



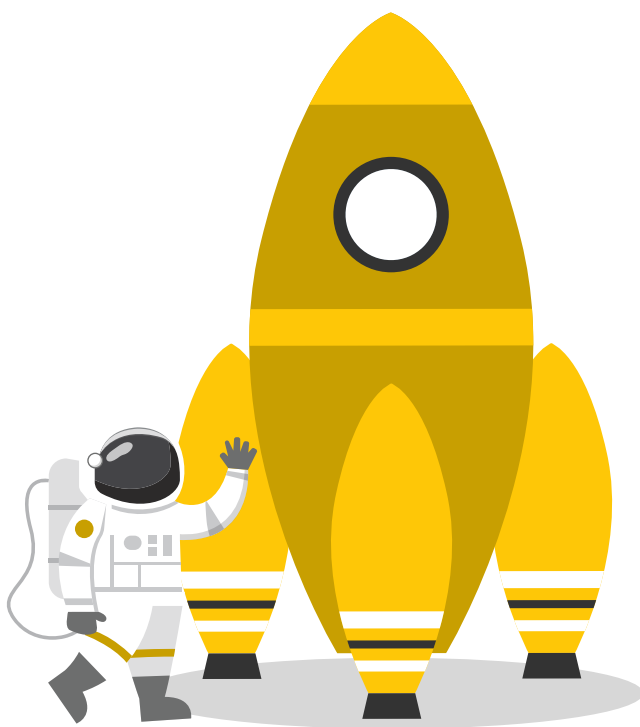
سیب ترش

بزرگترین مرکز مشاوره ای و آموزشی کشور

نسخه ۲۰

دستگرمی

فیزیک ۳



دانلود اپ سیب ترش

سیب ترش در صفحات مجازی



SIBTORSH



SIBTORSH.OFFICIAL



مرکز کنکوری سیب ترش

مدیر آموزشی : دکتر احمد رضا ورمزیار

سیب ترش : بزرگ ترین مرکز آنلاین کنکوری

نسخه ۲۰ : سوالات دست گرمی

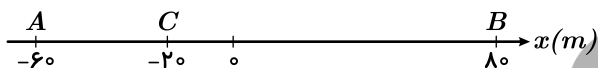
فیزیک ۳ : مثل آب خوردن ۲۰ بگیر

مدیر دپارتمان فیزیک : دکتر علی بزرگ زاده

فصل ۱: حرکت در راستای خط راست

شناخت حرکت

۱) مطابق شکل زیر متحرکی از نقطه A حرکت کرده، به نقطه B می‌رسد، سپس برمی‌گردد و در نقطه C متوقف می‌شود.

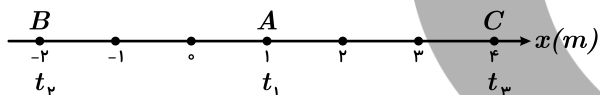


الف) بردار مکان جسم را در نقاط A ، B و C رسم کنید.

ب) بردار جابه‌جایی جسم را رسم کنید.

پ) جابه‌جایی و مسافت پیموده شده متحرک از A تا C چند متر است؟

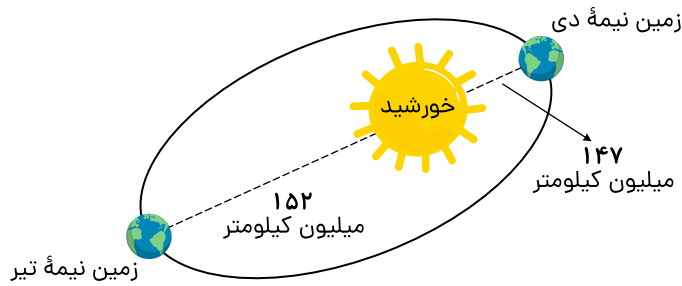
۲) متحرکی مطابق شکل در لحظه t_1 در نقطه A ، در لحظه t_2 در نقطه B و در لحظه t_3 در نقطه C قرار دارد.



الف) جهت و اندازه مکان متحرک را در لحظه t_2 بنویسید.

ب) بردار جابه‌جایی متحرک در بازه t_1 تا t_3 را به دست آورید.

پ) مسافت طی‌شده توسط متحرک در بازه زمانی t_1 تا t_3 چند متر است؟



۳ مدار حرکت زمین به دور خورشید یک بیضی به محیط تقریبی ۹۴۰ میلیون کیلومتر است. کمترین فاصله زمین از مرکز خورشید ۱۴۷ میلیون کیلومتر است که در نیمه دی ماه اتفاق می‌افتد. بیشترین فاصله زمین از مرکز خورشید هم در نیمه تیر رخ می‌دهد که این فاصله در حدود ۱۵۲ میلیون کیلومتر است. با توجه به شکل روبه‌رو، بردار جابه‌جایی زمین از نیمه تیر تا نیمه دی را رسم کنید و اندازه آن را با مسافت پیموده‌شده در این مدت مقایسه کنید.

۴ طول عقربه دقیقه‌شمار و ثانیه‌شمار یک ساعت بزرگ برابر ۱٫۵ متر است. موارد زیر را حساب کنید.
الف) اندازه سرعت متوسط نوک عقربه ثانیه‌شمار در مدت نیم دقیقه
ب) اندازه سرعت متوسط نوک عقربه دقیقه‌شمار در مدت ۱۵ دقیقه

۵ عبارات زیر را تعریف کنید.

الف) تندى متوسط

ب) سرعت متوسط

۶ متحرکی روی پاره‌خط MN به طول 100 cm ، از نقطه M شروع به حرکت کرده و روی آن حرکت رفت و برگشتی دارد. کمترین مسافت پیموده‌شده توسط متحرک چند سانتی‌متر باشد تا تندى متوسط آن ۳ برابر بزرگى سرعت متوسط آن در کل مسیر باشد؟

۷ رابطه سرعت - زمان متحرکی (که در آن v برحسب متر بر ثانیه و t برحسب ثانیه است) به‌صورت زیر است:

$$v = 3 - \frac{10t}{t^2 + 1}$$

فاصله زمانی بین دو بار توقف متحرک را به‌دست آورید.

۸ سرعت جسمی برحسب زمان برحسب یکاهای SI به‌صورت زیر به‌دست می‌آید. (حرکت جسم در لحظه صفر آغاز شده است)

$$v = 0.5t^3 - 2.5t^2 + 1$$

نسبت تغییر سرعت جسم در ثانیه پنجم حرکت به تغییر سرعت جسم در ثانیه اول حرکت چقدر است؟

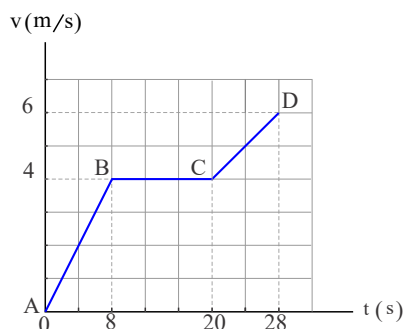
۹ سرعت متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، در مدت ۱۰ ثانیه از ۱۶ متر بر ثانیه در سوی مثبت محور به ۹ متر بر ثانیه در سوی منفی محور می‌رسد.

الف) شتاب متوسط متحرک را حساب کنید.

ب) اگر شتاب متوسط متحرک در نیمه دوم مدت زمان این حرکت چهار برابر شتاب متوسط متحرک در نیمه اول مدت زمان حرکت باشد، سرعت متحرک در وسط زمان حرکت چقدر و به کدام سو است؟



۱۰ شکل زیر، نمودار سرعت - زمان متحرکی را که در امتداد محور x حرکت می‌کند در مدت ۲۸ ثانیه نشان می‌دهد.



الف) شتاب در هر یک از مرحله‌های AB ، BC و CD چقدر است؟

ب) شتاب متوسط در بازه زمانی صفر تا ۲۸ ثانیه چقدر است؟

پ) جابه‌جایی متحرک را در این بازه زمانی پیدا کنید.

۱۱ یکی از ویژگی‌هایی که در مورد اتومبیل‌ها مهم است «زمان صفر تا صد» است. زمان صفر تا صد اصطلاحاً به مدت زمانی می‌گویند که

سرعت اتومبیل از صفر به ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت (تقریباً $28 \frac{m}{s}$) می‌رسد. مثلاً زمان صفر تا صد «بوگاتی کایرون» که یکی از پرشتاب‌ترین

خودروهای دنیاست، ۲٫۴s است.

الف) شتاب متوسط بوگاتی وقتی سرعتش از صفر به صد کیلومتر بر ساعت می‌رسد را محاسبه کنید.

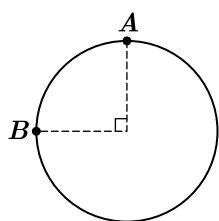
ب) اگر بوگاتی با همین شتاب حرکت کند. چند ثانیه طول می‌کشد تا سرعتش از صفر به $400 \frac{km}{h}$ برسد؟

۱۲ بردار سرعت متحرکی در لحظه $t_1 = 8s$ به صورت $\vec{v}_1 = 2\vec{i} + 3\vec{j}$ است. اگر در لحظه $t_2 = 10s$ بردار سرعت متحرک به صورت

$\vec{v}_2 = 4\vec{i} + 5\vec{j}$ باشد، بردار شتاب متوسط و اندازه شتاب متوسط را به دست آورید.

۱۳ جسمی با شتاب متوسط $\vec{a}_{av} = (2 \frac{m}{s^2})\vec{i}$ به مدت ۴s حرکت می‌کند. اگر سرعت اولیه آن $\vec{v}_1 = (5 \frac{m}{s})\vec{i}$ باشد، سرعت نهایی آن را

برحسب بردار یک‌ه در SI بنویسید.

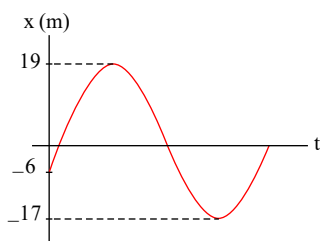


۱۴ اتومبیلی میدان آزادی تهران را با تندی ثابت $72 \frac{km}{h}$ دور می‌زند. اگر فاصله بین دو نقطه A و B را در مدت

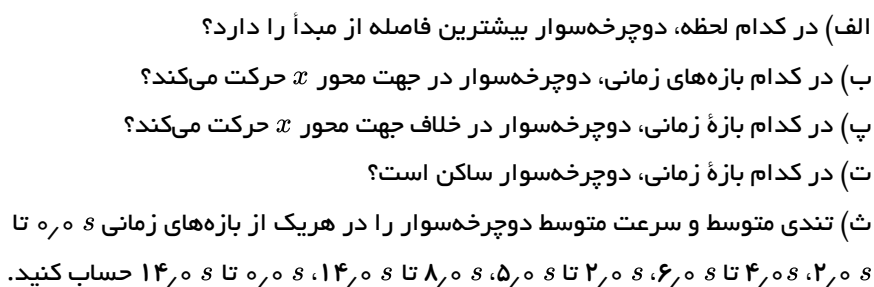
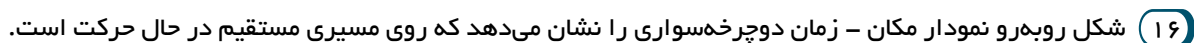
۲۰ ثانیه طی کند. شتاب متوسط اتومبیل در این بازه زمانی را محاسبه کنید.

نمودار $x-t$

۱۵ نمودار $x-t$ جسمی که روی محور x حرکت می‌کند به شکل زیر است. در این حرکت، نسبت مسافت پیموده‌شده توسط جسم به



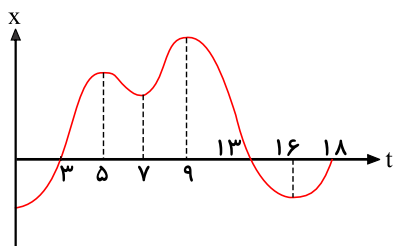
اندازه جابه‌جایی آن چند است؟



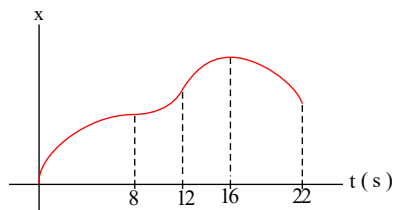
الف سرعت متوسط و تندی متوسط دوچرخه‌سوار از صفر تا ۲۰ s چند متر بر ثانیه است؟

ب شتاب متوسط این متحرک از صفر تا 20% چند متر بر مربع ثانیه است؟

۱۸) نمودار مکان-زمان متحرکی مطابق شکل روبروست. در این حرکت بردار مکان به مدت ثانیه با بردار سرعت جسم هم جهت است و متحرک ثانیه در حال نزدیک شدن به مبدأ مختصات است.



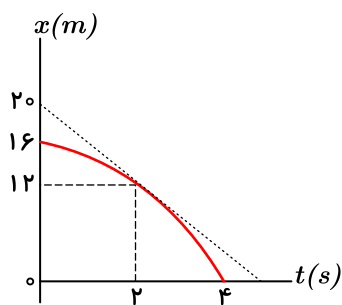
۱۹) نمودار مکان - زمان حرکتی که روی محور x انجام می‌شود به شکل زیر است. (نسبت مدت زمان حرکت تندشونده به حرکت کندشونده چقدر است؟)





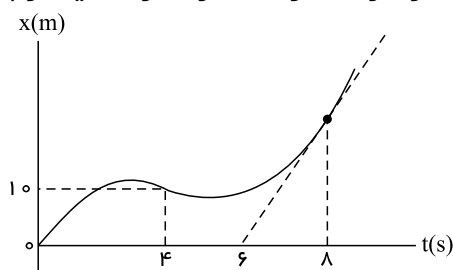
۲۰ نمودار مکان - زمان متحرکی که بر خط راست حرکت می‌کند، به صورت شکل روبه‌رو است.

سرعت متحرک در لحظه $t = ۲s$ چند متر بر ثانیه است؟



۲۱ نمودار مکان - زمان متحرکی که در امتداد محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل است. اگر سرعت متوسط متحرک در ۴ ثانیه دوم

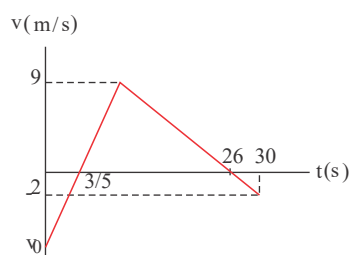
حرکت، $\frac{1}{3}$ سرعتش در لحظه $t = ۸s$ باشد، سرعتش در $t = ۸s$ چند $\frac{m}{s}$ است؟



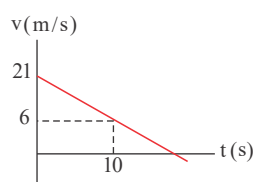
نمودار $v-t$

۲۲ نمودار سرعت - زمان حرکتی مطابق شکل روبه‌رو از دو خط راست تشکیل شده است. سرعت اولیه حرکت (سرعت در لحظه صفر) را

به دست آورید.

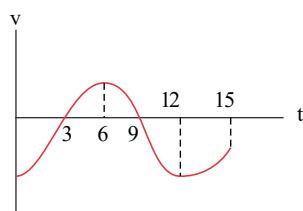


۲۳ نمودار سرعت - زمان متحرکی مطابق شکل روبه‌رو خط راست است. در چه لحظه‌ای متحرک متوقف شده است؟



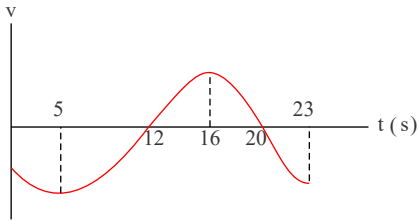
۲۴ نمودار سرعت - زمان حرکت جسمی مطابق شکل روبه‌رو است. نسبت مدت زمانی که متحرک در جهت مثبت حرکت کرده است به

مدت زمانی که متحرک در جهت منفی حرکت کرده است را به دست آورید.

