت و برگشت پژواک شماره (۱) برابر است با:

$$2x_1 = vt_1 \Rightarrow t_1 = \frac{2x_1}{v}$$

زمان رفت و برگشت پژواک شماره (۲) خواهد شد:

$$2x_2 = vt_2 \Rightarrow t_2 = \frac{2x_2}{v}$$

اختلاف این دو زمان باید بزرگتر، مساوی 0.1 s باشد.

$$t_1 - t_2 = \frac{2x_1}{v} - \frac{2x_2}{v} \geq 0.1 \Rightarrow \frac{2(x_1 - x_2)}{330} \geq 0.1 \Rightarrow x_1 - x_2 \geq 16.5 \text{ m}$$

باید اختلاف x_1 و x_2 16.5 m باشد و از طرفی نباید هیچ یک از فاصله ها کمتر از 16.5 m باشد (تا شخص بتواند پژواک صوت را تشخیص دهد) که تنها در گزینه (۳) چنین است.

نمای ۳

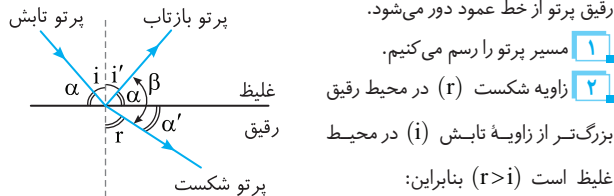
نمای ۵

پنجره ۲ روبه روی ۳

۲۰۴۵ A

خط فکری

رقيق پرتو از خط عمود دور می‌شود. مسیر پرتو را رسم می‌کنیم.



$$\alpha + i = 90^\circ, \alpha' + r = 90^\circ \xrightarrow{r > i} \alpha' < \alpha$$

زاویه بین پرتو شکست و پرتو بازتاب (B) خواهد شد:

$$\beta = \alpha + \alpha' \xrightarrow{\alpha' < \alpha} \beta < 2\alpha$$

نمای ۱۰

۲۰۴۵ A

با توجه به قانون اسنل داریم:

$$\frac{n_r}{n_i} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \Rightarrow \frac{n_r}{n_i} = \frac{\sin 37^\circ}{\sin 53^\circ} = 1$$

$$\xrightarrow{n_i = 1} \frac{1}{n_1} = \frac{6}{10} \Rightarrow n_1 = \frac{10}{6}$$

طول موج‌ها در دو محیط با ضریب شکست رابطه عکس دارند:

$$\frac{\lambda_{\text{خلاف}}}{\lambda_{\text{شفاف}}} = \frac{n_{\text{خلاف}}}{n_{\text{شفاف}}} = \frac{6}{10} \Rightarrow \lambda_{\text{خلاف}} = \frac{6}{10} \lambda_{\text{شفاف}}$$

طول موج در خلأ را با توجه به سرعت نور در خلأ به دست می‌آوریم:

$$\lambda_{\text{خلاف}} = cT = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}} \Rightarrow \lambda_{\text{خلاف}} = \frac{T}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$$

$$\lambda_{\text{شفاف}} = \frac{6}{10} \times \frac{T}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}} = \frac{3T}{5\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$$

نمای ۸

۲۰۴۵ B

به شکل انتهایی پاسخ توجه کنید:

زاویه تابش را به کمک اعداد روی نمودار حساب می‌کنیم.

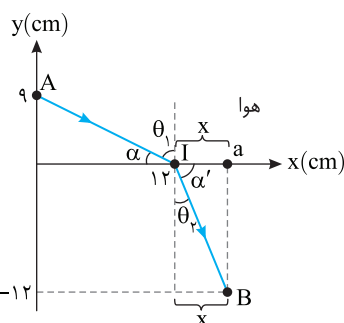
$$\tan \alpha = \frac{9}{12} = \frac{3}{4} \Rightarrow \alpha = 37^\circ, \theta_1 = 90^\circ - \alpha = 53^\circ$$

زاویه شکست را به کمک قانون اسنل به دست می‌آوریم:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{\sin 53^\circ}{\sin \theta_2} \Rightarrow \sin \theta_2 = \frac{3}{4} \Rightarrow \theta_2 = 37^\circ$$

با توجه به شکل طول x و a را به دست می‌آوریم:

$$\tan \theta_2 = \frac{x}{12} \Rightarrow \tan 37^\circ = \frac{x}{12} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{x}{12} \Rightarrow x = 9 \text{ cm} \Rightarrow a = 12 + 9 = 21 \text{ cm}$$



نمای ۱۰

۱ بسامد موج از یک محیط به محیط دیگر ثابت می‌ماند از این رو:

$$\left\{ \begin{aligned} v_1 &= f\lambda_1 \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{450}{600} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{3}{4} \\ v_2 &= f\lambda_2 \end{aligned} \right.$$

۲ بنا به قانون شکست عمومی خواهیم داشت:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{3}{4} \quad (I)$$

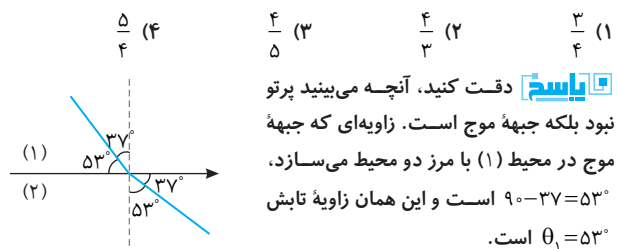
۳ زاویه α و β متمم هستند ($\alpha + \beta = 90^\circ$) بنابراین:

$$\sin \beta = \cos(90^\circ - \beta) \Rightarrow \sin \beta = \cos \alpha$$

$$\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{3}{4} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{4}{3} \Rightarrow \alpha = 53^\circ$$

نمای ۹ و ۱۰

۱ بازی با سوال شکل روبه‌رو جبهه موجی را نشان می‌دهد که از محیط (۱) در حال وارد شدن به محیط (۲) است. تندی موج در محیط (۱) چند برابر تندی موج در محیط (۲) است؟ ($\sin 37^\circ = 0.6, \sin 53^\circ = 0.4$)



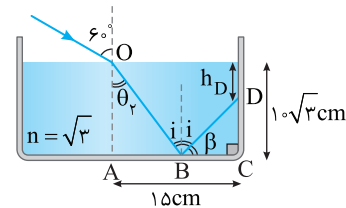
زاویه بین جبهه موج در محیط (۲) با مرز دو محیط $90^\circ - 53^\circ = 37^\circ$ است یعنی زاویه شکست در محیط (۲) برابر $\theta_2 = 37^\circ$ است.

بنا به قانون شکست عمومی:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{\sin 53^\circ}{\sin 37^\circ} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{0.4}{0.6} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{2}{3}$$

۲ گزینه

۱۹۷۶ C



۱ ابتدا زاویه شکست را به کمک قانون اسنل به دست می‌آوریم.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow 1 \times \sin 60^\circ = \sqrt{3} \sin \theta_2$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} \sin \theta_2 \Rightarrow \sin \theta_2 = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta_2 = 30^\circ$$

۲ بنا به خاصیت موازی مورب زاویه تابش i با θ_2 برابر است، از این رو:

۳ فاصله AB را به دست می‌آوریم.

$$\tan \theta_2 = \frac{AB}{OA} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{AB}{10\sqrt{3}} \Rightarrow AB = 10 \text{ cm}$$

۴ فاصله BC خواهد شد:

۵ فاصله DC را به دست می‌آوریم:

$$i = 30^\circ \Rightarrow \beta = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

$$\Delta BCD: \tan \beta = \frac{DC}{BC} \Rightarrow \sqrt{3} = \frac{DC}{5} \Rightarrow DC = 5\sqrt{3} \text{ cm}$$

۶ عمق نقطه D برابر است با:

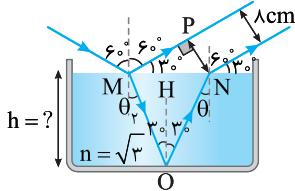
نمای ۱۰



۲. با توجه به خاصیت موازی - مورب زاویه تابش بر سطح آینه $i = 30^\circ$ و بازتاب آن نیز 30° خواهد بود.

۳. زاویه تابش بر مرز دو محیط (θ) نیز بنا به خاصیت موازی - مورب برابر 30° می‌شود. بنابراین پرتو با زاویه 60° وارد هوا می‌شود.

۴. دوباره شکل را برای شما رسم می‌کنیم و تمام زوایا را روی آن می‌نویسیم.



۵. مثلث MPN قائم‌الزاویه است و ضلع PN برابر 8 cm است. بنابراین طول وتر آن یعنی MN خواهد شد: $\sin 30^\circ = \frac{PN}{MN} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{8}{MN} \Rightarrow MN = 16\text{ cm}$

۶. در مثلث MHO طول MH برابر است با: $MH = \frac{MN}{2} = \frac{16}{2} = 8\text{ cm}$

۷. ضخامت تیغه خواهد شد:

$$\triangle OMH: \tan 30^\circ = \frac{MH}{h} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{8}{h} \Rightarrow h = \frac{24}{\sqrt{3}} \Rightarrow h = 8\sqrt{3}\text{ cm}$$

نمای ۱۰

۳۲۰۴۵ C

۱. طول موج‌های سیگنال‌های تلویزیونی دیجیتال بسیار کمتر از طول موج سیگنال‌های تلویزیونی قدیمی است.