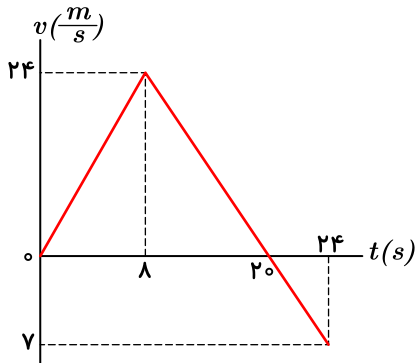




۲۵ در حرکتی که نمودار سرعت - زمان آن به شکل روبه‌رو است، متحرک چند ثانیه حرکت کندشونده در سوی منفی محور مکان داشته است؟



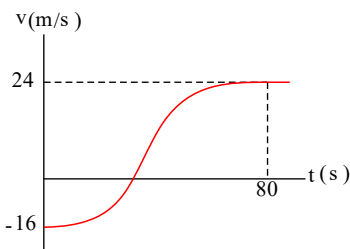
۲۶ نمودار سرعت - زمان شترمرغی که هراسان می‌رود، مطابق شکل مقابل است.



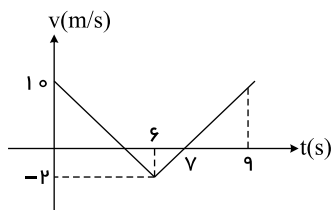
الف شتاب شترمرغ در لحظات $t = 5s$ و $t = 10s$ را مقایسه کنید.

ب سرعت شترمرغ در لحظه $t = 24s$ را به دست آورید.

۲۷ در یک حرکت بر روی خط راست که نمودار سرعت - زمان آن به صورت شکل روبه‌رو است، شتاب متوسط خودرو در مدتی که در سوی منفی محور مکان حرکت می‌کند، با شتاب متوسط خودرو در مدتی که در سوی مثبت محور مکان حرکت می‌کند برابر است. در چه لحظه‌ای برحسب ثانیه سرعت خودرو صفر شده است؟

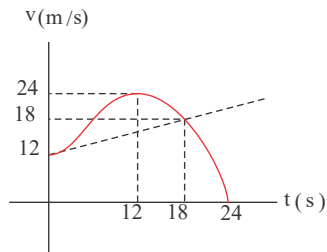


۲۸ نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. بزرگی شتاب متوسط متحرک در بازه زمانی ۴ تا ۹ ثانیه چند متر بر مربع ثانیه است؟

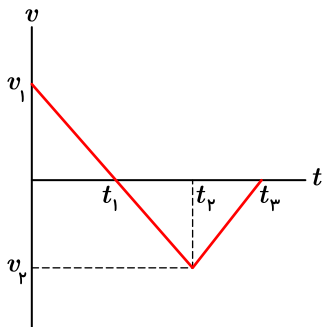




۲۹ شکل روبه‌رو، نمودار سرعت جسمی را بر حسب زمان نشان می‌دهد که در آن خط مماس بر منحنی در لحظه صفر رسم شده است. نسبت اندازه شتاب متوسط جسم از لحظه صفر تا لحظه توقف، به شتاب جسم در لحظه صفر چند است؟



۳۰ نمودار سرعت - زمان اتومبیلی که در راستای محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. با توجه به نمودار درستی یا نادرستی هر یک از عبارتهای زیر را مشخص کنید.



الف در بازه زمانی صفر تا t_1 اتومبیل در جهت محور x حرکت می‌کند.

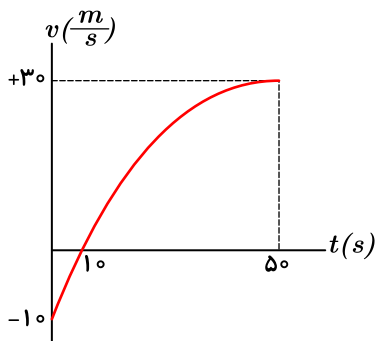
ب در بازه زمانی صفر تا t_1 شتاب مثبت است.

پ در بازه زمانی t_2 تا t_3 حرکت اتومبیل کندشونده است.

ت شتاب اتومبیل در بازه‌های زمانی صفر تا t_1 و t_1 تا t_2 با هم برابر است.

ث در لحظه t_1 اتومبیل تغییر جهت می‌دهد.

۳۱ شکل روبه‌رو نمودار سرعت - زمان متحرکی که در راستای محور x حرکت می‌کند را در $50s$ اول حرکت نشان می‌دهد.





الف در کل مدت حرکت، حرکت متحرک تندشونده است یا کندشونده؟ چرا؟

ب شتاب متوسط متحرک را در بازه‌های زمانی صفر تا $10s$ و $10s$ تا $50s$ محاسبه کنید.

پ در کل مدت زمان حرکت، اندازه شتاب متحرک در حال افزایش است یا کاهش؟ چرا؟

حرکت با سرعت ثابت

۳۲ معادله مکان - زمان متحرکی در SI به صورت $x = -8t + 4$ است.

الف نوع حرکت متحرک را بیان کرده، سرعت و مکان اولیه آن را تعیین کنید.

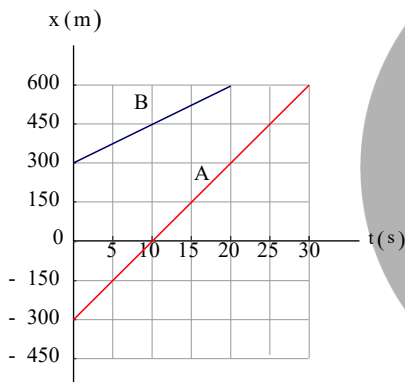
ب متحرک در چه لحظه‌ای از مبدأ می‌گذرد؟

پ جابه‌جایی متحرک در بازه زمانی $3s$ تا $9s$ چند متر است؟

۳۳ شکل زیر، نمودار مکان - زمان دو خودرو را نشان می‌دهد که روی یک خط راست حرکت می‌کنند.

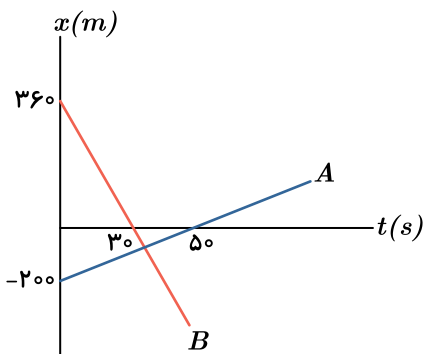
الف) معادله حرکت هریک از آنها را بنویسید.

ب) اگر خودروها با همین سرعت حرکت کنند، در چه زمان و مکانی به هم می‌رسند؟



۳۴ نمودار شکل مقابل مربوط به دو دوچرخه‌سوار A و B می‌باشد که در راستای محور x

حرکت می‌کنند.



الف سرعت هرکدام از دوچرخه‌سوارها چند متر بر ثانیه است؟

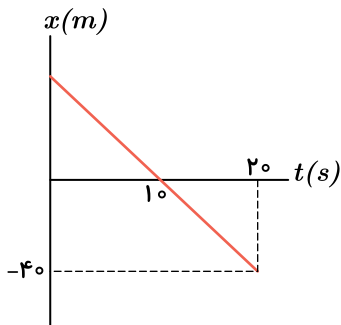


ب) معادله مکان - زمان آنها را بنویسید.

پ) نمودار سرعت - زمان آنها را در یک دستگاه مختصات رسم کنید.

ت) در چه زمان و مکانی دوچرخه سوارها به یکدیگر میرسند؟

۳۵) نمودار مکان - زمان متحرکی مطابق شکل روبه‌رو است.



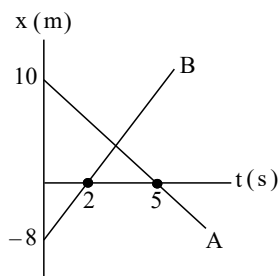
الف) سرعت متحرک چند متر بر ثانیه است؟

ب) مکان اولیه متحرک را به دست آورید.

پ) معادله مکان - زمان آن را بنویسید.

۳۶) نمودار مکان - زمان دو متحرک که روی محور x حرکت می‌کنند. مطابق شکل مقابل است. فاصله این دو متحرک از یکدیگر در چه

لحظه‌ای برحسب ثانیه برابر با ۴۲ متر می‌شود؟



۳۷) شناگری روی خط راست مسیری به اندازه 90 m را در مدت 12 s در یک جهت می‌پیماید. سپس در مدت 8 s ، مسافت 50 m را در

همان مسیر برمی‌گردد.

الف) تندی متوسط شناگر چند متر بر ثانیه می‌باشد؟

ب) اندازه سرعت متوسط شناگر چند متر بر ثانیه می‌باشد؟



۳۸) متحرکی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مسیر حرکت را با سرعت $10 \frac{m}{s}$ و ادامه مسیر را با سرعت $40 \frac{m}{s}$ می‌پیماید. سرعت متوسط متحرک در کل مسیر چند متر بر ثانیه است؟

۳۹) متحرکی نیمی از مسیر مستقیم بین دو نقطه را با سرعت متوسط $10 \frac{m}{s}$ و نیمه دیگر مسیر را طی دو بازه زمانی مساوی با سرعت‌های v و $3v$ در یک جهت طی می‌کند. اگر سرعت متوسط متحرک در کل مسیر $16 \frac{m}{s}$ باشد، اندازه v چند متر بر ثانیه است؟

۴۰) متحرکی t ثانیه اول را با سرعت $20 \frac{m}{s}$ رو به شمال و $2t$ ثانیه بعدی را با سرعت $30 \frac{m}{s}$ رو به شرق و t ثانیه آخر را با سرعت $10 \frac{m}{s}$ رو به جنوب حرکت کرده است. سرعت متوسط در کل حرکت چند $\frac{m}{s}$ است؟

۴۱) متحرکی فاصله مستقیم بین ۲ نقطه را با سرعت متوسط $40 \frac{m}{s}$ طی می‌کند و سپس $\frac{1}{4}$ مسیر را در همان امتداد، با سرعت متوسط $10 \frac{m}{s}$ برمی‌گردد. اندازه سرعت متوسط متحرک در کل حرکت چند متر بر ثانیه است؟

۴۲) دو متحرک در مسیر مستقیم از یک نقطه با سرعت‌های ثابت یکی $20 \frac{m}{s}$ و دیگری $25 \frac{m}{s}$ در خلاف جهت هم حرکت می‌کنند. بعد از چند ثانیه فاصله بین آنها به ۹۰۰ متر می‌رسد؟

حرکت با شتاب ثابت

۴۳) یک خودرو پژو ۲۰۶ در بزرگراهی با تندی ۱۰۸ کیلومتر بر ساعت در حال حرکت است و راننده با دیدن ترافیک می‌خواهد پس از طی مسافت ۵۰۰ متری تندی خودرو را به ۳۶ کیلومتر بر ساعت برساند. اندازه نیروی خالصی را که باید بر خودرو وارد شود (در صورت ثابت بودن) به دست آورید. لازم به ذکر است، پژو ۲۰۶ جرمی حدود ۱۱۰۰ کیلوگرم دارد.

۴۴) معادله سرعت - زمان متحرکی در SI به صورت $v = -2t + 8$ می‌باشد.

الف) شتاب متحرک و سرعت اولیه آن چقدر است؟

ب) متحرک در بازه زمانی صفر تا ۵ ثانیه چند متر جابه‌جا می‌شود؟

پ) متحرک در بازه زمانی صفر تا ۵ ثانیه چه مسافتی را می‌پیماید؟

۴۵) گلوله تفنگی با سرعت $250 \frac{m}{s}$ و به‌طور افقی به تنه درختی با ضخامت 15 cm برخورد می‌کند و در امتداد خط راست در آن فرو رفته و با سرعت $50 \frac{m}{s}$ از آن خارج می‌شود. در صورتی که حرکت گلوله در درخت با شتاب ثابت فرض شود.

الف) مدت حرکت گلوله در داخل درخت چند ثانیه است؟

ب) بزرگی شتاب کندشونده گلوله درون درخت چند متر بر مربع ثانیه است؟



۴۶) معادله سرعت - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، در SI به صورت $v = -2t + 4$ است.

الف) نوع حرکت چیست؟

ب) جابه‌جایی متحرک در ۳ ثانیه دوم حرکت چند متر است؟

۴۷) متحرکی با اندازه شتاب ثابت $\frac{4}{s^2} m$ و سرعت $\frac{10}{s} m$ در جهت مثبت محور در حال حرکت کندشونده است.

الف) معادله سرعت - زمان متحرک را بنویسید.

ب) نمودار سرعت - زمان آن را رسم کنید.

پ) سرعت متوسط متحرک بین دو لحظه $t_1 = 2s$ و $t_2 = 5s$ را محاسبه کنید.

۴۸) اگر سرعت متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، در SI به صورت $v = 6t + 4$ باشد، جابه‌جایی متحرک پس از ۲ ثانیه چند متر است؟

۴۹) متحرکی در مبدأ زمان ($t = 0$) در مکان $x = +21m$ و با سرعت $\frac{10}{s} m$ - روی محور x ها حرکت می‌کند و با شتاب ثابت $\frac{2}{s^2} m$ از سرعتش می‌کاهد.

الف) معادله حرکت این متحرک را بنویسید.

ب) در کدام لحظه (لحظات) متحرک از مبدأ می‌گذرد؟

پ) در کدام لحظه (یا لحظات) سرعت متحرک صفر می‌شود؟ در این لحظه متحرک در کدام مکان قرار دارد؟

ت) در کدام لحظه (یا لحظات) متحرک از $x = -10m$ می‌گذرد؟

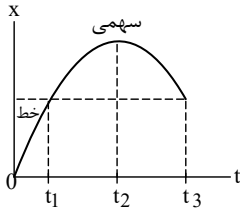
۵۰) ترمزهای یک اتومبیل می‌توانند شتاب کندشونده $\frac{4}{5} \frac{m}{s^2}$ به اتومبیل بدهند، یک راننده بی‌توجه با سرعت $\frac{144}{h} km$ در حال حرکت است که ناگهان پلیس راهنمایی و رانندگی را در فاصله 100 متری خود می‌بیند. آیا این راننده می‌تواند تا رسیدن به پلیس، سرعت خود را به حد مجاز $90 \frac{km}{h}$ برساند؟

۵۱) معادله سرعت - جابه‌جایی اتومبیلی در حرکت با شتاب ثابت بر مسیر مستقیم به صورت $\frac{v^2}{5} = x + 10$ است. اگر در مبدأ زمان اتومبیل از مکان $x = 5m$ گذشته باشد، اندازه سرعت اولیه متحرک چند متر بر ثانیه است؟

۵۲) معادله حرکت دو متحرک که هم‌زمان روی محور x حرکت می‌کنند، در SI به صورت‌های $x_1 = t^2 - 2t + 1$ و $x_2 = -t^2 - 4t$ است. این دو متحرک چند بار از کنار هم عبور می‌کنند؟



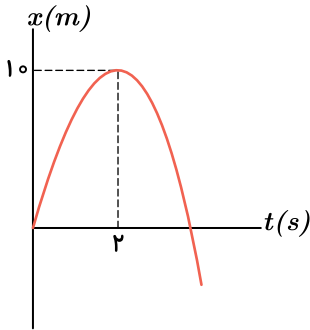
۵۳ الف مطابق شکل زیر، خانه‌های خالی جدول زیر را کامل کنید. (نمودار در t_1 ثانیه اول خط راست و بعد از آن سهمی است)



بازه زمانی	نوع حرکت	علامت سرعت	علامت شتاب
صفر تا t_1	یکنواخت	(۱)	
t_1 تا t_2	(۲)		(۳)
t_2 تا t_3	(۴)	منفی	(۵)

ب) نمودار سرعت - زمان متحرک را به‌طور کیفی رسم کنید.