۲. هرگاه اندازه ابعاد مانع در مقایسه با طول موج، بزرگ باشد ناحیه سایه واضحی تشکیل می‌شود و هر چه مانع در مقایسه با طول موج کوچک‌تر باشد اندازه ناحیه سایه کوچک‌تر می‌شود تا اینکه عملاً سایه ناپدید گردد. بنابراین برای مانعی با ابعاد مشخص، هر چه طول موج تابیده کوچک‌تر باشد عملاً به این معنی است که اندازه مانع در مقایسه با طول موج بزرگ‌تر می‌شود و به عبارتی ناحیه سایه بزرگ‌تر می‌شود. پس برای سیگنال‌های تلویزیونی دیجیتال که طول موج آن‌ها بسیار کمتر از طول موج سیگنال‌های تلویزیونی قدیمی است، ناحیه سایه بزرگ‌تر است و به عبارتی دور زدن موج در اطراف مانع دشوارتر خواهد بود.

نمای ۱۳

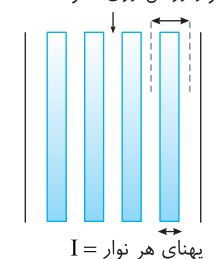
۱۲۰۴۵ B

۹. این مسئله، یک مسئله ترکیبی از پدیده دوپلر و تداخل است. از این رو با حرکت بلندگو، بنا به پدیده دوپلر، طول موج در جلوی و دبلندگو کوتاه‌تر می‌شود. فاصله L و S مجاور هم با طول موج نسبت مستقیم دارد، بنابراین فاصله آن‌ها کم می‌شود.

نمای ۱۶

۳۲۰۴۵ B

۱۰. با توجه به شکل روبه‌رو فاصله دو نوار



روشن متوالی، دو برابر پهنای یک نوار است. بنا به فرض مسئله: $2I = 0.6 \Rightarrow I = 0.3\text{ mm}$

۲. فاصله وسط نوار روشن nm تا عمودمنصف، $2n$ برابر پهنای هر نوار است، از این رو:

$$x = 2nI \xrightarrow{n=5} x = 2 \times 5 \times 0.3$$

$$\Rightarrow x = 3\text{ mm}$$

۳. فاصله وسط نوار تاریک nm تا عمودمنصف، $(2m-1)$ برابر پهنای هر نوار است، بنابراین:

$$x' = (2m-1)I \xrightarrow{m=3} x' = (2 \times 3 - 1)I \Rightarrow x' = 5I \Rightarrow x' = 5 \times 0.3 = 1.5\text{ mm}$$

۴. بنابراین فاصله وسط نوار پنجم روشن در یک سمت عمودمنصف تا وسط نوار تاریک سوم در سمت دیگر برابر است.

$$x + x' = 3 + 1.5 = 4.5\text{ mm}$$

نمای ۱۶

۳۲۰۴۵ B

۴. یادآوری زاویه بین جبهه‌های موج و مرز دو محیط برابر زاویه بین راستای انتشار پرتو و خط عمود بر مرز دو محیط است.

۱. با توجه به شکل، زاویه بین جبهه‌های شکست با مرز دو محیط 45° است. از این رو زاویه شکست $\theta_p = 45^\circ$ است.

۲. زاویه بین جبهه‌های تابش و مرز دو محیط 60° است، بنابراین زاویه تابش نیز 60° است.

۳. با توجه به قانون شکست عمومی خواهیم داشت:

$$\frac{v_p}{v_1} = \frac{\sin \theta_p}{\sin \theta_1} \Rightarrow \frac{v_p}{v_1} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 60^\circ} = \frac{v_p}{\frac{\sqrt{3}}{2}} \Rightarrow \frac{v_p}{v_1} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \Rightarrow \frac{v_p}{v_1} = \sqrt{\frac{2}{3}}$$

نمای ۱۰

۱۲۰۴۵ A

۱. در گذر موج از یک محیط به محیط دیگر دوره و بسامد موج که از ویژگی‌های چشمه است ثابت می‌ماند. اما سرعت انتشار موج که به ویژگی‌های فیزیکی محیط بستگی دارد، تغییر می‌کند، در نتیجه طول موج نیز تغییر خواهد کرد.

$$\begin{cases} v_1 = f\lambda_1 \\ v_p = f\lambda_p \end{cases} \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_p} = \frac{v_1}{v_p} \quad (I)$$

۲. دو طناب از یک ماده ساخته شده‌اند، بنابراین چگالی آن‌ها با هم برابر است $(\rho_1 = \rho_p)$.

۳. دو طناب در یک نقطه به هم گره خورده و نیروی کشش در طول دو طناب یکسان $F_1 = F_p$ است.

۴. نسبت تندی انتشار موج در دو طناب خواهد شد:

$$\frac{v_1}{v_p} = \frac{\frac{2}{D_1} \sqrt{\frac{F}{\pi \rho}}}{\frac{2}{D_p} \sqrt{\frac{F}{\pi \rho}}} \Rightarrow \frac{v_1}{v_p} = \frac{D_p}{D_1} \quad (II)$$

۵. با توجه به رابطه (I) و (II) خواهیم داشت:

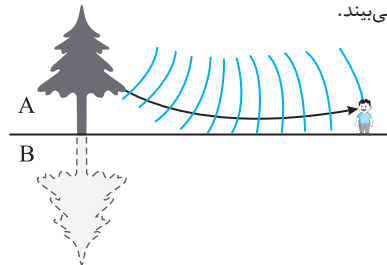
$$\frac{\lambda_1}{\lambda_p} = \frac{D_p}{D_1} \quad \lambda_1 = 7\text{ cm}, D_1 = 3D_p \Rightarrow \frac{\lambda_p}{\lambda_1} = \frac{D_1}{D_p} \Rightarrow \frac{\lambda_p}{7} = \frac{3}{1} \Rightarrow \lambda_p = 21\text{ cm}$$

نمای ۶

میانبر استفاده مستقیم از رابطه $\frac{\lambda_1}{\lambda_p} = \frac{D_p}{D_1}$

۳۲۰۴۵ B

۶. شخص به طور مستقیم درخت را در ناحیه A می‌بیند و در اثر سراب تصویر درخت را نیز در ناحیه B می‌بیند.



نمای ۱۲

۳۲۰۴۵ C

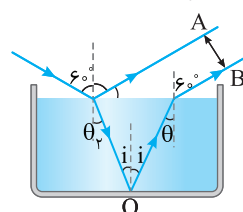
۷. به کمک قانون اسنل زاویه شکست را به دست می‌آوریم.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_p \sin \theta_p$$

$$\Rightarrow 1 \times \sin 60^\circ = \sqrt{3} \sin \theta_p$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} \sin \theta_p$$

$$\Rightarrow \sin \theta_p = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta_p = 30^\circ$$



$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \frac{\lambda'}{f'} = \frac{f}{f'} \Rightarrow \frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{f}{f'} \Rightarrow \frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{1}{1/2} = 2 \Rightarrow \lambda' = 2\lambda = \frac{5}{6} \lambda_{\text{هو}} \quad (I)$$

۲. از طرفی طول موج در هوا نسبت به طول موج در آب خواهد شد:

$$\lambda_{\text{آب}} = \frac{\lambda_{\text{هو}}}{n} \Rightarrow \lambda_{\text{هو}} = n \lambda_{\text{آب}} \Rightarrow \lambda_{\text{هو}} = \frac{4}{3} \lambda_{\text{آب}} \quad (II)$$

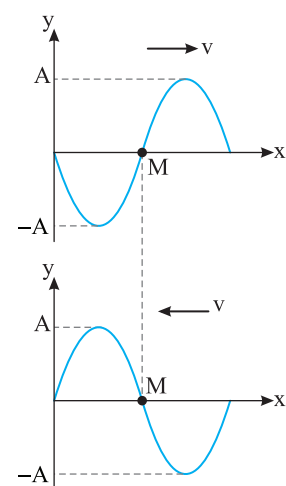
۳. طول موج بعد از این د و تغییر برابر است با:

$$(I) \text{ و } (II) \Rightarrow \lambda_{\text{هو}}' = \frac{5}{6} \times \frac{4}{3} \lambda_{\text{آب}} \Rightarrow \lambda_{\text{هو}}' = \frac{10}{9} \lambda_{\text{آب}}$$

۴. پهنای نوارهای تاریک روشن در حالت جدید نسبت به حالت اولیه حساب می‌کنیم: (I) پهنای نوارهای تاریک و روشن است.

$$\frac{I_{\text{هو}}'}{I_{\text{آب}}} = \frac{\lambda_{\text{هو}}'}{\lambda_{\text{آب}}} \Rightarrow \frac{I_{\text{هو}}'}{I_{\text{آب}}} = \frac{\frac{10}{9} \lambda_{\text{آب}}}{\lambda_{\text{آب}}} = \frac{10}{9}$$

نمای ۱۶



۱. به شکل‌ها با دقت نگاه کنید در لحظه نشان داده شده موج A که به راست می‌رود می‌خواهد نقطه M را پایین ببرد و همزمان موج B که به چپ می‌رود می‌خواهد نقطه M را پایین ببرد یعنی دو موج باهم نقطه M را بالا و پایین می‌برند بنابراین نقطه M شکم بوده و دامنه آن بیشینه و برابر $A_m = 2A$

۲. نقطه M دارای حرکت هماهنگ ساده با دامنه $2A$ است نسبت مکان $\sqrt{2}A$ را به دامنه به دست می‌آوریم.
 $\frac{x}{A} = \frac{\sqrt{2}A}{2A} \Rightarrow \frac{x}{A} = \frac{\sqrt{2}}{2}$

نقطه M در حالت تعادل خود قرار دارد و با توجه به بازه‌های زمانی شناخته شده در حرکت هماهنگ ساده، نقطه M در مدت $\frac{T}{8}$ به $\frac{\sqrt{2}}{2}$ دامنه می‌رسد. نمای ۱۷

۷. با افزایش شماره هماهنگ بسامد صوت حاصل افزایش یافته ($f_n = n f_1$) و طول موجی موج منتشر شده در محیط کاهش می‌یابد.

$$(\downarrow \lambda = \frac{v}{f \uparrow})$$

یادآوری: فاصله بین مکان‌های صدا بالا (L) و صدای ضعیف (S) با طول موج صوت نسبت مستقیم دارد.

با کاهش طول موج، فاصله L و مجاور هم کاهش می‌یابد. نمای ۲۰

۸. یادآوری: هر گاه بسامدهای متوالی یک تار مرتعش را از هم کمک کنیم بسامد صوت اصلی به دست می‌آید.

۱. بسامد اصلی را حساب می‌کنیم:

$$f_1 = 390 - 325 \Rightarrow f_1 = 65 \text{ Hz}$$

۲. بسامد مدهای این تار به ترتیب خواهد شد:

$$f_1 = 65 \text{ Hz}, f_2 = 130 \text{ Hz}, f_3 = 195 \text{ Hz}, f_4 = 260 \text{ Hz}$$

بنابراین بسامد تشدید بعد از ۱۹۵ Hz، برابر ۲۷۰ Hz است. نمای ۱۸

۹. نکته: با توجه به رابطه بسامدهای تشدید برای یک طناب دوسریسته ($f_n = \frac{nv}{2\ell}$) تفاضل دو بسامد تشدید متوالی برابر بسامد تشدید اصلی است:

$$f_1 = f_{n+1} - f_n$$

پنجره ۳ روبه‌روی ۴

۱. بسامد، دوره و بسامد زاویه‌ای به چشمه بستگی دارد پس این ویژگی‌ها در نقاط A و B یکسان می‌باشد و گزاره (الف) درست است. چون دوره‌ها یکسان است بنابراین نقاط A و B هم‌زمان به نقاط بازگشت خود می‌رسند و گزاره (ب) درست است. دامنه نقاط A و B یکسان نیست و $A_B < A_A$ می‌باشد و گزاره (ت) نادرست است. از طرفی:

$$A_A \omega > A_B \omega \Rightarrow v_{\text{max}, A} > v_{\text{max}, B}$$

$$A_A \omega^2 > A_B \omega^2 \Rightarrow a_{\text{max}, A} > a_{\text{max}, B}$$

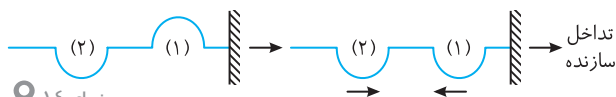
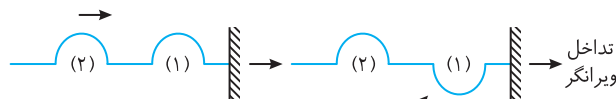
بنابراین گزاره (ب) و (ث) نیز نادرست هستند. نمای ۱۷

۲. فاصله دو گره متوالی از هم برابر $\frac{\lambda}{2}$ است. طول موج را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\lambda}{2} = 20 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 40 \text{ cm} \xrightarrow{v = f\lambda} v = 20 \times 10 / 4 = 5 \text{ m/s}$$

تندی پیشروی موج در یک محیط مقدار ثابتی است. موج تابیده در جهت محور Xها در حال پیشروی بوده و سرعت آن ۵ m/s و موج بازتابیده در خلاف جهت محور Xها در حال پیشروی است و سرعت آن -۵ m/s است. نمای ۱۷

۳. خط‌نکته: باید بازتاب تپ اول در هر شکل را رسم کنید تا بتوانید در مورد هر هم‌نهی آن‌ها اظهار نظر کنید. البته باید خاطرتان باشد که تپ بازتاب از انتهای ثابت وارونگی دارد.



نمای ۱۴

۴. ابتدا باید بررسی کنیم که پهنای شکاف در حدود طول موج است یا نه؟ تا مشخص شود که پراش اتفاق می‌افتد.

طول موج را حساب می‌کنیم

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{320 \text{ m/s}}{800 \text{ Hz}} = 0.4 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

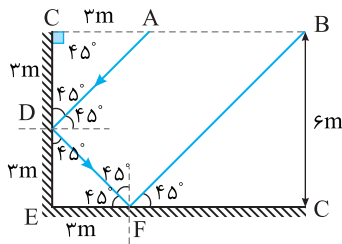
پهنای شکافت ۶۰ cm و ۱/۵ برابر طول موج است بنابراین پراش به وضوح اتفاق می‌افتد. با افزایش دمای هوای محیط، تندی انتشار موج و در نتیجه طول موج افزایش می‌یابد ($\uparrow \lambda = \frac{v \uparrow}{f \text{ ثابت}}$) و با افزایش طول موج، بر اثر بارزتری رخ می‌دهد و مسافتی که موج به

آن می‌رسد گسترده‌تر می‌شود و مساحتی که موج در پشت شکاف به آن می‌رسد افزایش می‌یابد با کاهش بسامد چشمه، طول موج افزایش می‌یابد ($\uparrow \lambda = \frac{v \text{ ثابت}}{f \downarrow}$) و گسترده‌ی موج در پشت شکاف افزایش می‌یابد.

نمای ۱۳

۵. خط‌نکته: پهنای نوارها (فریزها) با طول موج نور به کار رفته در آزمایش یانگ متناسب است بنابراین باید تغییر طول موج را بررسی کنیم.

۱. بسامد نور ۲۰٪ افزایش یافته، بنابراین طول موج آن خواهد شد:



۲ طول ضلع $CE = 6m$ است. بنابراین طول ضلع DE برابر $3m$ است.

۳ مثلث DEF متساوی الساقین است. بنابراین طول ضلع EF نیز برابر $3m$ است.

۴ پرتو DF با زاویه تابش 45° به آینه (۲) می‌تابد. بنابراین زاویه بین پرتو FB با آینه

نیز 45° است و مثلث BFG متساوی الساقین بوده و طول ضلع FG برابر $6m$ است.

۵ طول مسیر حرکت پرتو را حساب می‌کنیم.

$$AD = \sqrt{AC^2 + CD^2} = \sqrt{3^2 + 3^2} \Rightarrow AD = 3\sqrt{2}m$$

$$DF = \sqrt{DE^2 + EF^2} = \sqrt{3^2 + 3^2} \Rightarrow DF = 3\sqrt{2}m$$

$$BF = \sqrt{(FG)^2 + (BG)^2} = \sqrt{6^2 + 6^2} \Rightarrow BF = 6\sqrt{2}m$$

۶ مسافت طی شده را به دست می‌آوریم.

$$\ell = AD + DF + FB \Rightarrow \ell = 3\sqrt{2} + 3\sqrt{2} + 6\sqrt{2} \Rightarrow \ell = 12\sqrt{2}m$$

۷ زمان سپری شده را به دست می‌آوریم.

$$v = \frac{\ell}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\ell}{v} \Rightarrow \Delta t = \frac{12\sqrt{2}}{3 \times 10^8} \Rightarrow \Delta t = 4\sqrt{2} \times 10^{-8}s \Rightarrow \Delta t = 40\sqrt{2}ns$$

نمای ۵

نمای ۱۸

خط فکری با توجه به نکته فوق ابتدا بسامد اصلی را به دست آورده و سپس با

تقسیم بسامد داده شده بر آن، شماره هماهنگ بسامد مربوطه را محاسبه می‌کنیم. در نهایت بسامد بعدی با اضافه کردن ۱ واحد به عدد به دست آمده و ضرب آن در بسامد اصلی حاصل می‌شود.

بسامد تشدید اصلی (مد اصلی، هماهنگ اول) برابر است با: $f = 500 - 375 = 125Hz$

بنابراین شماره هماهنگ بسامد $750Hz$ را به دست می‌آوریم: $n = \frac{750Hz}{125Hz} = 6$

در نهایت بسامد بعدی $(6+1) \times 125Hz = 875Hz$ می‌شود.

میانبر پس از آنکه مطمئن شدیم که $750Hz$ یکی از مدهای نوسان است

(حاصل تقسیم آن بر بسامد اصلی عددی صحیح شد) می‌توان یک بسامد اصلی به آن

اضافه کرد و بسامد تشدید بعدی را به دست آورد: $750Hz + 125Hz = 875Hz$

نمای ۱۸

۲۲۲۴

یادآوری در امواج ایستاده فاصله دو شکم یا گره متوالی $\frac{\lambda}{2}$ است.