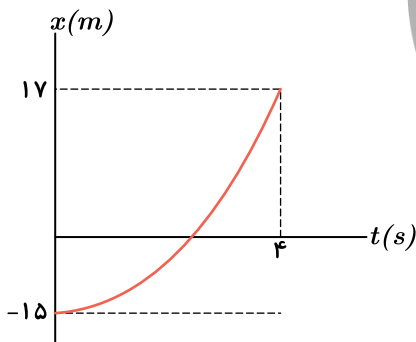
۵۴ در شکل روبه‌رو نمودار مکان - زمان حرکتی بر روی خط راست را مشاهده می‌کنید که قسمتی از یک سهمی است.



الف معادله مکان - زمان آن را به دست آورید.

ب نمودار سرعت - زمان آن را رسم کنید.

۵۵ شکل روبه‌رو نمودار $x - t$ متحرکی را که با شتاب ثابت در راستای محور x حرکت می‌کند، نشان می‌دهد.



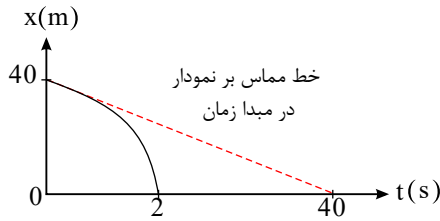
الف شتاب متحرک چند متر بر مربع ثانیه است؟

ب معادله $v - t$ آن را بنویسید و نمودار آن را رسم کنید.

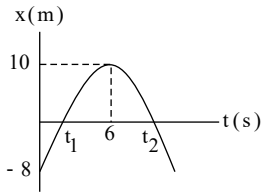
پ نمودار شتاب - زمان آن را رسم کنید.



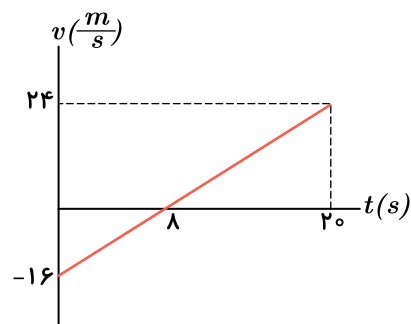
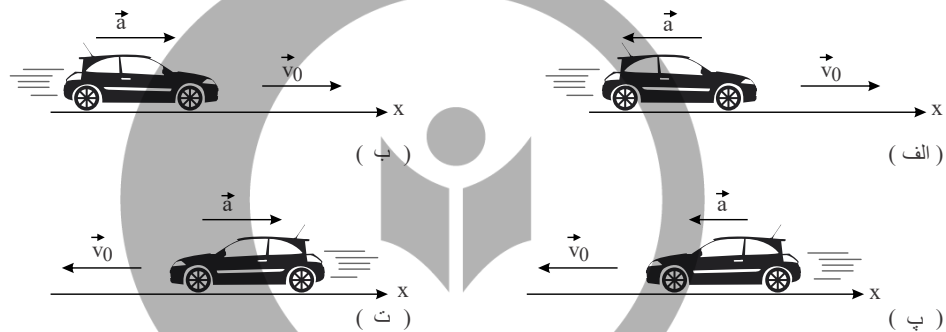
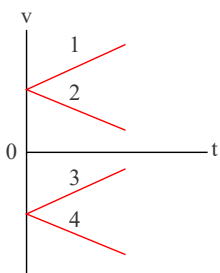
۵۶ نمودار مکان - زمان متحرکی که با شتاب ثابت بر روی محور x حرکت می‌کند مطابق شکل زیر است. سرعت این متحرک در لحظه‌ای که از مبدأ مکان عبور می‌کند، چند متر بر ثانیه است؟



۵۷ نمودار مکان - زمان متحرکی که بر روی خط راست حرکت می‌کند، مطابق سهمی شکل زیر است. شتاب متوسط متحرک در بازه زمانی t_1 و t_2 چند متر بر مجذور ثانیه است؟



۵۸ در تمامی حالت‌های شکل زیر، خودروها در امتداد محور x و با شتاب ثابت در حرکت‌اند. حرکت هریک از خودروها، توسط کدام یک از نمودارهای $v - t$ در محدوده زمانی نشان داده شده روی نمودارها، توصیف می‌شود؟ همچنین توضیح دهید تندی کدام خودرو در حال افزایش (حرکت تندشونده) و تندی کدام خودرو در حال کاهش (حرکت کندشونده) است.



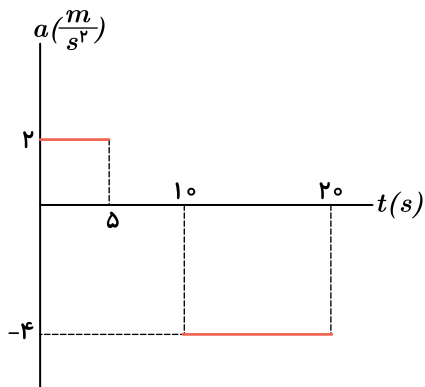
۵۹ نمودار سرعت - زمان متحرکی که در راستای محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل روبه‌رو است.

الف نوع حرکت متحرک را در بازه‌های زمانی صفر تا $8s$ و $8s$ تا $20s$ بیان کنید.

ب شتاب متوسط متحرک را در بازه‌های زمانی صفر تا $8s$ و $8s$ تا $20s$ به دست آورید.



پ شتاب متحرک در لحظه $12s$ چند متر بر مربع ثانیه است؟

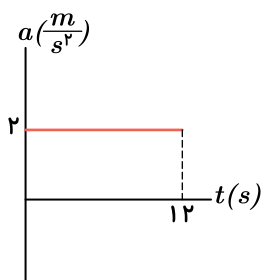


۶۰ شکل مقابل نمودار شتاب - زمان یک متحرک را نشان می‌دهد که در امتداد محور x حرکت می‌کند. با فرض $x_0 = 0$ و $v_0 = 0$ در بازه زمانی صفر تا $20s$:

الف نمودار سرعت - زمان این متحرک را رسم کنید.

ب نمودار مکان - زمان این متحرک را رسم کنید.

پ مشخص کنید در کدامیک از بازه‌های زمانی، حرکت متحرک تندشونده، کندشونده و یا با سرعت ثابت است؟

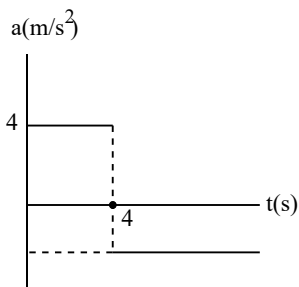


۶۱ نمودار شتاب - زمان متحرکی مطابق شکل روبه‌رو است. این متحرک در مبدأ زمان دارای سرعت $2 \frac{m}{s}$ است.

الف سرعت متحرک در لحظه $12s$ چند متر بر مربع ثانیه است؟

ب متحرک در مدت $12s$ چند متر جابه‌جا می‌شود؟

۶۲ نمودار شتاب - زمان متحرکی که از حال سکون شروع به حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. بزرگی سرعت متوسط متحرک از لحظه شروع حرکت تا لحظه‌ای که تندی آن صفر می‌شود، چند متر بر ثانیه است؟



۶۳ قطاری با سرعت $80 \frac{km}{h}$ در حال حرکت است. در نزدیکی ایستگاه راننده قطار می‌خواهد سرعت قطار را کند کرده و در ایستگاه



بایستد. اگر شتاب حاصل از ترمز قطار $\frac{m}{s^2}$ باشد،

الف از چه فاصله‌ای راننده قطار باید اقدام به ترمز گرفتن کند؟

ب زمان توقف قطار از لحظه ترمز گرفتن چند ثانیه است؟

۶۴ در یک راه مستقیم، خودرویی از حال سکون با شتاب $\frac{m}{s^2}$ شروع به حرکت می‌کند و پس از طی مسافت ۱۰۰ متر ترمز می‌گیرد و پس از ۵ ثانیه از زمان ترمز گرفتن متوقف می‌شود، بزرگی شتاب حاصل از ترمز چند متر بر مجذور ثانیه است؟

۶۵ کامیونی که با سرعت $72 \frac{km}{h}$ در مسیری مستقیم در حال حرکت است، ناگهان ترمز می‌کند و با شتاب ثابت بعد از طی مسافت $50m$ متوقف می‌شود. مسافت پیموده‌شده در ۱ ثانیه ابتدایی ترمز چند برابر مسافت پیموده شده در ۱ ثانیه قبل از توقف است؟

۶۶ اگر معادله حرکت جسمی در SI به صورت $x = -2t^2 + 8t$ باشد این جسم پس از طی چند متر متوقف می‌شود؟

۶۷ رابطه بین سرعت و مکان متحرکی در حرکت روی خط راست به صورت $v = \sqrt{2\Delta x + 16}$ داده شده است. اگر متحرک در مبدأ زمان در مکان $x = 10m$ باشد، جابه‌جایی جسم در ۲ ثانیه سوم حرکت چند متر است؟

۶۸ متحرکی با شتاب ثابت از حال سکون روی خط راست شروع به حرکت می‌کند و ۳۰ ثانیه پس از شروع حرکتش سرعتش به $120 \frac{km}{h}$ می‌رسد. اگر شتاب حرکت ثابت فرض شود، سرعت آن در وسط مسیر چند واحد SI است؟

۶۹ متحرکی روی مسیر مستقیم در $t = 0$ در $x = 4m$ بوده و در حال حرکت با شتاب ثابت $\frac{m}{s^2}$ است. اگر مسافت طی‌شده در دو ثانیه دوم و چهارم یکسان باشد، تندی متحرک در هنگام عبور از مبدأ چند متر بر ثانیه خواهد بود؟

۷۰ معادله مکان - زمان جسمی که روی خط راست حرکت می‌کند، در SI به صورت $x = -4t^2 + 2t + 1$ است. در چند متری مبدأ مکان، تندی متحرک به $14 m/s$ در جهت منفی محور می‌رسد؟

۷۱ متحرکی با شتاب ثابت در مسیر مستقیم در حرکت است. در لحظه $t_1 = 2$ سرعت $\frac{m}{s}$ و در لحظه $t_2 = 5s$ سرعت $36 \frac{km}{h}$ است. جابه‌جایی در ۵ ثانیه اول چند متر است؟

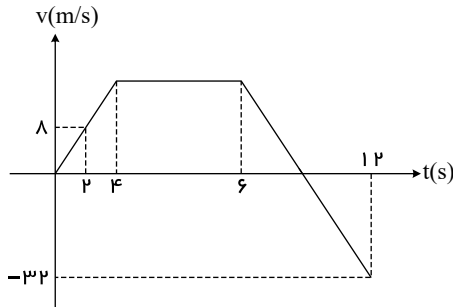
۷۲ متحرکی از حال سکون با شتاب ثابت در مسیر مستقیم شروع به حرکت می‌کند. جابه‌جایی این متحرک در ۲ ثانیه اول چند برابر جابه‌جایی آن در ثانیه دوم است؟

۷۳ معادله سرعت - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند در SI به صورت $v = 4t + 2$ است. مسافتی که این متحرک در ثانیه سوم طی می‌کند چند متر است؟



۷۴) متحرکی از حال سکون با شتاب ثابت $5 \frac{m}{s^2}$ در یک مسیر مستقیم به حرکت درمی‌آید. پس از ۴ ثانیه سرعتش را به مدت ۱۰ ثانیه ثابت نگه می‌دارد، آنگاه چنان ترمز می‌کند که ۲ ثانیه بعد متوقف می‌شود. مسافتی که در این ۱۶ ثانیه می‌پیماید، چند متر می‌شود؟

۷۵) نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. اگر متحرک در مبدأ زمان از ۲۰ متری سمت چپ مبدأ محور حرکت کند، در چه مکانی جهت حرکتش تغییر می‌کند؟

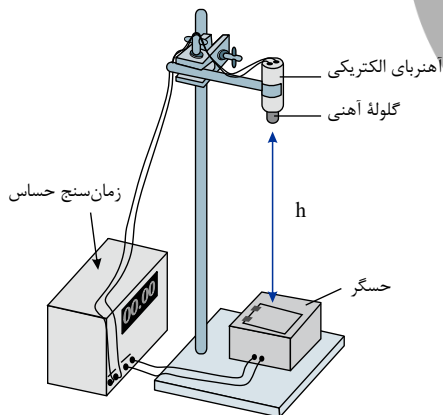


۷۶) قطاری با سرعت v در مسیر مستقیم در حال حرکت است. ناگهان واگنی از آن جدا شده و سرعت آن به صورت یکنواخت کاهش می‌یابد تا اینکه پس از طی مسافت $60m$ متوقف می‌شود. اگر سرعت قطار ثابت مانده باشد، مسافتی که بقیه قطار از لحظه جدایی واگن تا توقف آن طی می‌کند، چند متر است؟

۷۷) معادله مکان - زمان دو متحرک که در یک راستا حرکت می‌کنند در SI به صورت $x_b = -3t^2 + 10t - 10$ و $x_a = -8t + 5$ است. سرعت متوسط متحرک‌ها بین دو لحظه‌ای که از کنار هم عبور می‌کنند چند متر بر ثانیه است؟

سقوط آزاد

۷۸) شکل مقابل، اسباب انجام آزمایش ساده‌ای را نشان می‌دهد که به کمک آن می‌توان شتاب گرانش را در محل آزمایش اندازه گرفت. الف) به نظر شما این وسیله آزمایش چگونه کار می‌کند؟
ب) در یک آزمایش نوعی، داده‌های زیر به دست آمده است:



$$h = 0.27m \text{ و } t = 0.23s$$

با توجه به این داده‌ها، اندازه شتاب گرانش در محل آزمایش چقدر به دست می‌آید؟ (اشاره: اگر وسایل مشابهی در آزمایشگاه مدرسه دارید، شتاب گرانش محل خود را به کمک آن اندازه‌گیری کنید.)

۷۹) گلوله‌ای از ارتفاع ۴۵ متری بالای سطح زمین رها می‌شود. اگر از مقاومت هوا چشم‌پوشی شود، $(g = 10 \frac{m}{s^2})$

الف) این گلوله پس از چند ثانیه به زمین می‌رسد؟

ب) سرعت گلوله در لحظه رسیدن به زمین چند متر بر ثانیه می‌باشد؟



پ در چه لحظه‌ای از ارتفاع ۲۵ متری بالای سطح زمین عبور می‌کند؟ در این لحظه سرعت آن چند متر بر ثانیه است؟

۸۰ شخصی از بالای پلی، سنگی را رها می‌کند، سنگ پس از ۲s به سطح آب رودخانه می‌رسد. از مقاومت هوا چشم‌پوشی کنید. ($g = 10 \frac{m}{s^2}$)

الف ارتفاع پل چند متر است؟

ب سرعت سنگ در لحظه رسیدن به سطح آب چند متر بر ثانیه است؟

پ سرعت متوسط سنگ از لحظه رها شدن تا لحظه برخورد با سطح آب چند متر بر ثانیه است؟

ت نمودارهای مکان - زمان، سرعت - زمان و شتاب - زمان آن را رسم کنید.

۸۱ عبارت مناسب را از داخل پراکنش انتخاب کنید.

الف اگر گلوله‌ای از بالای برجی رها شود، مسافت‌های پیموده‌شده گلوله در زمان‌های مساوی (افزایش می‌یابد - ثابت می‌ماند).

ب نمودار مکان - زمان یک گلوله در حرکت سقوط آزاد به شکل (سه‌می - خط راست) است.

پ با فرض نادیده گرفتن مقاومت هوا، سرعت دو گلوله با جرم‌های مختلف که از یک ارتفاع رها می‌شوند، در لحظه رسیدن به زمین (برابر - متفاوت) است.