۱ با توجه به رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ ، طول موج را حساب می‌کنیم:

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{160}{400} \Rightarrow \lambda = 0.4m = 40cm$$

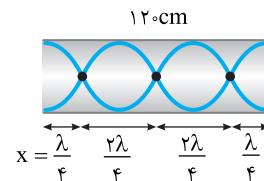
۲ اکنون فاصله دو گره متوالی را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\lambda}{2} = 20cm$$

نمای ۱۸

$$\ell = 2n \frac{\lambda}{4} \Rightarrow 120 = 2 \times 3 \times \frac{\lambda}{4} \Rightarrow \lambda = 80cm$$

حال x را به دست می‌آوریم: $x = \frac{\lambda}{4} = \frac{80}{4} = 20cm$



نمای ۲۱

بازی با سوال در یک لوله صوتی با دو انتهای باز، در هنگام تولید صوت

۳ گره ایجاد شده است. اگر فاصله یک گره از شکم بعدی $5cm$ باشد، طول

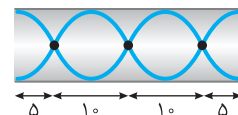
لوله چند cm است؟

از کتاب درسی

۱۵ (۱) ۲۰ (۲) ۳۰ (۳) ۴۰ (۴)

پاسخ شکل موج را درون لوله رسم می‌کنیم. می‌دانیم فاصله هر گره از شکم

مجاورش $\frac{\lambda}{4}$ است اکنون این فاصله را می‌شماریم. $\ell = 5 + 10 + 10 + 5 = 30cm$



گزینۀ ۳

۲۲۲۴

۱ به شکل رسم شده خوب دقت کنید بنا به فرض مسئله زاویه تابش پرتو AD ، 45° است.

بنابراین مثلث ACD یک مثلث قائم الزاویه متساوی الساقین است و ضلع CD برابر $3m$ است.

فصل پنجم

آشنایی با فیزیک اتمی



نمای ۳

بازی با سوال: کمینه انرژی لازم برای جدا کردن الکترون از یک فلز ۲eV است. اگر پرتویی با طول موج ۲۷۰ نانومتر بر آن بتابانیم، بیشینه انرژی جنبشی این فوتوالکترون‌ها هنگام جدا شدن از فلز چند eV است؟

مشابه تجربی - ۹۵

$$(h=4/14 \times 10^{-15} \text{ eVs}, c=3 \times 10^8 \text{ m/s})$$

$$1/4 \quad (1) \quad 2/6 \quad (2) \quad 3/4 \quad (3) \quad 4/6 \quad (4)$$

پاسخ: انرژی فوتون‌های پرتو نور را به دست می‌آوریم:

$$E = h \frac{c}{\lambda} = \frac{4/14 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{270 \times 10^{-9}} \Rightarrow E = 4/6 \text{ eV}$$

بنابه نظریه اینشتین از این مقدار انرژی فوتون، ۲eV صرف جدا شدن الکترون شده و بقیه به انرژی جنبشی الکترون تبدیل می‌شود.

گزینه ۲

C ۱ ۲۲۷۳

هرگاه فوتونی با انرژی hf با الکترون سطح فلز بر هم کنش کند، مقداری از انرژی صرف جدا شدن الکترون می‌شود و مابقی به الکترون انرژی جنبشی می‌دهد. اگر انرژی لازم برای جدا کردن الکترون را با E نشان دهیم، آن گاه خواهیم داشت:

$$\begin{cases} (1) K = hf - E \\ (2) K' = mhf - E \end{cases} \xrightarrow{\text{فرض مسأله } K'=4K} 4K = mhf - E$$

حال با جای گذاری K از معادله (۱) در معادله (۲) داریم:

$$4hf - 4E = mhf - E \Rightarrow 4hf - 3E = mhf \Rightarrow m = \frac{4hf}{hf} - 3 \frac{E}{hf} \Rightarrow m = 4 - 3 \frac{E}{hf}$$

بنابراین از عدد ۴، مقدار ۳ $\frac{E}{hf}$ کم می‌شود و m به دست می‌آید، یعنی $m < 4$ است.

نمای ۳

B ۱ ۲۲۷۳

خط فکری: ابتدا انرژی فوتون فرودی بر فلز را به دست بیاورید. سپس انرژی لازم برای جدا کردن الکترون از سطح فلز را از آن کم کنید تا انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها هنگام جدا شدن از فلز به دست آید. با داشتن انرژی جنبشی تندی الکترون‌ها را حساب کنید.

۱: انرژی فوتون را حساب می‌کنیم:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{h=4 \times 10^{-15} \text{ eVs}, \lambda=270 \times 10^{-9} \text{ m}}{\lambda} \Rightarrow E = 4 \times 10^{-15} \times \frac{3 \times 10^8}{270 \times 10^{-9}} = 6 \text{ eV}$$

۲: کمترین انرژی لازم برای جدا کردن الکترون ۴/۲eV بوده است از این‌رو انرژی جنبشی الکترون هنگام جدا شدن برابر است با:

$$K = 6 - 4/2 \Rightarrow K = 1/2 \text{ eV}$$

۳: انرژی جنبشی را بر حسب ژول می‌نویسیم:

$$K = 1/2 \text{ eV} \times \frac{1/6 \times 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 2/88 \times 10^{-19} \text{ J}$$

۴: تندی الکترون را حساب می‌کنیم:

$$K = \frac{1}{2} mv^2 \Rightarrow 2/88 \times 10^{-19} = \frac{1}{2} \times 9 \times 10^{-31} \times v^2 \Rightarrow v^2 = 0/64 \times 10^{-12} \Rightarrow v = 8 \times 10^5 \text{ m/s}$$

نمای ۳

A ۳ ۲۲۷۳

۶: با توجه به شکل، بسامد آستانه A از بسامد آستانه B کمتر است، بنابراین تابع کار فلز A ($W_0 = hf_0$) نیز از تابع کار فلز B کمتر است.

پنجره ۱ روبه‌روی ۲

B ۲ ۲۲۷۳

۱: با فرود نور بر فلز T پدیده فوتوالکتریک رخ داده و الکترون‌ها از سطح صفحه فلزی طرف T جدا شده و توسط جمع‌کننده C این الکترون‌ها در مدار شارش یافته‌اند و گالوانومتر عبور جریان را نشان داده است. با افزایش شدت نور، تعداد فوتون‌های نور (n) که به سطح فلز T برخورد می‌کند بیشتر شده ($E = nhf$) در نتیجه تعداد فوتوالکترون‌های جدا شده نیز بیشتر می‌شود و با توجه به اینکه آهنگ شارش بار الکتریکی را جریان گویند و جریان از رابطه $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ به دست می‌آید، با افزایش تعداد بار شارش‌شده جریان عبوری از مدار بیشتر می‌شود و گالوانومتر عدد بزرگتری را نشان می‌دهد.

نمای ۱ و ۳

A ۲ ۲۲۷۳

۲: همیشه یادمان باشد که افزایش شدت نور، انرژی فوتون‌های نور (hf) را افزایش نمی‌دهد، بلکه تنها تعداد فوتون‌های نور (n) را افزایش می‌دهد و در پدیده فوتوالکتریک اگر بسامد نور از بسامد آستانه فلز کمتر باشد و پدیده رخ ندهد، هرگز با افزایش شدت نور نمی‌توان اثر فوتوالکتریک را مشاهده کرد و گزینه (۱) نادرست است. اگر از فلزی که تابع کار کوچکتر دارد، استفاده کنیم ممکن است انرژی فوتون‌های فرودی بتوانند الکترون‌ها را از فلز جدا کنند، بنابراین گزینه (۲) درست است. احتمال رخ دادن بیشتر می‌شود. $hf > W_0$ با کاهش شرط رخ دادن پدیده زمان تابش نور تأخیری در اثر فوتوالکتریک ندارد یعنی اگر نور نتواند الکترون را از فلز جدا کند هر چه مدت تابش نور فرودی بر فلز را افزایش دهیم اتفاقی نخواهد افتاد و گزینه (۳) نادرست است.

با افزایش طول موج نور ($E = \frac{hc}{\lambda}$) انرژی فوتون‌ها کاهش می‌یابد و قطعاً نمی‌تواند الکترون را جدا کند بنابراین گزینه (۴) نادرست است.

نمای ۳

از کتاب درسی

بازی با سوال: کدام گزینه درست است؟

- (۱) با افزایش بسامد نور، قطعاً تعداد فوتوالکترون‌ها افزایش می‌یابد.
- (۲) با تاباندن نور با بسامد مناسب بر سطح فلز، الکترون به طور آبی گسیل می‌شود.
- (۳) با افزایش شدت نور، انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها افزایش می‌یابد.
- (۴) هر سه گزینه درست است.

پاسخ: هنگام تاباندن نور با بسامد مناسب ($f > f_0$) در پدیده فوتوالکتریک الکترون به طور آبی از فلز جدا می‌شود و گزینه (۲) درست است. افزایش بسامد نور بر تعداد فوتوالکترون‌ها تأخیری ندارد اما سبب افزایش انرژی جنبشی آن‌ها می‌شود، بنابراین گزینه‌های (۱) و (۳) نادرست‌اند.

B ۲ ۲۲۷۳

۳: خط فکری: انرژی لازم برای جدا شدن الکترون برابر ۱/۲eV است و اگر فوتون با انرژی بیشتر از ۱/۲eV به سطح فلز بتابد، انرژی جنبشی فوتوالکترون افزایش می‌یابد. هرچه طول موج پرتو نور (λ) کمتر باشد، انرژی فوتون $\frac{hc}{\lambda}$ بزرگ‌تر شده و انرژی جنبشی فوتوالکترون بیشتر می‌شود.

شما باید کوتاه‌ترین طول موج را انتخاب کرده و انرژی فوتون آن را حساب کنید. $E = \frac{hc}{\lambda}$

۱: در نور مرئی کمترین طول موج مربوط به نور بنفش $\lambda = 400 \text{ nm}$ است و انرژی فوتون آن خواهد شد:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{h=4 \times 10^{-15} \text{ eVs}, \lambda=400 \times 10^{-9} \text{ m}}{\lambda} \Rightarrow E = \frac{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{400 \times 10^{-9}} \Rightarrow E = 3 \text{ eV}$$

۲: انرژی لازم برای جدا کردن الکترون ۱/۲eV بوده است، بنابراین انرژی اضافی فوتون به انرژی جنبشی الکترون تبدیل می‌شود که مقدار آن برابر است با: $K = 3 - 1/2 = 1/2 \text{ eV}$

$$I = \frac{E}{A \cdot t_{\text{مردم}}} \Rightarrow \frac{A = \pi r^2}{r_{\text{مردم}} = 10^{-3} \text{ m}} \Rightarrow I = \frac{9 \times 10^{-18}}{\pi (10^{-3})^2} \Rightarrow I = \frac{9}{\pi} \times 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

۳ اکنون به کمک تعریف شدت نور، فاصله d را حساب می‌کنیم:

$$I = \frac{P_{\text{چشمه}}}{A} \Rightarrow I = \frac{P_{\text{چشمه}}}{4\pi d^2} \Rightarrow \frac{P_{\text{چشمه}} = 3600 \text{ W}}{4\pi d^2} \Rightarrow \frac{9}{\pi} \times 10^{-12} = \frac{3600}{4\pi d^2}$$

$$\Rightarrow d^2 = 10^4 \Rightarrow d = 10^2 \text{ m} = 10^4 \text{ km}$$

نمای ۲

پنجره ۲ روبه‌روی ۳

۴ ۲۳۳۶ A

۱ موفقیت‌های مدل اتمی بور:

- ۱ تبیین پایداری اتم
 - ۲ توجیه طیف گسیلی و جذبی گاز هیدروژن اتمی و اتم‌های هیدروژن گونه
 - ۳ محاسبه انرژی یونش اتم هیدروژن بر مبنای گسسته بودن ترازهای انرژی الکترون در اتم
 - نارسایی‌های مدل اتمی بور:
 - ۱ این مدل برای چرخش بیش از یک الکترون به دور هسته به کار نمی‌رود.
 - ۲ عدم توجیه متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی
- بنابراین با توجه به یادآوری بالا گزینه (۴) صحیح است.

نمای ۹

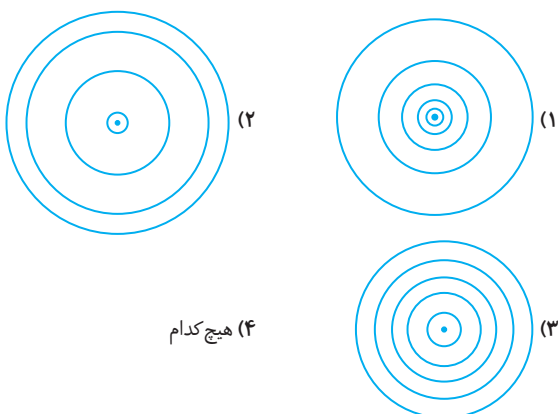
۲ ۲۳۳۶ A

۲ نکته: در مدل اتمی بور با افزایش شماره مدارها (ترازهای) اتم هیدروژن اختلاف انرژی ترازها کاهش می‌یابد.

اختلاف انرژی ترازها با افزایش n کاهش یافته و باید خطوط مدل‌سازی ترازهای انرژی به هم نزدیک‌تر رسم شوند و گزینه (۲) درست است.

نمای ۸

بازی با سؤال: بنا بر الگوی اتمی بور کدام شکل، مدارهای چرخشی الکترون به گرد هسته اتم هیدروژن را درست نمایش می‌دهد؟

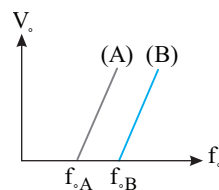


۴ پاسخ: در الگوی اتمی بور، با افزایش شماره مدار و دور شدن از هسته، فاصله مدارهای چرخشی الکترون به گرد هسته بیشتر می‌شود.

گزینه ۱

۲ ۲۳۳۶ B

۱ انرژی الکترون در تراز $n=4$ و $n'=2$ را بنا به مدل اتمی بور به دست می‌آوریم:



نمای ۵

۱ ۲۲۷۳ B

۷ اگر فوتونی با انرژی hf به الکترون بتابانیم قسمتی از انرژی صرف جدا کردن الکترون از سطح فلز و مابقی آن به صورت انرژی جنبشی در فوتوالکترون درمی‌آید در این‌جا انرژی لازم برای جدا شدن الکترون تغییر نکرده است از این رو وقتی بیان می‌شود که انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها 4eV افزایش یافته در واقع مفهوم آن این است که انرژی فوتون فرودی بر فلز 4eV افزایش یافته است:

$$hf' - hf = 4 \Rightarrow h(f' - f) = 4 \Rightarrow 4 \times 10^{-15} (f' - f) = 4 \Rightarrow f' - f = 10^{15}$$

نمای ۳

بنابراین بسامد نور فرودی 10^{15} هرتز افزایش می‌یابد.

۳ ۲۲۷۳ B

۸ دومین خط طیف اتمی هیدروژن در رشته براکت یعنی گذار الکترون از تراز $n=6$ به تراز $n'=4$. طول موج گسیلی را به کمک رابطه ریدبرگ به دست می‌آوریم:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{36} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \left(\frac{9-4}{144} \right) \Rightarrow \lambda = \frac{14400}{5} \Rightarrow \lambda = 2880 \text{ nm}$$

۲ دومین خط طیف اتمی هیدروژن در رشته بالمر ($n'=2$) یعنی گذار الکترون از تراز $n=4$ به تراز $n'=2$. طول موج گسیلی را حساب می‌کنیم:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{16} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \left(\frac{4-1}{16} \right) \Rightarrow \lambda = \frac{1600}{3} \text{ nm}$$

۳ اختلاف طول موج‌ها برابر است با:

$$\lambda - \lambda' = 2880 - \frac{1600}{3} \Rightarrow \Delta\lambda = \frac{8640 - 1600}{3} \Rightarrow \Delta\lambda = \frac{7040}{3} \text{ nm}$$

نمای ۶

۴ ۲۲۷۳ B

۹ در طیف اتم هیدروژن طول موج‌های رشته لیمان ($n'=1$) در ناحیه فرابنفش هستند. همچنین در رشته بالمر ($n'=2$) طول موج فرابنفش وجود دارد. بنابراین در طیف لیمان ($n'=1$) و در طیف بالمر ($n'=2$) ناحیه فرابنفش برای طول موج‌ها وجود دارد پس باید بلندترین طول موج رشته لیمان و بار دیگر بلندترین طول موج فرابنفش رشته بالمر را به دست آورده و با هم مقایسه کنیم تا خواسته سؤال به دست آید.

۱ بلندترین طول موج رشته لیمان مربوط به $n'=1$ و $n=2$ است:

$$\frac{1}{\lambda_1} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_1} = R \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{4} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_1} = \frac{3R}{4} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{4R}{3}$$

۲ بلندترین طول موج رشته بالمر مربوط به $n'=2$ و $n=7$ است چون به ازای $n=3, 4, 5, 6$ طول موج طیف بالمر در ناحیه مرئی خواهد بود:

$$\frac{1}{\lambda_2} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_2} = R \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{49} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_2} = \frac{45R}{196} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{196}{45} R$$

با توجه به اینکه $\frac{196}{45} R$ از $\frac{4}{3} R$ بزرگتر است، پس بلندترین طول موج فرابنفش به ازای

نمای ۶

$n'=2$ و $n=7$ است.