۸۲ تندی گلوله‌ای که در شرایط خلأ از ارتفاع h از سطح زمین رها می‌شود، در فاصله $\frac{h}{5}$ از سطح زمین برابر با $12\sqrt{5} \frac{m}{s}$ می‌شود. تندی گلوله در لحظه برخورد به زمین چند متر بر ثانیه است؟ $(g = 9.8 \frac{m}{s^2})$

۸۳ گلوله‌ای بدون سرعت اولیه از ارتفاع h رها می‌شود و سرعت آن در ۱۲ متری سطح زمین برابر $20 \frac{m}{s}$ است. ارتفاع h چند متر است؟ $(g = 10 \frac{m}{s^2})$ و مقاومت هوا ناچیز است.

۸۴ گلوله کوچکی از بالای پلی رها می‌شود. این گلوله در ثانیه دوم سقوط خود چند متر جابه‌جا می‌شود؟ $(g = 9.8 \frac{m}{s^2})$

۸۵ گلوله‌ای در شرایط خلأ بدون سرعت اولیه رها می‌شود. اگر مسافتی که این گلوله در ثانیه آخر حرکت طی کرده $\frac{5}{4}$ برابر مسافتی باشد که تا قبل از آن طی کرده است، اندازه سرعت گلوله هنگام برخورد با زمین چند $\frac{m}{s}$ است؟ $(g = 10 \frac{m}{s^2})$



۸۶ گلوله‌ای از ارتفاع ۱۲۵ متری بالای سطح زمین رها می‌شود. یک ثانیه بعد گلوله دیگری از همان ارتفاع رها می‌شود. در لحظه رسیدن گلوله اول به سطح زمین فاصله دو گلوله چند متر است؟ ($g = 10 \frac{m}{s^2}$)

۸۷ در شرایط خلأ، دو جسم به فاصله زمانی Δt از حال سکون و از ارتفاع مساوی بدون سرعت اولیه رها می‌شوند. اگر $1.5s$ بعد از رها شدن جسم اول، فاصله دو جسم به 10 متر برسد، Δt چند ثانیه است؟ ($g = 10 \frac{m}{s^2}$)

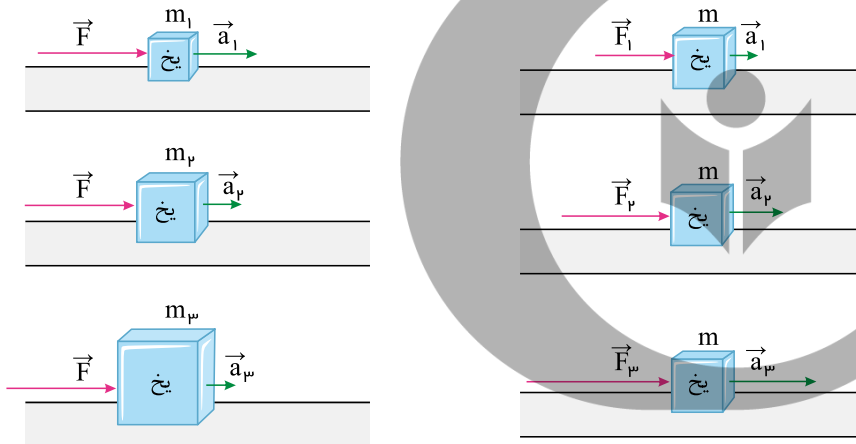
فصل ۲: دینامیک و حرکت دایره‌ای

قوانین حرکت نیوتون

۸۸ عبارتهای درست یا نادرست را مشخص کنید.

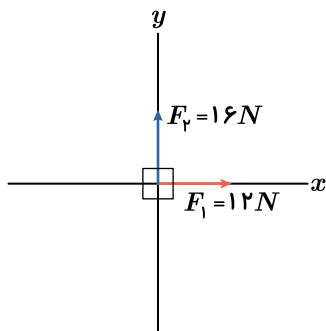
الف) اگر نیروهای وارد بر جسمی متوازن باشند، جسم همواره ساکن است.
ب) اگر خودرویی با سرعت ثابت بر مسیر مستقیم ناگهان ترمز کند، مسافر درون آن به دلیل اعمال نیروی ترمز به سمت جلو پرتاب می‌شود.
پ) فضایی که به دور از تمامی اجرام آسمانی در حال حرکت با سرعت ثابت است برای ادامه حرکت نیاز به نیرو دارد.

۸۹ در شکل‌های زیر، قطعه یخ‌ها روی یک سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارند. تفسیر خود را از این شکل‌ها بیان کنید.



۹۰ در شکل مقابل بر جسمی به جرم $10 kg$ که در مرکز محورهای مختصات قرار دارد، نیروهای $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ وارد می‌شود و جسم شروع به حرکت می‌کند.

الف) برآیند نیروهای وارد بر جسم چند نیوتون است؟
ب) اندازه شتاب جسم چند متر بر مربع ثانیه است؟



۹۱ به دو توپ به جرم‌های $m_1 = 200g$ و $m_2 = 600g$ نیروی $15N$ وارد می‌کنیم. شتاب a_1 به a_2 چقدر است؟



۹۲) نیروی ۲۰ نیوتونی به جسمی در SI شتاب a و نیروی ۴۰ نیوتونی به همان جسم شتاب $a + ۴$ می‌دهد. a چند $\frac{m}{s^2}$ است؟

۹۳) در هریک از موارد زیر، نیروهای وارد بر جسم را مشخص کنید. واکنش هریک از این نیروها به چه جسمی وارد می‌شود؟

الف) خودرویی با سرعت ثابت در یک مسیر مستقیم افقی در حال حرکت است.

ب) کشتی‌ای با سرعت ثابت در حال حرکت است.

پ) قایقرانی در حال پارو زدن است.

ت) چتربازی در هوای آرام و در امتداد قائم در حال سقوط است.

ث) هواپیمایی در یک سطح پروازی افقی با سرعت ثابت در حال حرکت است.

ج) توپی در راستای قائم به زمین برخورد می‌کند و برمی‌گردد.

۹۴) شخصی در حال هل دادن جعبه‌ای سنگین روی سطح افقی است و این جعبه در جهت این نیرو حرکت می‌کند. با توجه به آنکه نیرویی

که شخص به جعبه وارد می‌کند با نیرویی که جعبه به شخص وارد می‌کند هم‌اندازه است، توضیح دهید چگونه جعبه حرکت می‌کند؟

۹۵) درستی و نادرستی هر یک از عبارتهای زیر را مشخص کنید و شکل درست یا دلیل نادرستی عبارت نادرست را بیان کنید.

الف) وزن یک جسم در سطح زمین بیشتر از وزن آن روی کره ماه است.

ب) نیروی مقاومت شاره به بزرگی سطح مقطع جسم بستگی ندارد.

پ) واکنش نیروی وزن یک جسم نزدیکی زمین به زمین وارد می‌شود.

۹۶) آیا نیروی عمودی سطح، عکس‌العمل نیروی وزن است؟ در مورد پاسخ خود توضیح دهید.

نیروهای خاص

۹۷) الف) وزن قطعه‌ای طلا به جرم ۱۰۰ گرم را روی سطح زمین به دست آورید.

ب) وزن یک جسم در سطح یک سیاره برابر با نیروی گرانشی است که از طرف آن سیاره بر جسم وارد می‌شود. وزن این قطعه طلا را در

سطح ماه و مریخ به دست آورید و با هم مقایسه کنید.

$$(g_{\text{مریخ}} = ۳٫۷ \frac{N}{kg}, g_{\text{ماه}} = ۱٫۶ \frac{N}{kg}, g_{\text{زمین}} = ۹٫۸ \frac{N}{kg})$$

۹۸) دو گوی هم‌اندازه A و B را که چگالی یکی دو برابر دیگری است ($\rho_B = ۲\rho_A$) از بالای بُرجی به ارتفاع h به طور هم‌زمان رها

می‌کنیم. با فرض اینکه نیروی مقاومت هوا در طی حرکت دو گوی ثابت و یکسان باشد، تندی برخورد کدام گوی با زمین بیشتر است؟ زمان

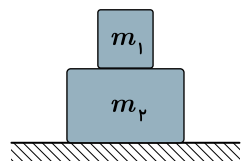
رسیدن دو گوی به سطح افقی زمین را با هم مقایسه کنید. (در صورت نیاز: $g \simeq ۱۰ m/s^2$)

۹۹) یک فوتبالیست توپی را تحت زاویه α با افق شوت می‌کند. اگر جرم توپ ۶۰۰ گرم باشد و نیروی مقاومت هوا در بالاترین نقطه بر

روی توپ ۱۰ نیوتون باشد، اندازه شتاب توپ را در بالاترین نقطه از مسیر تعیین کنید. ($g = ۱۰ N/kg$)



۱۰۰ الف) اگر دو گلوله با ابعاد یکسان و جرم‌های متفاوت از ارتفاع یکسانی در هوا رها شوند، کدام یک زودتر به زمین می‌رسند؟
 ب) اگر همین دو گلوله در خلأ سقوط کنند چطور؟



۱۰۱ مطابق شکل دو جسم به جرم‌های $m_1 = 4\text{ kg}$ و $m_2 = 6\text{ kg}$ روی یک سطح افقی به حال سکون قرار دارند. نیروی عمودی سطح وارد بر جرم‌های m_1 و m_2 به ترتیب چند نیوتون است؟ $(g = 10 \frac{m}{s^2})$

۱۰۲ جاهای خالی را در جمله‌های زیر با کلمه‌های مناسب تکمیل کنید:

الف) نیروی عمودی سطح ناشی از تغییر شکل سطح تماس دو جسم است. این تغییر شکل مربوط به نیروهای می‌باشد.

ب) نیروی عمودی تکیه‌گاه از طرف سطح، در راستای سطح بر جسم وارد می‌شود.

پ) در حرکت دایره‌ای همواره بردار ذره، مماس بر مسیر حرکت دایره‌ای است.

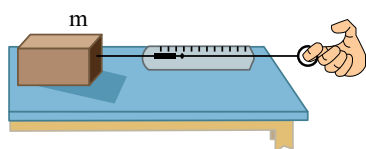
ت) در حرکت دایره‌ای یکنواخت، اگر فقط دوره، دو برابر شود، تندى ذره برابر می‌شود.

۱۰۳ آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد ضریب اصطکاک ایستایی جسم به مساحت سطح تماس بستگی ندارد.

وسایل لازم: نیروسنج، قطعه چوبی به شکل مکعب مستطیل با وجوه یکنواخت، ترازو، خطکش
 شرح آزمایش:

۱) مکعب چوبی را از طرف وجه بزرگ آن، روی سطح افقی میز قرار می‌دهیم.

۲) نیروسنج را مانند شکل به مکعب چوبی وصل کرده و سر دیگر نیروسنج را با دست گرفته و به‌طور افقی می‌کشیم.



۳) نیروی دست خود را به آرامی افزایش می‌دهیم تا جایی که مکعب چوبی در آستانه لغزیدن قرار گیرد. در این حالت عددی را که نیروسنج نشان می‌دهد، در جدول یادداشت می‌کنیم (برای افزایش دقت در نتیجه‌گیری می‌توان آزمایش را چندین بار تکرار کرد).

۴) اکنون مکعب چوبی را از طرف وجه کوچک‌تر روی سطح قرار داده و مراحل ۲ و ۳ را تکرار می‌کنیم.

۵) با اندازه‌گیری جرم مکعب چوبی و استفاده از رابطه $f_{s,max} = \mu_s F_N$ ، $F_N = mg$ ، مقدار $f_{s,max}$ را محاسبه می‌کنیم.

$$(\mu_s = \frac{f_{s,max}}{F_N} = \frac{F_{نیروسنج}}{mg})$$

۱۰۴ یک کمد به جرم 45 kg که شامل کشوه‌های مختلف محتوی لباس است، روی کف اتاق قرار دارد. با نیروی افقی 50 N کمد را هل

می‌دهیم. اگر ضریب اصطکاک ایستایی میان کمد و کف اتاق 0.45 باشد:

الف) حداقل نیروی لازم برای به حرکت درآوردن کمد چند نیوتون است؟



ب نیروی اصطکاک ایستایی چند نیوتون است؟

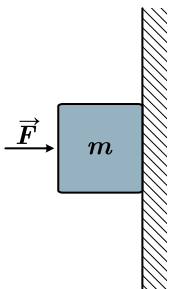
پ اگر یکی از کشوهای کمد به جرم 10 kg را خارج کنیم، نیروی اصطکاک ایستایی چند نیوتون می‌شود؟

۱۰۵ جسمی به جرم 4 kg روی سطح افقی که ضریب ایستایی آن 0.4 است، قرار دارد.

الف اگر نیروی $F = 18\text{ N}$ به آن وارد شود، آیا جسم ساکن می‌ماند؟

ب اگر در اثر نیروی 24 نیوتونی، جسم شتاب $\frac{m}{s^2}$ را به دست آورد، μ_k چقدر است؟

۱۰۶ در شکل روبه‌رو حداقل نیروی F چقدر باشد، تا جسم به پایین نلغزد؟ ($m = 400\text{ g}$, $\mu_s = 0.1$)



۱۰۷ جسمی با تندی اولیه 10 m/s روی سطح افقی پرتاب شده و پس از طی مسافت 20 m متوقف می‌شود. ضریب اصطکاک جسم با سطح افقی چه مقدار است؟

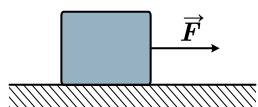
۱۰۸ جسمی با سرعت ثابت روی سطح تکیه‌گاه افقی در حال حرکت است. اگر نیروی افقی وارد بر جسم را قطع کنیم، حرکت جسم چگونه تغییر می‌کند؟

۱۰۹ جسمی به جرم 4 کیلوگرم روی سطح افقی با نیروی افقی 12 نیوتون کشیده می‌شود. سرعت جسم در مدت 5 ثانیه با شتاب ثابت از 4 m/s به 14 m/s می‌رسد. ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح افقی را به دست آورید. ($g = 10 \frac{m}{s^2}$)

۱۱۰ گلوله‌ای را با سرعت $10 \frac{m}{s}$ روی سطح افقی پرتاب می‌کنیم و با شتاب ثابت پس از 5 s می‌ایستد. ($g = 10 \frac{N}{kg}$)

الف ضریب اصطکاک جنبشی بین گلوله و سطح افقی را به دست آورید.

ب اگر گلوله دیگری که فقط جرم آن دو برابر جرم گلوله اول باشد ولی جنس و ویژگی‌های دیگر آن با گلوله اول یکسان باشد، با همان سرعت پرتاب کنیم، ضریب اصطکاک جنبشی و مسافت طی‌شده آن چند برابر گلوله اول می‌شود؟



۱۱۱ مطابق شکل، جسمی به جرم 5 kg روی یک سطح افقی قرار دارد. اگر برای این جسم $\mu_s = 0.5$ و $\mu_k = 0.4$ باشد.

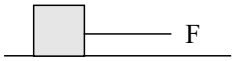


الف نیروی اصطکاک آستانه حرکت را به دست آورید. ($g = 10 \frac{m}{s^2}$)

ب به ازای هریک از نیروهای داده شده، نیروی اصطکاک را به دست آورید. فرض کنید جسم در ابتدا ساکن بوده و سپس F به آن وارد می شود.