۴ ۲۲۷۳ C

۱۰ انرژی ۳ فوتون با طول موج 660 nm را به دست می‌آوریم.

$$E = \frac{nhc}{\lambda} \Rightarrow E = 3 \times \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{660 \times 10^{-9}} \Rightarrow E = 9 \times 10^{-18} \text{ J}$$

۲ شدت نور در محل مردمک را حساب می‌کنیم:

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{9R}{144} \Rightarrow \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{175}{81}$$

نمای ۶

۲ ۲۳۳۶ B

خط فکری در رشته پاشن ($n'=3$) اولین طیف اتمی هیدروژن $n=4$ ، دومین طیف اتمی هیدروژن $n=5$ ، سومین طیف اتمی هیدروژن $n=6$ و ... است. دومین طیف اتمی هیدروژن در رشته پاشن برابر $n=5$ است.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{25} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = R \frac{16}{225} \Rightarrow \lambda = \frac{225}{16} \times \frac{1}{R}$$

$$\lambda = \frac{225}{16} \times 10^2 \text{ nm}$$

سومین طیف اتمی هیدروژن در طیف پاشن برابر $n=6$ است

$$\frac{1}{\lambda'} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda'} = R \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{36} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda'} = R \left(\frac{3}{36} \right) \Rightarrow \lambda' = \frac{36}{3} \times \frac{1}{R}$$

$$\lambda' = 12 \times 10^2 \text{ nm}$$

حال اختلاف دو طول موج را به دست می آوریم:

$$\lambda - \lambda' = \frac{225}{16} \times 10^2 - 12 \times 10^2 = 10^2 \left(\frac{225}{16} - 12 \right) = 10^2 \times \left(\frac{33}{16} \right) = \frac{825}{4}$$

نمای ۶

۲ ۲۳۳۶ B

نکته اختلاف کوتاه ترین و بلندترین طول موج در هر رشته را گستره طول موج های آن رشته می نامند.

۱ بلندترین طول موج رشته پاشن ($n'=3$) در گذار الکترون از تراز $n=4$ به $n'=3$ گسیل می شود و مقدار آن خواهد شد.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{\max P}} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} \right) \Rightarrow \lambda_{\max P} = \frac{144}{5R}$$

۲ کوتاه ترین طول موج رشته پاشن در گذار الکترون از تراز $n=\infty$ به $n'=3$ گسیل می شود و طول موج آن برابر است با:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{\min P}} = R \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{\infty} \right) \Rightarrow \lambda_{\min P} = \frac{9}{R}$$

۳ گستره طول موج های رشته پاشن را به دست می آوریم:

$$\lambda_{\max P} - \lambda_{\min P} = \frac{144}{5R} - \frac{9}{R} = \frac{144 - 45}{5R} = \frac{99}{5R} \Rightarrow \Delta \lambda_P = \frac{99}{5R}$$

۴ بلندترین طول موج رشته لیمان در گذار الکترون از $n=2$ به $n'=1$ گسیل می شود. از این رو:

$$\frac{1}{\lambda_{\max L}} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) = R \left(\frac{3}{4} \right) \Rightarrow \lambda_{\max L} = \frac{4}{3R}$$

۵ کوتاه ترین طول موج رشته لیمان در گذار الکترون از $n=\infty$ به $n'=1$ گسیل می شود. در نتیجه:

$$\frac{1}{\lambda_{\min L}} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty} \right) \Rightarrow \lambda_{\min L} = \frac{1}{R}$$

۶ گستره طول موجی رشته لیمان را به دست می آوریم:

$$\lambda_{\max L} - \lambda_{\min L} = \frac{4}{3R} - \frac{1}{R} = \frac{4-3}{3R} \Rightarrow \Delta \lambda_L = \frac{1}{3R}$$

۷ نسبت $\frac{\Delta \lambda_P}{\Delta \lambda_L}$ خواهد شد:

$$\frac{\Delta \lambda_P}{\Delta \lambda_L} = \frac{\frac{99}{5R}}{\frac{1}{3R}} = \frac{297}{5}$$

نمای ۶

۲ ۲۳۳۶ B

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \Rightarrow E_f = -\frac{E_R}{16}, E_r = -\frac{E_R}{4}$$

۲ تغییر انرژی الکترون را به دست می آوریم:

$$E_r - E_f = -\frac{E_R}{4} - \left(-\frac{E_R}{16} \right) \Rightarrow \Delta E_{r \rightarrow f} = \frac{-3}{16} E_R$$

۳ درصد تغییرات انرژی الکترون خواهد شد:

$$\frac{\Delta E_{r \rightarrow f}}{E_f} \times 100 = \frac{\frac{-3}{16} E_R}{-\frac{E_R}{16}} \times 100 = 3 \times 100 = 300\%$$

۴ الکترون با از دست دادن انرژی از تراز $n=4$ به تراز $n'=2$ می رود و انرژی آن کاهش می یابد.

نمای ۸

۲ ۲۳۳۶ B

۴ طول موج $656/2 \text{ nm}$ در ناحیه مرئی است. در اتم هیدروژن طول موج های گسیلی رشته بالمر ($n'=2$) مرئی هستند.



چهار عدد روی شکل مربوط به نور مرئی هستند که طول موج $656/2 \text{ nm}$ بلندترین طول موج است. بنابراین الکترون از تراز $n=3$ به تراز $n'=2$ جهش کرده است.

نمای ۸

۱ ۲۳۳۶ B

۵ انرژی فوتون گسیل شده برابر اختلاف انرژی دو تراز n و n' است.

$$E_n - E_{n'} = E_{\text{فوتون}}$$

با توجه به فرض مسئله انرژی فوتون ۲۴ برابر E_n است. یعنی الکترون در تراز n ، $24E_n$ را از دست می دهد و به تراز n' می رود. بنابراین داریم:

$$E_n - E_{n'} = -24E_n$$

(علامت منفی به دلیل از دست دادن انرژی است.)

$$E_{n'} = 25E_n \xrightarrow{E_n = \frac{E_R}{n^2}} \frac{-E_R}{n'^2} = 25 \frac{-E_R}{n^2} \Rightarrow n'^2 = 25n^2 \Rightarrow n = 5n'$$

بنابراین $n'=1$ (رشته لیمان) و $n=5$ است و طول موج گسیلی مربوط به چهارمین خط طیفی رشته لیمان است.

نمای ۸

۱ ۲۳۳۶ B

۱ الکترون در تراز $n=4$ قرار دارد و بلندترین طول موجی که می تواند جذب کند برای گذار از $n=4$ به $n=5$ است. طول موج را به کمک رابطه ریدبرگ به دست می آوریم.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n'=4, n=5} \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{25} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{25-16}{400} \right) \Rightarrow \lambda = \frac{400}{9R}$$

۲ بلندترین طول موجی که الکترون در تراز $n=4$ می تواند گسیل کند، در ترازالکترون از تراز $n=4$ به تراز $n=3$ گسیل می شود. طول موج را به دست می آوریم:

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

۳ نسبت طول موج ها خواهد شد:



۱ انرژی فوتون گسیلی را به دست می آوریم:

$$E = hf \quad h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s}, f = 7.5 \times 10^{14} \text{ Hz} \rightarrow E = 6.626 \times 10^{-34} \times 7.5 \times 10^{14}$$

$$\Rightarrow E = 4.97 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$n = \infty$	-----	۰
۵	-----	$-0.9 \times 10^{-19} \text{ J}$
۴	-----	$-1.45 \times 10^{-19} \text{ J}$
۳	-----	$-2.4 \times 10^{-19} \text{ J}$
۲	-----	$-5.4 \times 10^{-19} \text{ J}$
۱	-----	$-21.8 \times 10^{-19} \text{ J}$

۲ باید بررسی کنید اختلاف انرژی کدام دو تراز برابر انرژی فوتون است.

انرژی تراز $n=5$ ، $-0.9 \times 10^{-19} \text{ J}$ و انرژی تراز $n=2$ ، $-5.4 \times 10^{-19} \text{ J}$ است و اختلاف انرژی این دو تراز برابر است با:

$$E_5 - E_2 = -0.9 \times 10^{-19} - (-5.4 \times 10^{-19}) = 4.5 \times 10^{-19} \text{ J}$$

۳ بنابراین الکترون از تراز $n=5$ به تراز $n'=2$ جهش کرده است. نمای ۸

۳ ۲۳۳۶ C ۱۰

خط نگرش باید ابتدا، انرژی فوتون و انرژی الکترون در تراز $n=3$ را حساب کنید. سپس انرژی فوتون را با انرژی الکترون جمع کنید تا مشخص شود که الکترون به کدام تراز جهش کرده است. سپس می توانید تعداد گذارهای $\Delta n \leq 2$ را که طول موج آن فرابنفش است را مشخص کنید.

۱ انرژی فوتون را حساب می کنیم:

$$E = hf \quad f = 2.4 \times 10^{12} \text{ Hz} \rightarrow E = 6.626 \times 10^{-34} \times 2.4 \times 10^{12}$$

$$\Rightarrow E = 9.6 \times 10^{-22} \text{ eV} \Rightarrow E = 0.96 \text{ eV}$$

۲ انرژی الکترون در تراز $n=3$ را به دست می آوریم:

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \Rightarrow E_3 = -\frac{13.6}{3^2} = -1.51 \text{ eV}$$

۳ انرژی الکترون بعد از جذب فوتون خواهد شد:

$$E_n = -1.51 + 0.96 \Rightarrow E_n = -0.55 \text{ eV}$$

۴ تراز که انرژی آن -0.55 eV را به دست می آوریم:

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \Rightarrow -0.55 = -\frac{13.6}{n^2} \Rightarrow n^2 = 25 \Rightarrow n = 5$$

۵ در رشته لیمن $n'=1$ طول موج های گسیلی فرابنفش هستند بنابراین در گذار الکترون از $n=5$ به ترازهای پایین تر نباید الکترون به تراز ۱ برود.