الف) $F = 15N$ ب) $F = 25N$ پ) $F = 30N$

۱۱۲ جسمی مطابق شکل زیر بر روی یک سطح افقی در حال حرکت با سرعت ثابت است. نیروهای وارد بر جسم را رسم کرده و واکنش آن ها را نیز نشان دهید؟

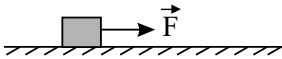


۱۱۳ در شکل زیر، نردبانی به جرم $30kg$ به دیوار قائم بدون اصطکاکی تکیه داده شده است. ضریب اصطکاک ایستایی بین زمین و پای نردبان 0.45 است. در آستانه سر خوردن نردبان: ($g = 10 \frac{N}{kg}$)

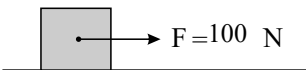
الف زمین به نردبان تقریباً چه نیرویی وارد می کند؟

ب چه نیرویی از دیوار به نردبان وارد می شود؟

۱۱۴ در شکل زیر، جسمی به جرم $m = 6kg$ روی سطح افقی قرار دارد و نیروی افقی $F = 90N$ به آن وارد می شود. اگر اندازه نیرویی که از طرف سطح به جسم وارد می شود برابر با $75N$ باشد، اندازه شتاب حرکت جسم چند متر بر مجذور ثانیه است؟ ($g = 10 N/kg$)

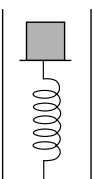


۱۱۵ جسمی به جرم 20 کیلوگرم روی یک سطح افقی به ضرایب اصطکاک جنبشی 0.4 و ایستایی 0.6 قرار گرفته است. نیرویی که سطح تکیه گاه بر جسم وارد می کند چند نیوتون است؟



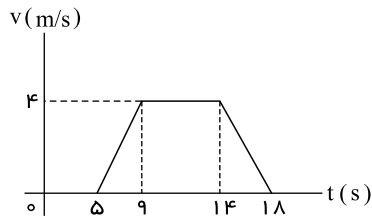
۱۱۶ دنده ای به جرم $60kg$ با شتاب $2 \frac{m}{s^2}$ شروع به دویدن می کند، نیروی سطح بر دنده چند نیوتون است؟ ($g = 10 \frac{N}{kg}$ از مقاومت هوا صرف نظر کنید).

۱۱۷ وزنه ای به جرم 5 کیلوگرم را روی فنری با ثابت 500 نیوتون بر متر مطابق شکل قرار می دهیم. تغییرات طول فنر در حالی که جسم در حال تعادل است به دست آورید.



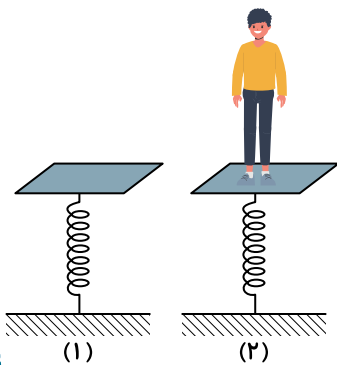


۱۱۸ جسمی به جرم ۴ کیلوگرم را به انتهای فنر سبکی با ثابت $k = ۲۰ N/cm$ می‌بندیم و آن را از سقف اتاقک یک آسانسور آویزان می‌کنیم. اگر نمودار سرعت - زمان آسانسور به شکل زیر باشد، در هریک از بازه‌های زمانی مشخص شده تغییرات طول فنر را نسبت به حالت عادی‌اش محاسبه کنید.



۱۱۹ یک وزنه $۲۰ N$ را از انتهای یک فنر قائم می‌آویزیم، فنر $۲۰ cm$ کشیده می‌شود. سپس این فنر را در حالی که به یک وزنه $۵۰ N$ متصل است روی میز بدون اصطکاکی به نوسان در می‌آوریم. دوره تناوب این نوسان چقدر است؟

۱۲۰ در شکل (۱)، صفحه‌ای با جرم $۱۰ kg$ به روی فنری به ثابت $۱۲۰۰۰ \frac{N}{m}$ قرار دارد، اگر احمد به جرم $۶۰ kg$ روی صفحه بایستد (شکل ۲)، فنر چند سانتی‌متر فشرده می‌شود؟



۱۲۱ کارگری یک سطل محتوی مصالح به جرم $۱۶۰ kg$ را با طناب سبکی به طرف بالا می‌کشد. اگر شتاب رو به بالای سطل $۱,۲ m/s^2$ باشد، نیروی کشش طناب چقدر است؟ ($g = ۹,۸ \frac{m}{s^2}$)



۱۲۲ جسمی به وزن W توسط نخ آویزان است. نیروی کشش نخ را به گونه‌ای تعیین کنید تا شتاب جسم:
الف) برابر $۲g$ به سمت بالا باشد.
ب) برابر $\frac{1}{۲}g$ به سمت پایین باشد.

۱۲۳ جسمی را مطابق شکل زیر ابتدا با شتاب ثابت $۴ \frac{m}{s^2}$ به صورت تندشونده و رو به بالا جابه‌جا کرده و سپس با سرعت ثابت $۴ \frac{m}{s}$ پایین می‌آوریم. اندازه نیروی کشش طناب در حالت اول چند برابر اندازه نیروی کشش طناب در حالت دوم است؟ (جرم طناب ناچیز است و $g = ۱۰ \frac{m}{s^2}$)



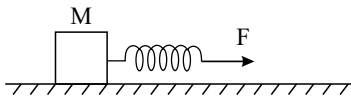


مسائل ترکیبی نیروها

۱۲۴ به جسمی به جرم 10 kg همزمان دو $\vec{F}_1 = +6\vec{i}$ و $\vec{F}_2 = +8\vec{j}$ وارد می‌شود. اگر جسم ساکن باشد، پس از ۲ ثانیه چند متر جابه‌جا می‌شود؟

۱۲۵ جسمی به وزن ۱۲ نیوتون را روی سطح افقی به وسیله فنری با ثابت 36 N/m با سرعت ثابت می‌کشیم. اگر راستای فنر افقی و افزایش طول آن 2 cm باشد، ضریب اصطکاک بین جسم و سطح را حساب کنید.

۱۲۶ در شکل داده شده، اگر جسم با شتاب ثابت 2.5 m/s^2 در راستای افق حرکت کند و نیروی وارده از طرف جسم به سطح 50 N ، ضریب اصطکاک جنبشی جسم با سطح برابر 0.75 و تغییر طول فنر نسبت به وضعیت تعادل، 1 cm باشد، ضریب سختی فنر و جرم جسم را بیابید. ($g = 10 \text{ N/kg}$)



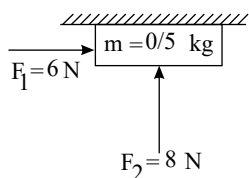
۱۲۷ اتومبیلی که مجموع جرم آن و راننده‌اش یک تن است با سرعت $72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ در مسیری افقی روی خط راست حرکت می‌کند. راننده اتومبیل با شتاب ثابت $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ترمز می‌گیرد و پس از طی مسافتی متوقف می‌شود. ($g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)

الف مسافتی که اتومبیل در هنگام ترمز کردن پیموده است، چند متر می‌باشد؟

ب نیروی اصطکاک وارد بر اتومبیل چند نیوتون است؟ همچنین ضریب اصطکاک بین لاستیک‌های اتومبیل و سطح جاده را به دست آورید.

۱۲۸ در شرایط خلأ، به جسمی به جرم 100 kg که روی سطح زمین قرار دارد، نیروی ثابت F در راستای قائم و به طرف بالا وارد می‌شود، به‌طوری که جسم از حال سکون و با شتاب $5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ به طرف بالا شروع به حرکت می‌کند. اگر پس از 2 s نیروی F حذف شود، جسم حداکثر تا چه ارتفاعی برحسب متر از سطح زمین بالا می‌رود؟ ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$)

۱۲۹ مطابق شکل زیر، جسم تحت تأثیر نیروهای $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ بر زیر سقف افقی اتاقی، از حال سکون به حرکت درمی‌آید. اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سقف 0.5 باشد، جسم در ثانیه اول چند متر جابه‌جا می‌شود؟ ($g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)



تکانه و قانون دوم نیوتون

۱۳۰ جرم و سرعت گلوله A به ترتیب ۳ و $\frac{3}{4}$ برابر جرم و سرعت گلوله B است. نسبت تکانه A به تکانه B چقدر است؟



۱۳۱) جرم جسم A دو برابر جرم جسم B و تکانه A ، $\frac{1}{4}$ تکانه B است. نسبت سرعت جسم A به سرعت جسم B را به دست آورید.

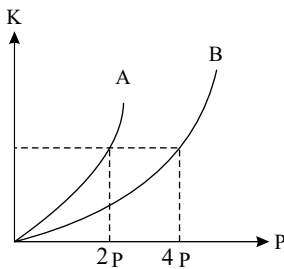
۱۳۲) معادله نیروی خالص وارد بر متحرکی که روی محور x در حال حرکت است، در SI به صورت $F = -2t + 12$ است. اندازه تغییر تکانه این متحرک در بازه زمانی $t_1 = 4s$ تا $t_2 = 10s$ چند $\frac{kg \cdot m}{s}$ است؟

۱۳۳) نشان دهید بین اندازه تکانه (p) و انرژی جنبشی (K) جسمی به جرم m ، رابطه $K = \frac{p^2}{2m}$ برقرار است.

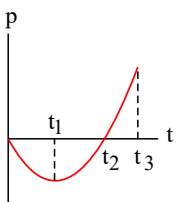
۱۳۴) اگر سرعت جسمی به جرم 5 کیلوگرم، $4m/s$ افزوده شود انرژی جنبشی آن 9 برابر می‌گردد تکانه اولیه آن چند $kg \frac{m}{s}$ بوده است؟

۱۳۵) جرم جسم A ، 4 برابر جرم جسم B است. اگر انرژی جنبشی جسم A ، نصف انرژی جنبشی جسم B باشد، بزرگی تکانه جسم A چند برابر بزرگی تکانه جسم B است؟

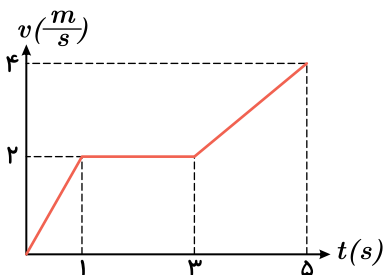
۱۳۶) نمودار انرژی جنبشی بر حسب اندازه تکانه برای دو جعبه چوبی A و B که بر روی سطح افقی قرار دارند، مطابق شکل زیر است. نیروی عمودی سطح جعبه چوبی B چند برابر نیروی عمودی سطح جعبه چوبی A است؟ ($g = 10 m/s^2$)



۱۳۷) نمودار تکانه - زمان حرکت جسمی بر مسیر مستقیم مطابق شکل است. نوع حرکت جسم بین لحظه‌های مشخص شده را تعیین کنید.



۱۳۸) نمودار تغییرات سرعت بر حسب زمان یک جسم به جرم $2kg$ به صورت روبه‌رو است.



الف) نمودار تکانه بر حسب زمان آن را رسم کنید.



ب) نیروی متوسط وارد بر جسم در بازه (۵s , ۱s) را به دست آورید.

۱۳۹) معادله تکانه جسمی در SI به صورت: $p = t^2 + 4t + 6$ است نیروی متوسط وارد به آن از $t_1 = 1s$ تا $t_2 = 3s$ چند نیوتون است؟

حرکت دایره‌ای یکنواخت

۱۴۰) عبارت مناسب را از داخل پراکنش انتخاب کنید.

الف) در حرکت دایره‌ای یکنواخت، (تندی - سرعت) ذره ثابت است.

ب) در حرکت دایره‌ای همواره بردار سرعت ذره (مماس - عمود) بر مسیر دایره است.

پ) شتاب گرانش در نقاط بالای سطح زمین با مربع فاصله آن نقطه از مرکز زمین نسبت (مستقیم - وارون) دارد.

ت) دوره گردش ماهواره به دور زمین به جرم ماهواره بستگی (دارد - ندارد).

۱۴۱) دیسک‌های سخت جدید که به آنها «دور بالا» نیز گفته می‌شود، در هر دقیقه ۱۵۰۰۰ دور می‌چرخند (15000 rpm)

الف) دوره چرخش دیسک را به دست آورید.

ب) یک نقطه در فاصله ۵ سانتی‌متری از مرکز دیسک را در نظر بگیرید. این نقطه در هر دقیقه چه مسافتی طی می‌کند؟ ($\pi = 3$)

۱۴۲) خودرویی به جرم 1500 kg را در نظر بگیرید که می‌خواهد در یک پیچ مسطح افقی به شعاع 50 m بدون آنکه بلغزد، دور بزند.

اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین لاستیک و سطح جاده 0.1 باشد، حداکثر تندی خودرو

چقدر می‌تواند باشد؟ (راهنمایی: با اینکه خودرو می‌خواهد یک‌چهارم دایره را طی کند،

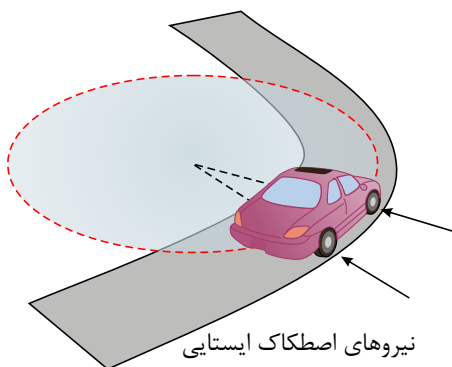
می‌توانیم خودرو را به صورت یک ذره در نظر بگیریم که در یک‌چهارم دایره، حرکت دایره‌ای

یکنواخت دارد. در راستای عمود بر سطح، نیروی وزن و نیروی عمودی سطح بر خودرو وارد

می‌شود و نیروی اصطکاک ایستایی که عمود بر راستای حرکت است. مانع از لغزش خودرو

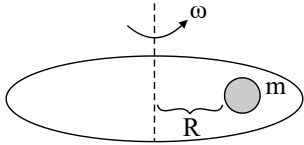
شده و به طرف مرکز پیچ، بر خودرو وارد می‌شود. این نیرو شتاب مرکزگرای لازم را برای

دور زدن تأمین می‌کند.)





۱۴۳ یک صفحه دوار حول محور قائمش در سطح افقی، با سرعت زاویه‌ای ثابت دوران می‌کند، جسمی به جرم g ۱۰ را که ضریب اصطکاک ایستایی آن با سطح صفحه $\mu_s = ۰٫۵$ است. در فاصله ۸۰ سانتی‌متری از محور دوران قرار می‌دهیم. حداکثر سرعت جسم چند $\frac{m}{s}$ باشد تا جسم روی سطح افقی نلغزد؟ ($g = ۱۰ \frac{m}{s^2}$)



نیروی گرانشی

۱۴۴ نشان دهید مربع دوره گردش ماهواره‌ها به دور زمین متناسب با مکعب فاصله ماهواره از مرکز زمین است.

۱۴۵ تلسکوپ فضایی هابل با تندی $\frac{m}{s}$ ۷۵۶۰ گرد زمین می‌چرخد.

الف) فاصله این تلسکوپ از سطح زمین چند کیلومتر است؟

ب) وزن این تلسکوپ در این ارتفاع چند برابر وزن آن روی زمین است؟

پ) دوره تناوب این تلسکوپ را پیدا کنید. ($R_e = ۶۳۸۰ km$)

۱۴۶ ماهواره‌ای به جرم $۶۰۰ kg$ در مداری دایره‌ای به ارتفاع ۲۸۰۰ کیلومتر از سطح زمین، به دور آن می‌چرخد.

الف) نیروی گرانشی وارد بر ماهواره

ب) شتاب ماهواره

پ) تندی ماهواره

ت) دوره تناوب ماهواره را در این ارتفاع به دست آورید.

$$(M_e = ۵٫۹۸ \times ۱۰^{۲۴} kg, R_e = ۶۴۰۰ km)$$

۱۴۷ در چه فاصله‌ای از سطح زمین شتاب گرانش زمین نصف شتاب گرانش در سطح زمین است؟

۱۴۸ شعاع و چگالی سیاره‌ای به ترتیب ۲ برابر و ۸ برابر شعاع و چگالی زمین است. شتاب گرانش در سطح آن سیاره چند برابر زمین است؟

۱۴۹ جرم زمین تقریباً ۸۱ برابر جرم ماه است و شتاب گرانشی در سطح زمین تقریباً ۵ برابر شتاب گرانشی در سطح ماه است. شعاع کره زمین در حدود ۶۰۰۰ کیلومتر است. شعاع کره ماه حدوداً چقدر است؟

فصل ۳: نوسان و موج

نوسان دوره‌ای

۱۵۰ تعریف کنید:



الف نوسان‌های دوره‌ای:

ب دوره تناوب:

پ فرکانس:

ت حرکت هماهنگ ساده (SHM):

ث نوسان‌نگار:

ج آونگ ساده:

۱۵۱ در حرکت هماهنگ ساده، مکان $x(t)$ باید پس از گذشت یک دوره تناوب برابر مقدار اولیه‌اش شود. یعنی اگر $x(t)$ مکان در زمان دلخواه t باشد، آنگاه نوسانگر باید در زمان $t + T$ دوباره به همان مکان بازگردد و بنابراین $A \cos \omega t = A \cos \omega(t + T)$. بر این اساس نشان دهید $\omega = 2\frac{\pi}{T}$.

۱۵۲ در یک نوسان دوره‌ای در مدت ۳ دقیقه ۴۵۰ نوسان کامل (چرخه) طی می‌شود. بسامد این حرکت چند هرتز است؟

حرکت هماهنگ ساده

۱۵۳ ذره‌ای در حال نوسان هماهنگ ساده با دوره تناوب T است. با فرض اینکه در $t = 0$ s ذره در $x = +A$ باشد، تعیین کنید در هر یک از لحظات زیر، آیا ذره در $x = -A$ ، در $x = +A$ یا در $x = 0$ خواهد بود؟ الف) $t = 2.0T$ ، ب) $t = 3.5T$ ، پ) $t = 5.25T$ (راهنمایی: برای پاسخ به این تمرین، ساده‌تر آن است که چند دوره از یک نمودار کسینوسی را رسم کنید.)

۱۵۴ دامنه حرکت نوسانگری که حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد، 4 cm و فرکانس آن $\frac{1}{12}\text{ Hz}$ است. اگر نوسانگر در $t = 0$ در طرف

مثبت x و در نقطه بازگشت، قرار داشته باشد: $(\cos \frac{\pi}{6} = \frac{\sqrt{3}}{2})$

الف معادله مکان - زمان حرکت این نوسانگر را در SI بنویسید.

ب در $t = 7\text{ s}$ متحرک در چه مکانی قرار دارد؟

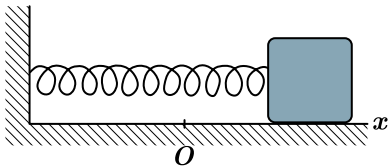
پ در چه لحظه‌ای برحسب ثانیه، متحرک برای اولین بار در $x = -2\text{ cm}$ قرار می‌گیرد؟



۱۵۵ یک عروسک خیمه‌شب‌بازی را به فنری آویزان کرده‌ایم تا راحت‌تر بالا و پایین برود. اگر دوره تناوب بالا و پایین شدن عروسک T باشد و در زمان $t = 0$ پای عروسک زوی زمین قرار داشته باشد، دامنه نوسان آن چقدر باشد تا در لحظه $t = \frac{T}{2}$ فاصله آن از سطح زمین 6 cm باشد؟

۱۵۶ از داخل پراتنرها عبارت مناسب را انتخاب کنید.

مطابق شکل، جسمی به یک فنر متصل است و روی یک سطح افقی بدون اصطکاک حرکت هماهنگ ساده می‌دهد. نقطه O ، نقطه تعادل است. اگر در لحظه نشان داده شده در شکل، تندی جسم در حال کاهش باشد، جسم در حال (دور شدن از - نزدیک شدن به) نقطه O و علامت سرعت آن در این لحظه (مثبت - منفی) است.

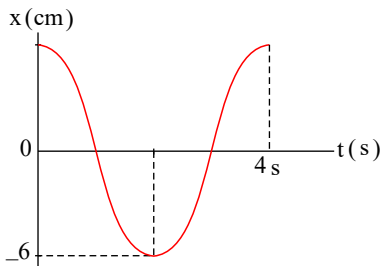


۱۵۷ اگر بدون تغییر در بقیه مشخصات نوسانگر ساده، فقط دامنه نوسان دو برابر شود، کدام کمیت دو برابر می‌شود؟
(۱) دوره تناوب (۲) بیشینه تندی (۳) انرژی مکانیکی

۱۵۸ نمودار مکان - زمان نوسانگر ساده‌ای به صورت شکل زیر است: الف) معادله آن را در SI بنویسید.

ب) مکان نوسانگر در $t = 5,5\text{ s}$ را به دست آورید.

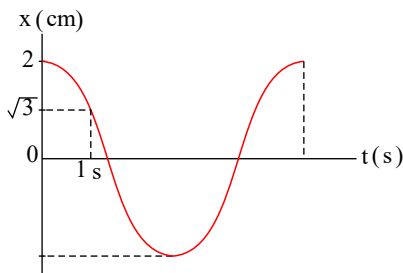
پ) تعیین کنید در چه زمانی برای دومین بار از مکان $x = -3\text{ cm}$ عبور می‌کند.



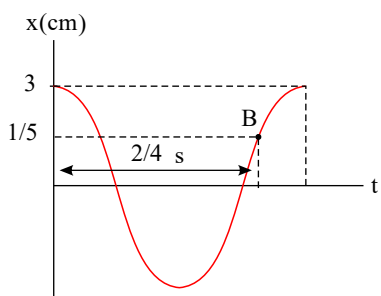
۱۵۹ نمودار مکان - زمان نوسانگری به صورت زیر است: الف) معادله آن را بنویسید.

ب) مکان نوسانگر در $t = 4,5\text{ s}$ را به دست آورید.

پ) تعیین کنید در چه زمانی برای سومین مرتبه از مکان $x = -\sqrt{2}\text{ cm}$ عبور می‌نماید؟



۱۶۰ نمودار مکان - زمان در حرکت نوسانی ساده‌ای به صورت زیر است. مکان نوسانگر در $t = 9\text{ s}$ را به دست آورید.

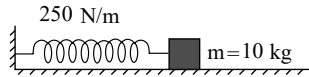




۱۶۱ هرگاه جسمی به جرم m به فنری متصل شود و به نوسان درآید، با دوره تناوب $۲٫۰s$ نوسان می‌کند. اگر جرم این جسم $۲٫۰kg$ افزایش یابد، دوره تناوب $۳٫۰s$ می‌شود. مقدار m چقدر است؟

۱۶۲ جرم خودرویی همراه با سرنشینان آن $۱۶۰۰kg$ است. این خودرو روی چهار فنر با ثابت $۱۰^۴ \frac{N}{m}$ سوار شده است. دوره تناوب، بسامد و بسامد زاویه‌ای ارتعاش خودرو وقتی از چاله‌ای می‌گذرد چقدر است؟ فرض کنید وزن خودرو به‌طور یکنواخت روی فنرهای چهارچرخ توزیع شده است.

۱۶۳ در شکل داده‌شده، نیروی اصطکاک بین جرم m با زمین ناچیز است و بیشترین و کمترین طول فنر در حین نوسان $۶۰cm$ و $۴۰cm$ است. در لحظه‌ای که طول فنر $۴۴cm$ می‌شود، آهنگ تغییرات سرعت جسم در SI چقدر است؟



۱۶۴ معادله شتاب - مکان نوسانگری که روی پاره‌خطی به طول $۲۰cm$ نوسان می‌کند، در SI به صورت: $a = -\pi^2 x$ است. بیشترین مقدار سرعت متوسط متحرک در مدت $\frac{1}{3}$ ثانیه در طول نوسان، چند m/s است؟

۱۶۵ رابطه بین شتاب و مکان برای یک نوسانگر جرم - فنر در SI به صورت $۴a + ۲۵\pi^2 x = ۰$ است. اگر دامنه نوسان‌های آن $۵cm$ باشد تندی متوسط نوسانگر در هر دقیقه، چند m/s است؟

انرژی حرکت هماهنگ ساده

۱۶۶ معادله حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI $x = (۰٫۱) \cos \pi t$ است. تندی نوسانگر چقدر باشد تا انرژی جنبشی، یک سوم انرژی پتانسیل آن شود؟

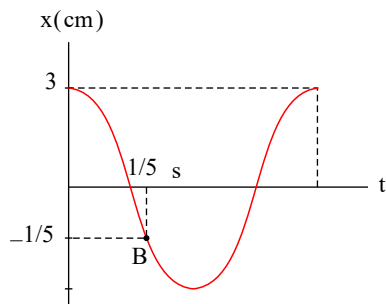
۱۶۷ معادله حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI ، $x = ۰٫۱ \cos \pi t$ است.

الف) در زمان $۱s$ مکان نوسانگر را محاسبه نمایید.

ب) در چه زمانی نوسانگر برای دومین بار از $x = -۵mm$ عبور می‌کند؟

پ) در زمانی که انرژی مکانیکی ۲ برابر انرژی پتانسیل است، تندی نوسانگر را محاسبه نمایید.

۱۶۸ نمودار مکان - زمان متحرکی که دارای حرکت نوسانی ساده است به صورت زیر است. در زمانی که انرژی پتانسیل نصف انرژی جنبشی نوسانگر است، تندی نوسان چقدر است؟





۱۶۹ جسمی به جرم ۵۰۰ گرم به فنری افقی با ثابت $2 \frac{N}{cm}$ متصل است. فنر به اندازه 20 cm فشرده شده و سپس رها می‌شود و جسم روی سطح افقی بدون اصطکاک شروع به نوسان می‌کند.

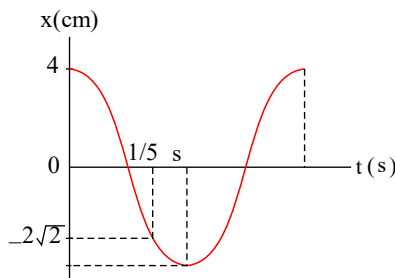
الف) دامنه نوسان و تندی بیشینه جسم چقدر است؟

ب) وقتی تندی جسم به $1 \frac{m}{s}$ می‌رسد، انرژی پتانسیل کشسانی دستگاه چند ژول می‌شود؟

۱۷۰ معادله حرکت نوسانگری در SI به صورت $x = 1,6 \cos 50\pi t$ است.

الف) در چه لحظه‌ای، پس از لحظه صفر، برای نخستین بار انرژی پتانسیل نوسانگر بیشینه می‌شود؟

ب) در چه لحظه‌ای، پس از لحظه صفر، برای نخستین بار انرژی جنبشی نوسانگر بیشینه می‌شود؟



۱۷۱ نمودار مکان - زمان نوسانگر ساده‌ای به جرم ۱ گرم شکل زیر است: الف) معادله آن را به دست آورید (در SI)

ب) انرژی مکانیکی نوسانگر را محاسبه کنید.

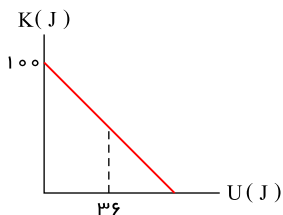
پ) وقتی انرژی پتانسیل دو برابر انرژی جنبشی است سرعت نوسانگر را محاسبه نمایید. $(\pi^2 = 10)$

۱۷۲ بیشینه انرژی جنبشی سامانه جرم - فنری که با بسامد زاویه‌ای 4π بین دو نقطه $x_1 = 20 \text{ cm}$ و $x_2 = -20 \text{ cm}$ نوسان می‌کند، برابر 20 J است. جرم نوسانگر، چند کیلوگرم است؟ $(\pi^2 = 10)$

۱۷۳ معادله حرکت ذره‌ای به جرم 20 g که حرکت نوسانی هماهنگ ساده انجام می‌دهد در SI به صورت

$x = 0,4 \cos(200t)$ می‌باشد. در لحظه‌ای که نوسانگر از مکان $x = +1 \text{ cm}$ می‌گذرد، انرژی مکانیکی آن چند ژول است؟

۱۷۴ نمودار تغییرات انرژی جنبشی بر حسب انرژی پتانسیل یک حرکت هماهنگ ساده سامانه جرم - فنر به شکل زیر است. جرم



نوسانگر ۲ کیلوگرم و طول پاره‌خط نوسان 20 cm می‌باشد.

الف) در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل این نوسانگر 36 J است، سرعت نوسانگر چند (m/s) است؟

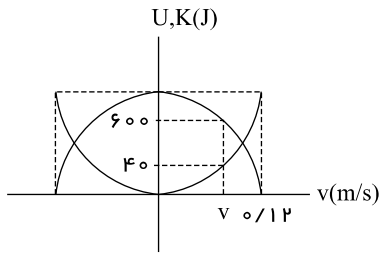
ب) ثابت فنر چند (N/m) است؟

پ) اگر در همین سامانه طول پاره‌خط نوسان 30 cm می‌بود، دوره تناوب چه تغییری می‌کرد؟



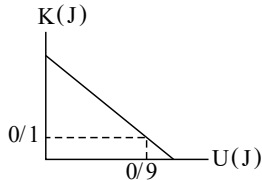
۱۷۵) نمودار انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل کشسانی برای یک نوسانگر وزنه-فنر مطابق شکل

زیر است. مقدار v چند $\frac{m}{s}$ است؟



۱۷۶) نمودار انرژی جنبشی بر حسب انرژی پتانسیل کشسانی برای یک نوسانگر ساده جرم - فنر که در یک سطح افقی بدون اصطکاک

نوسان می‌کند و جرم وزنه آن $125g$ است، مطابق شکل است. بیشینه تندی این نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟



۱۷۷) دوره آونگی بر روی کره زمین $1.8s$ است. دوره آونگ بر روی کره ماه تقریباً چند ثانیه است؟ ($g_m = \frac{1}{6}g_e$)

۱۷۸) اگر جرم متصل به آونگ را ۴ برابر کنیم و سپس آن را با دامنه کم به نوسان درآوریم. دوره تناوب آن نسبت به قبل

.....

(۱) ۲ برابر می‌شود. (۲) $\frac{1}{2}$ برابر می‌شود. (۳) تغییری نمی‌کند.

۱۷۹) ساعتی آونگ‌دار، که براساس حرکت آونگ ساده کار می‌کند، در سطح کره زمین تنظیم شده است. اگر این ساعت را به کره ماه

بربریم، عقب می‌افتد یا جلو؟ دلیل خود را بنویسید.

۱۸۰) آونگی به طول $56cm$ را به نوسان در می‌آوریم. اگر در مدت $6s$ ، آونگ ۴۰ نوسان کامل انجام دهد، مقدار g را محاسبه کنید.

۱۸۱) وزنه‌ای را به یک میله کم‌جرم به طول ۲ متر بسته و به نوسان در می‌آوریم.

الف) دوره تناوب وزنه را محاسبه نمایید. ($g = 10 m/s^2$)

ب) اگر جرم وزنه ۲ کیلوگرم و دامنه نوسان $1cm$ باشد، انرژی وزنه چند ژول است؟

تشدید

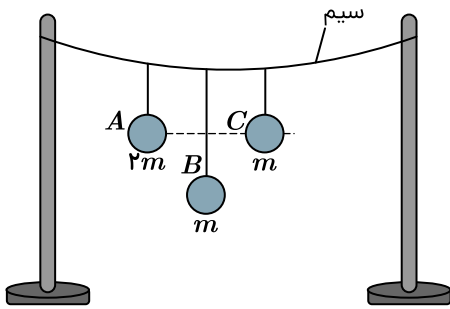
۱۸۲) طول تعدادی آونگ ساده که از میله‌ای افقی آویزان‌اند، عبارت‌اند از $0.4m$ ، $0.8m$ ، $1.2m$ ، $1.8m$ ، $2.5m$. فرض کنید میله

دستخوش نوسان‌هایی افقی با بسامد زاویه‌ای در گسترده $2.0 \frac{rad}{s}$ تا $4.0 \frac{rad}{s}$ بشود. کدام آونگ‌ها با دامنه بزرگ‌تری به نوسان

درمی‌آیند؟ (توجه کنید گرچه تشدید در بسامد مشخصی رخ می‌دهد اما دامنه نوسان در نزدیک این بسامد همچنان بزرگ است).