از طرفی گذارها مجاز $\Delta n \leq 2$ است. یعنی اختلاف عدد کوانتمی ترازها نباید بیشتر از ۲ باشد. بنابراین خواهیم داشت:

گذارهای $\Delta n=1$ تا $n=2$ (۱) $\rightarrow$ ۴ (۲) $\rightarrow$ ۳ (۳) $\rightarrow$ ۲ سه نوع فوتون

گذارهای $\Delta n=2$ (۴) $\rightarrow$ ۳ و ۴ (۵) $\rightarrow$ ۲ دو نوع فوتون

جمعاً ۵ نوع فوتون

نمای ۸

فصل ششم

آشنایی با فیزیک هسته‌ای



پنجره ۱ روبه روی ۲

۳ ۲۴۴۷ A

با توجه به بردارهای نیروی رسم شده در شکل، نیروی هسته‌ای بین دو نوترون و یا دو پروتون و یا یک نوترون و یک پروتون وجود دارد یعنی از دید نیروی هسته‌ای تفاوتی بین پروتون و نوترون نیست بنابراین گزاره (الف) را می‌توان نتیجه گرفت. از طرفی در شکل نشان داده شده است که هر نوکلئون تنها به نوکلئون‌های مجاورش نیرو وارد می‌کند، بنابراین نیروی هسته‌ای را کوتاه‌برد نشان می‌دهد و گزاره (ب) نیز درست است. این طرح‌واره در مورد واپاشیدن هسته چیزی به ما ارائه نمی‌دهد و گزاره (پ) نادرست است.

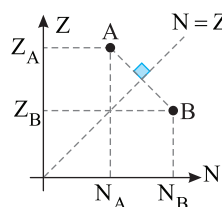
نمای ۲

۴ ۲۴۴۷ A

هنگام تشکیل هسته بخشی از جرم نوکلئون‌های تشکیل دهنده هسته به انرژی لازم برای تشکیل هسته تبدیل می‌شود و با یک کاستی جرم هسته روبه‌رو هستیم یعنی مجموع جرم نوکلئون‌های تشکیل دهنده هسته از جرم هسته بیشتر ($M > M_X$) است. دقت کنید که در صورت مسأله $N \neq 1$ در نظر گرفته شده است.

نمای ۳

۱ ۲۴۴۷ B



نکته ریاضی: شیب دو خط عمود بر هم، قرینه وارون یکدیگر است:

$$mm' = -1$$

خط چین $Z=N$ نیمساز نمودار $Z-N$ و شیب آن برابر ۱ است. خط AB عمود بر نیمساز رسم شده و دارای شیب -1 خواهد بود. با توجه به نمودار شیب خط AB را نوشته و برابر -1 قرار می‌دهیم.

$$\text{شیب خط } AB = \frac{Z_A - Z_B}{N_A - N_B} = -1$$

$$Z_A - Z_B = N_B - N_A \Rightarrow N_A + Z_A = N_B + Z_B$$

نمای ۲

بنابراین عدد جرمی‌های دو اتم A و B با هم برابر می‌باشد.

۴ ۲۴۴۷ A

در واکنش‌های شیمیایی مانند ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z-1}^{A-1}Y + {}_1^1\alpha + i\beta$ همواره مجموع عدد جرمی در دو طرف واکنش با هم برابر است و همچنین مجموع عدد اتمی با هم یکسان بوده که این بیانی از قانون پایستگی بار الکتریکی است و گزینه‌های (۲) و (۳) درست‌اند اما در بحث انرژی بستگی هسته متوجه شدیم که جرم در واکنش‌های هسته‌ای پایسته نمی‌ماند و گزینه (۱) نادرست است.

نمای ۴

۴ ۲۴۴۷ A

در واکنش هسته‌ای، مجموع بار الکتریکی و مجموع عدد جرمی در دو طرف واکنش با هم برابر است. ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z'}^{A'}Y + {}_2^4\text{He} + b {}_1^1\text{e}$ با توجه به فرض سؤال، از عدد جرمی ۴ واحد کم شده ($A' = A - 4$) و عدد اتمی ثابت مانده است ($Z = Z'$) بنابراین:

$$A = A' + 4a \xrightarrow{A' = A - 4} A = A - 4 + 4a \Rightarrow a = 1$$

$$Z = Z' + 2a - b \xrightarrow{\substack{Z = Z' \\ a = 1}} 0 = 2 - b \Rightarrow b = 2$$

نمای ۴

۳ ۲۴۴۷ A

با توجه به رابطه بین جرم و انرژی می‌توان نوشت:

$$E = mc^2 \Rightarrow E = 2 \times 10^{-6} \times (3 \times 10^8)^2 \Rightarrow E = 1.8 \times 10^2 \text{ J}$$

هر 1 kWh برابر $3.6 \times 10^6 \text{ J}$ است، از این‌رو:

$$E = \frac{1.8 \times 10^2}{3.6 \times 10^6} \Rightarrow E = 5 \times 10^{-5} \text{ kWh}$$

نمای ۴

۳ ۲۴۴۷ B

۱ ذره α از جنس هسته ${}_2^4\text{He}$ می‌باشد. ${}_{93}^{237}\text{Np} \rightarrow m {}_2^4\text{He} + n {}_{-1}^0\beta + {}_{88}^{225}\text{Ra}$ عدد اتمی دو طرف واکنش با هم برابر است:

$$93 = 2m - n + 88 \Rightarrow 2m - n = 5 \quad (1)$$

۳ عدد جرمی دو طرف واکنش با هم برابر است:

$$237 = 4m + 225 \Rightarrow 4m = 12 \Rightarrow m = 3 \quad (2)$$

$$m = 3, n = 1$$

۴ با توجه به معادله‌های (۱) و (۲):

نمای ۴

بنابراین $\frac{m}{n} = 3$ است.

۱ ۲۴۴۷ A

۸ به تعداد پروتون‌های هسته مادر یکی اضافه شده و از تعداد نوترون‌ها یکی کاسته شده است. بنابراین واپاشی بتا را رخ داده است.

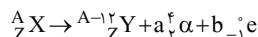
نمای ۴

و ذره گسیل شده، بتای منفی (الکترون) است.

۲ ۲۴۴۷ B

۹ گسیل هر ذره آلفا باعث کاهش ۴ واحدی عدد جرمی و کاهش ۲ واحدی عدد اتمی می‌شود. از طرفی گسیل یک ذره بتای منفی باعث افزایش یک واحدی عدد اتمی می‌شود. در نتیجه گسیل دو ذره بتای منفی می‌تواند کاهش ۲ واحدی اتمی توسط گسیل آلفا را جبران کند. با دانستن این موضوع مسئله قابل حل است.

واکنش هسته‌ای را می‌نویسیم. تعداد ذرات α و β را به ترتیب با a و b نمایش می‌دهیم:



$$A = (A - 12) + 4a \Rightarrow a = 3$$

بنا به پایستگی عدد جرمی:

$$Z = Z + 2a - b \xrightarrow{a=3} b = 6$$

بنا به پایستگی عدد اتمی:

نمای ۴

۲ ۲۴۴۷ A

۱۰ نیروی هسته‌ای یک نیروی ربایشی بین نوکلئون‌ها بوده که مستقل از بار نوکلئون‌ها و یک نیروی کوتاه‌برد است. گزاره (الف) نادرست است.

هنگام تشکیل هسته مقداری از جرم نوکلئون‌ها به انرژی لازم برای تشکیل هسته تبدیل می‌شود یعنی مقداری انرژی آزاد می‌شود. گزاره (ب) درست است.

اختلاف بین ترازهای انرژی هسته اتم از مرتبه کیلو الکترون ولت (keV) تا مرتبه مگا الکترون (MeV) است. در حالی که اختلاف بین ترازهای الکترون‌ها در اتم از مرتبه الکترون ولت (eV) بوده از این‌رو، هسته‌ها در واکنش‌های شیمیایی شرکت نمی‌کنند و گزاره (پ) درست است.

خواص شیمیایی هر اتم را تعداد پروتون‌های آن مشخص می‌کند و چون ایزوتوپ‌ها تعداد پروتون یکسانی دارند پس خواص شیمیایی یکسانی داشته و با روش‌های شیمیایی نمی‌توان آن‌ها را از هم جدا کرد.

نمای ۳ و ۲، ۱

پنجره ۲ روبه روی ۳

۱ ۲۴۸۰ A

۱ ایزوتوپ‌های عناصر اغلب ناپایدارند و با گذشت زمان واپاشیده می‌شوند و گزینه (۱) درست است. نیروهای هسته‌ای کوتاه‌برد هستند و گزینه (۲) نادرست است. جرم هسته همواره از مجموع جرم نوکلئون‌های تشکیل دهنده آن کمتر است و گزینه (۳) نادرست است. هر چه هسته عناصر سنگین‌تر می‌شود، نسبت $\frac{N}{Z}$ افزایش می‌یابد و برای

نمای ۵

هسته‌های مختلف یکسان نیست و گزینه (۴) نادرست است.

۲ ۲۴۸۰ A

۲ در پرتوزایی طبیعی سه پرتو توسط هسته پرتوزا گسیل می‌شود. آلفا، بتا، گاما. آلفا دارای دو نوترون و دو پروتون بوده و دارای بار مثبت است و بتا از جنس الکترون بوده و منفی است و گاما از جنس امواج الکترومغناطیسی است و در میدان مغناطیسی بر آن نیرو وارد نمی‌شود.