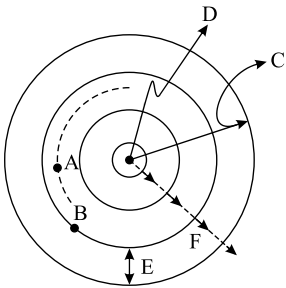


۱۸۳ مطابق شکل چند آونگ را از سیمی آویخته‌ایم. توضیح دهید با به نوسان در آوردن آونگ A ، آونگ‌های دیگر چگونه نوسان می‌کنند؟ آیا آونگی با A به تشدید درمی‌آید؟



موج و انواع آن

۱۸۴ شکل داده‌شده، جبهه‌های موج یک موج دایره‌ای شکل سطحی روی آب‌های کم‌عمق را نشان می‌دهد؛ در این موج، A و B و C و D و E و F نشان‌دهنده چه کمیت‌ها یا مفاهیم فیزیکی هستند؟



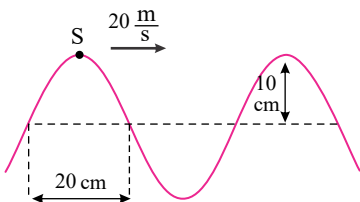
۱۸۵ فاصله بین جبهه‌های موج متوالی روی سطح آب کم‌عمق درون یک تشت برابر 20 cm و بسامد چشمه موج 2.5 Hz است.

الف) تندی انتشار موج در سطح این آب چند متر بر ثانیه است؟

ب) روشی پیشنهاد کنید که در سطح این آب، تندی انتشار موج افزایش یابد.

مشخصه‌های موج

۱۸۶ در موج نشان‌داده‌شده ذره S با سرعت چند متر بر ثانیه از حالت تعادل عبور می‌کند؟



۱۸۷ موجی، طنابی به طول L و جرم m را که تحت نیروی کشیده شده، در زمان t می‌پیماید. موج طنابی را به طول $2L$ و جرم $\frac{m}{2}$ که

تحت نیروی $4F$ کشیده می‌شود در چه زمانی می‌پیماید؟



۱۸۸ الف) سرعت انتشار موج در ریسمانی را به طول 1 m و جرم 2 kg که تحت نیروی کشش 10 N کشیده می‌شود محاسبه نمایید.

ب) موج این ریسمان را در عرض چند ثانیه می‌پیماید؟

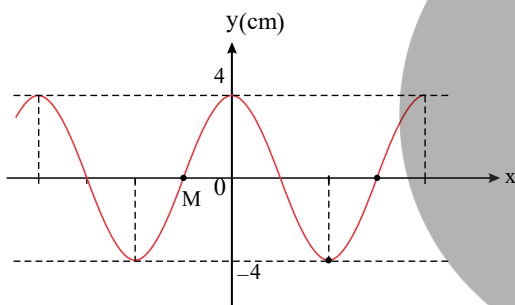
۱۸۹ سیمی را با حدیده کشیده تا طول آن ۳ برابر شود. سپس تحت نیروی کشش سه برابر حالت قبل قرار می‌دهیم. سرعت موج در سیم چند درصد تغییر می‌کند؟

۱۹۰ سیمی به طول ۲ متر، بین دو نقطه با نیروی ۸۰ نیوتون کشیده شده است. اگر تندی انتشار موج عرضی در این سیم $50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ باشد، جرم سیم چند گرم است؟



۱۹۱ در ساز زهی قیچک طول یکی از سیم‌ها ۳۰ سانتی‌متر و جرم آن $1/2$ گرم است. این سیم با نیروی ۲۴۰ نیوتون کشیده شده است. اگر تندی انتشار موج مناسب برای نواختن بالاترین بسامد، $10^2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ باشد، نوازنده کشش سیم را چند نیوتون کاهش یا افزایش دهد تا این سیم برای این بسامد کوک شود؟

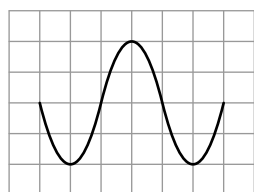
۱۹۲ شکل زیر یک تصویر لحظه‌ای از موج عرضی در یک ریسمان کشیده شده را نشان می‌دهد که به سمت چپ حرکت می‌کند.



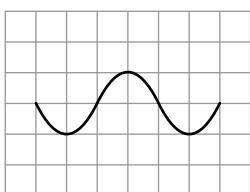
الف) با رسم این موج در $\frac{3T}{4}$ بعد، نشان دهید، جزء M ریسمان در این مدت ابتدا در چه جهتی حرکت کرده و چه مسافت و جابه‌جایی را طی کرده است؟

ب) موج در مدت $\frac{3T}{4}$ چه مسافتی را طی کرده است؟

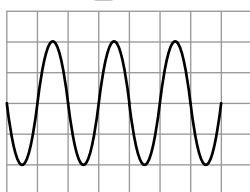
پ) نوع حرکت ذره M در $\frac{11T}{6}$ پس از لحظه نشان داده‌شده در شکل چگونه است؟ (در لحظه مربوط به شکل سؤال را می‌توانید $t = 0$ فرض نمایید.)



(A)



(B)

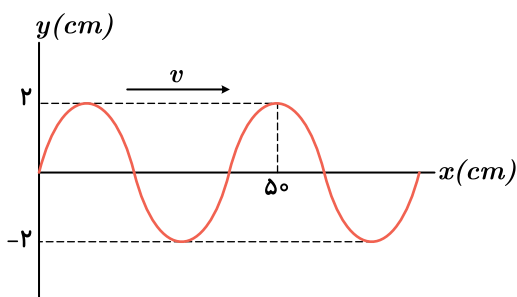


(C)

۱۹۳ شکل روبه‌رو موج عرضی A را نشان می‌دهد.

الف طول موج در کدام‌یک از شکل‌های B یا C با طول موج A برابر است؟

ب دامنه موج کدام‌یک از شکل‌های B یا C با دامنه موج عرضی A یکسان است؟



۱۹۴ شکل یک موج عرضی به‌صورت مقابل است. اگر بسامد این موج 200 Hz باشد:

باشد:

الف تندی انتشار موج چند متر بر ثانیه است؟

ب بیشینه تندی ذرات محیط چند متر بر ثانیه است؟

۱۹۵ گزینه درست را از داخل پراکنش انتخاب کنید و یا جای خالی را پر کنید:

الف وقتی یک منبع صوت در حرکت است، طول موج در جلوی منبع (کمتر از - برابر با - بیشتر از) طول موج در پشت منبع است.

ب شخصی به طرف یک منبع صوت ساکن در حرکت است، طول موجی که شخص دریافت می‌کند، طول موج واقعی منبع می‌باشد.

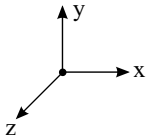
پ سرعت امواج الکترومغناطیسی در هر محیطی با هم برابر و مساوی $\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$ می‌باشد.

ت در امواج الکترومغناطیسی، راستای میدان مغناطیسی راستای میدان الکتریکی و راستای انتشار موج است.

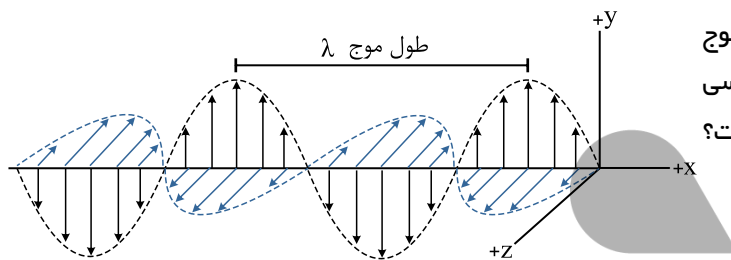
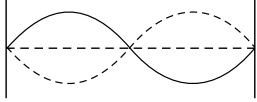
ث موج‌های الکترومغناطیسی از نوع موج‌های (طولی - عرضی) هستند.



ج اگر در یک موج الکترومغناطیسی در یک مکان و در یک لحظه جهت میدان الکتریکی در جهت $+y$ و جهت میدان مغناطیسی در جهت $+x$ باشد، در این صورت جهت انتشار موج در جهت است.



چ سیمی به طول $۰٫۴$ متر و جرم ۱۰۰ گرم بین دو نقطه ثابت شده و با نیروی $F = ۱۰۰N$ کشیده شده و در حال نوسان است. اگر طول موج، موج ایستاده تشکیل شده در طول تار $۴۰cm$ باشد در طول تار گره تشکیل شده است.



۱۹۶ در یک لحظه خاص، میدان الکتریکی مربوط به یک موج الکترومغناطیسی در نقطه‌ای از فضا در جهت $+z$ و میدان مغناطیسی مربوط به آن در جهت $+y$ است. جهت انتشار در کدام سو است؟ (جهت‌های $+x$ ، $+y$ و $+z$ را مانند شکل در نظر بگیرید.)

۱۹۷ در مورد نواحی اصلی طیف امواج الکترومغناطیسی، چگونگی تولید و کاربردهای آنها تحقیق کنید.

۱۹۸ جاهای خالی را با عبارت مناسب پر کنید.

الف هر تغییری در میدان مغناطیسی در هر نقطه از فضا میدان الکتریکی ایجاد می‌کند.

ب در یک موج الکترومغناطیسی بسامد میدان‌ها با هم برابر است و آنها با یکدیگر تغییر می‌کنند.

پ گستره طول موجی با پرتوهای گاما و هم‌پوشانی دارد.

ت امواج اولیه P امواجی و امواج ثانویه S امواجی هستند.

ث تغییرات دما روی تندی صوت در هوا تأثیر

ج حد پایین گستره شنیداری انسان را می‌نامند.

۱۹۹ یک موج الکترومغناطیسی، عمود بر سطح زمین و رو به آسمان فرستاده می‌شود. اگر در یک لحظه و در یک نقطه جهت میدان الکتریکی رو به شمال باشد، در همین لحظه و در همین نقطه جهت میدان مغناطیسی چیست؟

۲۰۰ چشمه موجی با بسامد $۲۰Hz$ در یک محیط که تندی انتشار موج در آن $۳۰۰m/s$ است، نوسان‌های طولی ایجاد می‌کند. اگر دامنه نوسان‌ها $۶cm$ باشد:



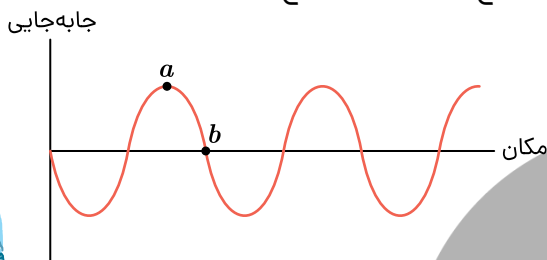
الف فاصله وسط دو تراکم متوالی این موج چقدر است؟

ب فاصله وسط یک تراکم و وسط یک انبساط متوالی با آن چقدر است؟

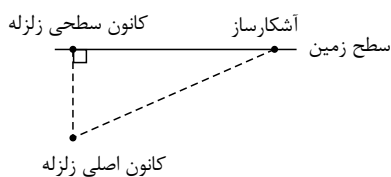
۲۰۱ در یک فنر کشیده شده، موج طولی ایجاد کرده‌ایم که با تندی $1 \frac{m}{s}$ در آن در حال انتشار است. اگر فاصله بین نقطه پشت سرهم که بیشترین بازشدگی را دارند 20 cm باشد، بسامد این موج چند هرتز است؟

۲۰۲ در هنگام انتشار موج در یک فنر، در یک لحظه، کمترین فاصله بین نقطه‌ای که در آن بیشینه فشردگی حلقه‌ها رخ داده تا نقطه‌ای که در آن، حلقه فنر بیشترین جابه‌جایی را دارد، 2.5 cm است. اگر بسامد این موج 10 Hz باشد، تندی انتشار موج چند متر بر ثانیه است؟

۲۰۳ در یک فنر بلند و کشیده، موج طولی سینوسی ایجاد می‌کنیم. نمودار جابه‌جایی - مکان این موج به صورت مقابل است. بین دو نقطه a و b ، کدام یک مربوط به جزئی از فنر است که در آنجا بیشترین جمع‌شدگی حلقه‌های فنر رخ داده است؟ توضیح دهید.



۲۰۴ به هنگام رخ دادن زلزله ۲ نوع موج سطحی و درونی از کانون سطحی و کانون اصلی زلزله منتشر می‌شود. امواج درونی و سطحی هر کدام خود از دو نوع طولی و عرضی تشکیل شده‌اند. امواج سطحی روی سطح زمین و امواج درونی در درون زمین انتشار می‌یابند. اگر اختلاف زمانی رسیدن اولین موج طولی و عرضی درونی به یک آشکارساز ۵٫۵ دقیقه و اختلاف زمانی رسیدن اولین موج طولی و عرضی سطحی به همان آشکارساز 18 s باشد، کانون اصلی زلزله در چند کیلومتری سطح زمین قرار دارد؟ (سرعت امواج طولی $= 8 \text{ km/s}$ و سرعت امواج عرضی $= 4 \text{ km/s}$)



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

الف) اگر تندی صوت در هوا $v_{\text{هوا}}$ باشد، بازه زمانی Δt بین دریافت این دو صدا در گوش شنونده چقدر خواهد بود؟ ($v_{\text{هوا}} = 340 \frac{m}{s}$)

ب) اگر $\Delta t = 1.00 \text{ s}$ و فلز از جنس فولاد باشد، طول L اولیه چقدر است؟ ($v_{\text{فولاد}} = 5941 \frac{m}{s}$)

۲۰۶



در سونوگرافی معمولاً از کاوه‌ای دستی موسوم به تراگذار فراصوتی برای تشخیص پزشکی استفاده می‌شود که دقیقاً روی ناحیه مورد نظر از بدن بیمار گذاشته و حرکت داده می‌شود. این کاوه در بسامد 6.7MHz عمل می‌کند.

الف بسامد زاویه‌ای در این کاوه نوسان چقدر است؟

ب اگر تندی موج صوتی در بافتی نرم از بدن $1500 \frac{m}{s}$ باشد، طول موج این موج در این بافت چقدر است؟

۲۰۷ موجی صوتی با توان $1.2 \times 10^{-4} W$ از دو صفحه فرضی مطابق شکل می‌گذرد. اگر مساحت صفحه‌ها به ترتیب $A_1 = 4.0 m^2$ و $A_2 = 12 m^2$ باشد، شدت صوت در دو سطح را تعیین کنید و توضیح دهید چرا شنونده در محل صفحه دوم، صدا را آهسته‌تر می‌شنود؟

۲۰۸ توان یک چشمه صوتی $3.14 \times 10^{-4} W$ است. اگر گیرنده‌ای با سرعت $2 m/s$ از چشمه‌ای دور شود، پس از ۲ ثانیه، شدت صوتی که دریافت می‌کند چقدر است؟ ($\pi = 3.14$)
(فرض کنید گیرنده در زمان شروع حرکت در محل چشمه قرار دارد. همچنین از اثر دوپلر و اتلاف انرژی صرف‌نظر کنید.)

۲۰۹ اختلاف تراز شدت صوت منبع صوتی با دامنه $1 mm$ و بسامد 1000 هرتز و منبع صوت دیگر با دامنه 4 سانتی‌متر و بسامد 1000 هرتز در یک فاصله از دو منبع چند دسی‌بل است؟ ($\log 2 = 0.3$)

۲۱۰ شدت صوت حاصل از یک منبع صدا طبق رابطه $I = 4t + 3$ در SI با زمان تغییر می‌کند. تغییر تراز شدت صوت پس از چه زمانی از روشن شدن منبع 10 دسی‌بل است؟

۲۱۱ شدت صوت حاصل از یک منبع صوت طبق رابطه $I = 2^t$ در SI با زمان تغییر می‌کند.