قانون پایستگی تعداد نوکلئون‌ها را می‌نویسیم:

$$243 = 222 + 4a + 0 \Rightarrow 20 = 4a \Rightarrow a = 5$$

مجموع عدد اتمی در دو طرف واکنش را برابر قرار می‌دهیم.

$$95 = 91 + 2a - b \Rightarrow 95 = 91 + 2 \times 5 - b \Rightarrow b = 6$$

نمای ۴

۲ ۲۴۸۰ A

با توجه به رابطه نیمه‌عمر، تعداد نیمه‌عمرها را حساب می‌کنیم.

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \xrightarrow{N_0 = 1600, N = 200} 200 = \frac{1600}{2^n} \Rightarrow 2^n = 8 \Rightarrow n = 3$$

$$n = \frac{t}{T_{1/2}} \Rightarrow 3 = \frac{t}{6} \Rightarrow t = 18h$$

زمان سپری شده خواهد شد: نمای ۵

۲ ۲۴۸۰ B

۷۵ درصد از هسته‌های ماده پرتوزا واپاشیده شده است یعنی ۲۵٪ از آن ماده فعال باقی مانده است:

$$N = N_0 - \frac{75}{100} N_0 \Rightarrow N = \frac{25}{100} N_0$$

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

در هر نیمه‌عمر نصف ماده واپاشیده می‌شود پس برای آنکه مقدار ماده به $\frac{1}{4}$ حالت اولیه

برسد باید دو نیمه‌عمر بگذرد. زمان واپاشی خواهد شد:

$$t = nT_{1/2} \Rightarrow t = 2 \times 8 = 16 \text{ Day}$$

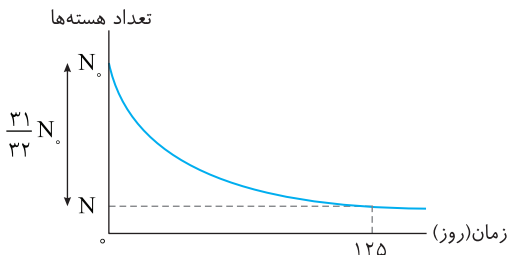
نمای ۵

۲ ۲۴۸۰ B

با توجه به نمودار اختلاف تعداد هسته‌های اولیه و تعداد هسته‌های فعال باقی مانده یعنی

$N_0 - N$ برابر فیزیک هسته‌ای $N_0 \frac{31}{32}$ شده، درواقع $\frac{31}{32} N_0$ از هسته واپاشیده شده

و تعداد هسته فعال باقی مانده برابر است با:



$$N_0 - N = \frac{31}{32} N_0 \Rightarrow N = N_0 - \frac{31}{32} N_0 = \frac{1}{32} N_0 \Rightarrow$$

$$N = \frac{N_0}{2^5} \xrightarrow{N = \frac{N_0}{2^n}} 2^5 = 2^n \Rightarrow n = 5$$

۵ نیمه‌عمر ۱۲۵ روز طول کشیده است، پس هر نیمه‌عمر برابر است با:

$$5T_{1/2} = 125 \text{ day} \Rightarrow T_{1/2} = 25 \text{ day}$$

نمای ۵

۲ ۲۴۸۰ A

وقتی تعداد هسته‌های پرتوزای فعال با تعداد هسته‌های واپاشیده برابر می‌شود، یعنی یک

نیمه‌عمر از مدت واپاشی گذشته است. به راه‌حل زیر دقت کنید:

$$\frac{N_Y}{N_X} = \frac{N_{0X} - N_X}{N_X} = 1 \Rightarrow N_{0X} = 2N_X \Rightarrow N_X = \frac{N_{0X}}{2} \Rightarrow n = 1$$

اکنون زمان لازم برای آن که این نسبت ۱۵ شود را به‌دست می‌آوریم.

جرم الکترون نسبت به ذره آلفا بسیار کم است. به همین علت در گذر از میدان مغناطیسی بیشتر منحرف می‌شود. بنابراین جنس پرتو Z باید الکترون (بتای منفی) باشد.

چون الکترون دارای بار منفی است از دست چپ استفاده می‌کنیم.

چهار انگشت باز دست چپ را به سمت بالای صفحه در جهت خروج الکترون از چشمه به گونه‌ای قرار دهید که انگشت باز شست به سمت راست باشد. در این حالت کف دست شما رو به صفحه کاغذ بوده و میدان مغناطیسی درون‌سوست.

نمای ۴

۱ ۲۴۸۰ B

۳ نکته واپاشی β:

- این واپاشی، متداول‌ترین نوع واپاشی در هسته‌هاست.
- دو نوع واپاشی β با نام‌های β⁻ و β⁺ رخ می‌دهند.
- در واپاشی β⁻، الکترون گسیل‌شده حاصل تبدیل نوترون درون هسته به پروتون و الکترون است.
- در نتیجه عدد جرمی ثابت مانده و عدد اتمی به اضافه (۱) می‌شود. این الکترون نه در هسته و نه در مدار اتم وجود نداشته است.
- در واپاشی β⁺، ذره‌های هم‌جرم با الکترون اما با بار مثبت از هسته گسیل می‌شود که پوزیترون نام دارد.
- در واپاشی β⁺، یکی از پروتون‌های درون هسته به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می‌شود.
- اغلب هسته‌ها پس از واپاشی آلفا یا بتا در حالت برانگیخته قرار می‌گیرند و با گسیل پرتوگاما، به حالت پایه می‌رسند.

در واپاشی β⁻، الکترون گسیل‌شده حاصل تبدیل یک نوترون به پروتون است و گزاره (الف) درست است.

در واپاشی β⁺، ذره گسیل‌شده دارای جرمی یکسان با الکترون، اما باری مثبت است و گزاره (ب) درست است.

هسته‌های برانگیخته برای رسیدن به پایداری پرتو گاما می‌تابانند پس گزاره (پ) نادرست است.

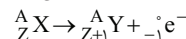
در واپاشی β⁺، پروتون به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می‌شود و گزاره (ت) نادرست است.

نمای ۴

۴ ۲۴۸۰ B

۴ نکته در واپاشی β⁻ که از جنس الکترون است یک نوترون واپاشیده شده و

یک پروتون و یک الکترون (β⁻) تولید می‌شود (${}^1_0\text{H} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^0_{-1}\text{e}^-$). به همین دلیل عدد جرمی تغییر نمی‌کند. اما به تعداد پروتون‌ها یکی اضافه شده و عدد اتمی یک واحد افزایش می‌یابد و خواهیم داشت:



سدیم ${}^{24}_{11}\text{Na}$ دارای ۱۱ پروتون و ۱۳-۱۱=۲۴ نوترون است. با گسیل β⁻، از نوترون‌ها یکی کم می‌شود ۱۲-۱۳=۱۱ و بر تعداد پروتون‌ها یکی اضافه می‌شود. ۱۲+۱۱=۲۳

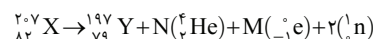
نمای ۴

۲ ۲۴۸۰ B

۵ یادآوری آلفا هسته هلیوم ($\alpha = {}^4_2\text{He}$) و بتای منفی، الکترون (${}^0_{-1}\text{e}$) و نوترون

(${}^1_0\text{n}$) است و در واکنش‌های هسته‌ای مجموع عدد اتمی طرف چپ معادله با طرف راست و همچنین مجموع عدد جرمی طرف چپ با طرف راست یکسان است.

با توجه به پایستگی مجموع عدد اتمی و عدد جرمی در دو طرف واکنش هسته‌ای خواهیم داشت:



$$\text{عدد جرمی: } 207 = 197 + 4N + 0 + 2 \Rightarrow 8 = 4N \Rightarrow N = 2$$

$$\text{عدد اتمی: } 82 = 79 + 2N - M + 0 \xrightarrow{N=2} 82 = 79 + 2 \times 2 - M \Rightarrow M = 1$$

نمای ۴

۲ ۲۴۸۰ A

۶ معادله واکنش را می‌نویسیم، تعداد ذرات α را با حرف a و تعداد ذرات β⁻ را با حرف b نمایش می‌دهیم. a و b ضرایب α و β هستند. ${}^{242}_{95}\text{X} \rightarrow {}^{223}_{91}\text{Y} + a({}^4_2\text{He}) + b({}^0_{-1}\text{e})$



$$\frac{N'_Y}{N'_X} = \frac{N_{eX} - N'_X}{N'_X} = 15 \Rightarrow N_{eX} = 16N'_X \Rightarrow N'_X = \frac{N_{eX}}{16}$$
$$\Rightarrow \frac{N_e}{2^n} = \frac{N_e}{16} \Rightarrow n = 4$$

بنابراین از آغاز واپاشی ۴ نیمه‌عمر و از زمانی که $\frac{N_Y}{N_X} = 1$ است سه نیمه‌عمر یعنی

$$60 = 20 \times 3 \text{ روز می‌گذرد.}$$

دقت کنید وقتی عنصر پرتوزای X واپاشیده می‌شود و به عنصر Y تبدیل می‌شود، در

واقع تعداد هسته‌های عنصر Y (N_Y) همان تعداد هسته‌های واپاشیده شده عنصر X

$$(N_{eX} - N_X) \text{ است.}$$



نمای ۵