الف) تراز شدت صوت در زمان $t = 2(s)$ چند دسی‌بل است؟

ب) در چه زمانی شدت صوت 226 دسی‌بل است؟

(تراز مرجع را $10^{-12} W/m^2$ و $\log 2 = 0.3$ فرض کنید.)

۲۱۲ برای اینکه تراز شدت صوتی $12 dB$ افزایش یابد، شدت صوت باید چند برابر شود؟ ($\log 2 = 0.3$)

۲۱۳ آیا دو صوت با شدت یکسان، با یک بلندی شنیده می‌شود؟ توضیح دهید.



فصل 4: برهم کنش‌های موج

بازتاب موج

۲۱۴ تعریف کنید:

الف) نمودار پرتویی:

ب) قانون بازتاب عمومی:

پ) شکست موج:

۲۱۵ درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را مشخص کنید. در موارد نادرست، علت نادرستی را بررسی کنید.

الف) امواج تخت در بازتاب از هر مانعی به صورت تخت بازتاب می‌شوند.

ب) امواج صوتی از سطوح خمیده بازتاب می‌شوند و قانون بازتاب عمومی نیز برای آنها صادق است.

پ) می‌توانیم به وسیله یک مانع، امواج صوتی تخت را در یک نقطه جمع کنیم.

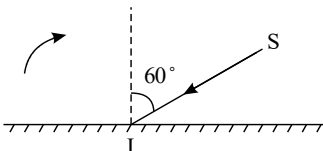
ت) در هنگام بازتاب یک موج تخت از یک سطح خمیده، زاویه تابش در تمام نقاط یکسان و برابر زاویه بازتاب در آن نقاط است.

۲۱۶ چند مورد از پدیده‌های زیر نشان‌دهنده کاربرد بازتاب امواج در زندگی است؟

پژواک صوت - رنگ‌های رنگین‌کمان - تولید صدا در آلات موسیقی - تصویری که با کمک عینک می‌بینیم - تصاویری که با استفاده از عدسی‌های میکروسکوپ دیده می‌شود - دیدن ماه - گرم شدن مواد غذایی در اجاق‌های خورشیدی

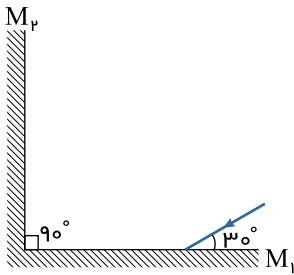
۲۱۷ پرتو نوری با زاویه 60° به آینه تختی می‌تابد. اگر آینه را مطابق شکل در جهت نشان داده شده 30° بچرخانیم، پرتو بازتابش چند

درجه نسبت به راستای اولیه دوران می‌کند؟ (با رسم شکل نشان دهید.)





۲۱۸ در شکل‌های زیر پرتوهای بازتابیده از آینه‌های تخت M_1 و M_2 را رسم کنید.

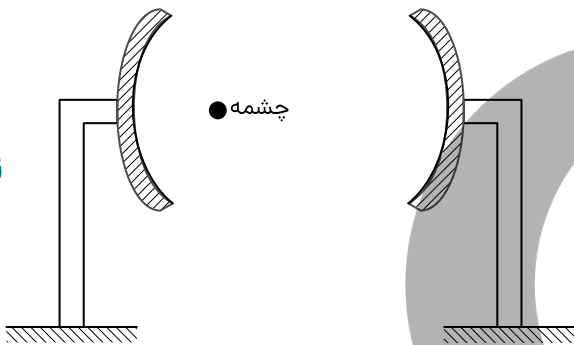


۲۱۹ درباره میکروفون سهموی که از آن برای ثبت صداهای ضعیف و دستگاه لیتوتریپسی که از آن برای شکستن سنگ‌های کلیه، با کمک بازتابنده‌های بیضوی استفاده می‌شود تحقیق کنید.

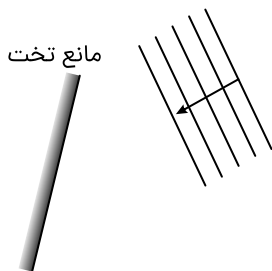


تصویری از یک میکروفون سهموی

۲۲۰ شکل روبه‌رو چشمه صوتی را نشان می‌دهد که در کانون یک سطح کاو قرار دارد و صوتی با شدت کم ایجاد می‌کند. اگر سطح کاو مشابه دیگری مانند شکل روبه‌رو دقیقاً روبه‌روی سطح کاو اولیه قرار گیرد، با رسم شکل مناسب توضیح دهید در چه نقطه‌ای شنونده بهتر صدای چشمه صوتی را می‌شنود؟



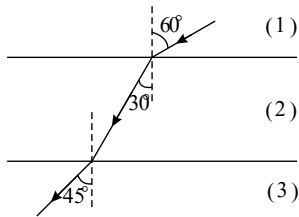
۲۲۱ یک موج تخت مطابق شکل به مانع تخته‌ای می‌رسد. شکل کامل را به همراه پرتوها و جبهه‌های موج بازتابیده رسم کنید.





شکست موج

۲۲۲ در شکل مقابل سطح جدایی محیطهای شفاف با هم موازیند. اگر سرعت نور را در محیط (۱) $1.5 \times 10^8 \text{ m/s}$ باشد، موارد زیر را



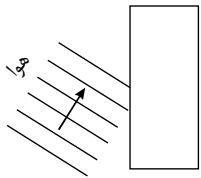
حساب کنید. الف) سرعت نور در محیط (۲)

ب) ضریب شکست نور در محیط (۳)

۲۲۳ موجی الکترومغناطیسی از یک محیط شفاف وارد شده و مماس بر سطح دو محیط خارج می‌شود، پرتو شکست چند درجه منحرف شده

است؟ (سرعت موج در هوا $\sqrt{2}$ برابر سرعت موج در محیط شفاف است.)

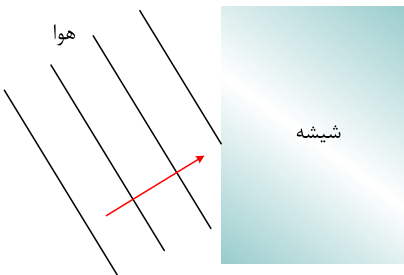
۲۲۴ در شکل زیر موج نور فرودی از هوا وارد شیشه می‌شود. بخشی از موج در سطح جدایی دو محیط باز می‌تابد و بخشی دیگر شکست



می‌یابد و وارد شیشه می‌شود.

الف) مشخصه‌های موج بازتابیده و موج شکست‌یافته را با موج فرودی مقایسه کنید.

ب) جبهه‌های موج بازتابیده و شکست‌یافته را رسم کنید.



۲۲۵ در شکل زیر موج نوری فرودی از هوا وارد شیشه می‌شود. بخشی از موج در سطح جدایی

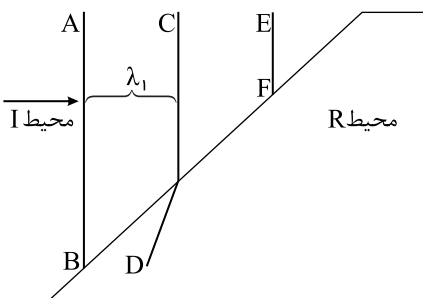
دو محیط باز می‌تابد و بخشی دیگر شکست می‌یابد و وارد شیشه می‌شود.

۱) طول موج موج بازتابیده را با موج فرودی مقایسه کنید.

۲) جبهه‌های موج شکست‌یافته را رسم کنید.

۲۲۶ ضریب شکست آب 1.3 و ضریب شکست شیشه 1.5 است. اگر نوری به‌طور مایل از آب به مرز شیشه با آب بتابد، با رسم

نموداری، جبهه‌های موج را در دو محیط نشان دهید.



۲۲۷ شکل زیر جبهه‌های موجی را نشان می‌دهد که بر مرز بین محیط I و محیط R فرود

آمده‌اند.



الف ادامه جبهه موج EF را در محیط R رسم کنید.

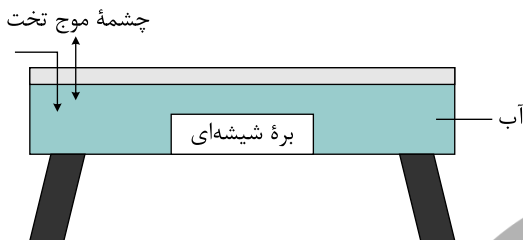
ب توضیح دهید در کدام محیط تندی موج بیشتر است.

پ آیا با استفاده از این نمودار می‌توان نسبت تندی موج عبوری به فرودی را محاسبه کرد؟

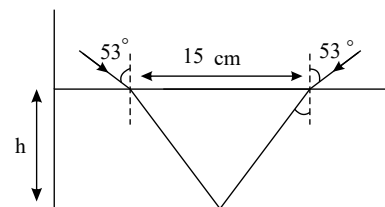
۲۲۸ اگر موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد، تندی و طول موج موج عبوری در مقایسه با موج فرودی چه تغییری می‌کند؟

۲۲۹ در یک تشت موج به کمک یک نوسان‌ساز تیغه‌ای که با بسامد 570 Hz کار می‌کند، امواجی تخت ایجاد می‌کنیم، به‌طوری که فاصله بین دو برآمدگی متوالی آن برابر با 10 cm می‌شود.

اگر اکنون بره‌ای شیشه‌ای را در کف تشت قرار دهیم، امواج در ورود به ناحیه کم‌عمق بالای بره، شکست پیدا می‌کنند. اگر تندی امواج در ناحیه کم‌عمق، 0.40 برابر تندی در ناحیه عمیق باشد، طول موج امواج در ناحیه کم‌عمق چقدر می‌شود؟



۲۳۰ مطابق شکل زیر دو پرتو نور در دو نقطه از آب یک استخر با فاصله 15 cm از هم وارد آب می‌شوند. عمق استخر چقدر باشد تا دو

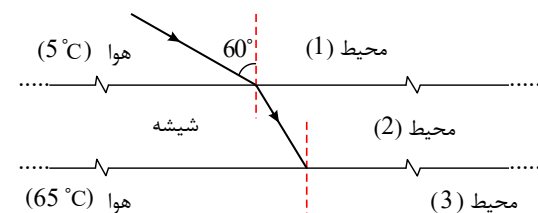


پرتو در یک نقطه از کف استخر به هم برسند؟ (ضریب شکست آب $\frac{4}{3}$ و $\sin 53^\circ = 0.8$)

۲۳۱ پرتو نوری از محیط شفاف به ضریب شکست $\sqrt{2}$ وارد هوا شده و زاویه شکست آن ۲ برابر زاویه تابش می‌شود. زاویه‌های شکست و تابش را محاسبه نمایید.

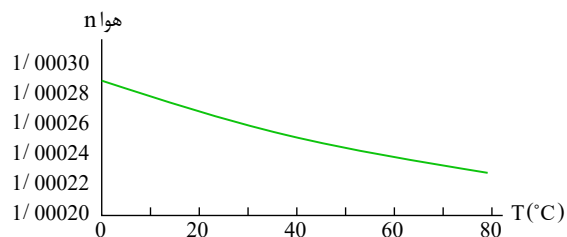
۲۳۲ مطابق شکل پرتو نوری تک‌رنگ از هوا با دمای 5°C به سطح یک تیغه شیشه‌ای متوازی‌السطوح با زاویه تابش 60°C تابیده است.

این پرتو پس از دو بار شکست در دو سطح موازی این تیغه در نهایت وارد هوا با دمای 65°C می‌شود. پرتو شکسته وارد شده به محیط (۳) با خط عمود بر مرز جداکننده شیشه و محیط (۳) زاویه θ می‌سازد.





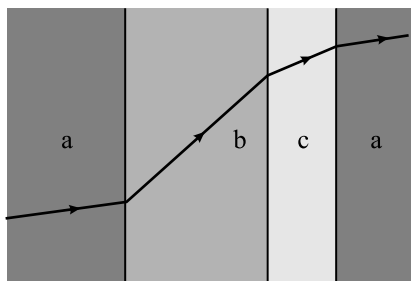
الف ضریب شکست سه محیط را با هم مقایسه کنید.



ب سرعت پرتو تک‌رنگ را در سه محیط با هم مقایسه کنید.

پ آیا زاویه θ : $\theta < 60^\circ$ ، $\theta = 60^\circ$ یا $\theta > 60^\circ$ خواهد بود؟

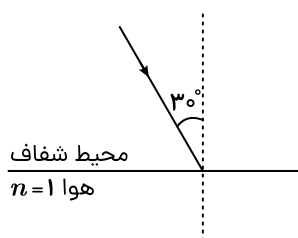
۲۳۳ شکل روبه‌رو یک پرتوی موج الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد که با عبور از محیط اولیه a ، از طریق محیط‌های b و c به محیط a باز می‌گردد.



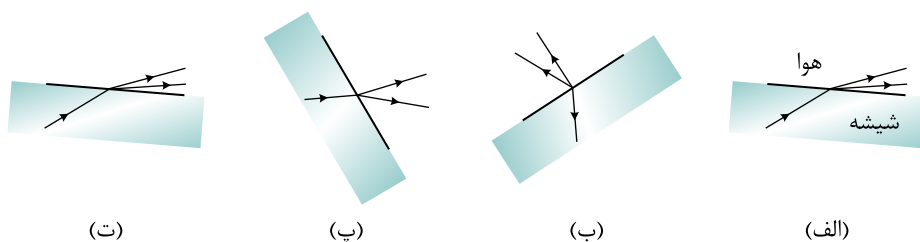
این محیط‌ها را برحسب تندی موج در آنها از بیشترین تا کمترین مرتب کنید.

۲۳۴ یک باریکه نور تک‌فام مطابق شکل از محیطی شفاف به هوا می‌تابد. اگر پرتو شکست بر پرتو بازتاب عمود شود، ضریب شکست محیط شفاف را محاسبه کنید.

$$\left(\sin 30^\circ = \frac{1}{2}, \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$



۲۳۵ در شکل‌های زیر، پرتوی فرودی که شامل نورهای قرمز و آبی است از شیشه وارد هوای رقیق شده است. کدام شکل، شکستی را نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟





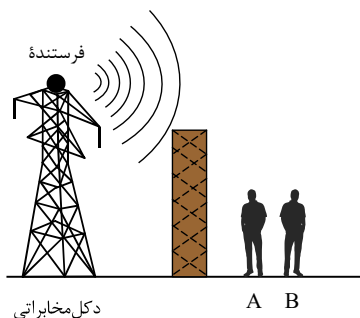
۲۳۶) باریکه نوری متشکل از دو پرتوی قرمز و آبی از هوا و با زاویه تابش 60° بر سطح یک تیغه شفاف می‌تابد. اگر ضریب شکست تیغه برای نور قرمز $\sqrt{\frac{3}{2}}$ و برای نور آبی $\sqrt{3}$ باشد، زاویه بین دو پرتوی شکست در محیط دوم چند درجه است؟ ($n_{\text{هوا}} = 1$)

پراش موج

۲۳۷) الف) پدیده پراش را به دو شکل می‌توان مشاهده و تجربه نمود. توضیح دهید.

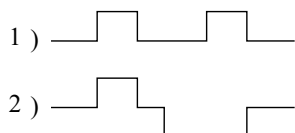
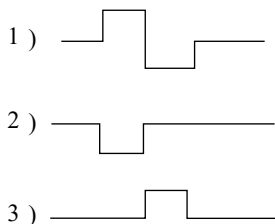
ب) پدیده پراش را برای چه امواجی می‌توان مشاهده کرد؟

پ) مطابق شکل داده‌شده، دو شخص A و B امواج ارسال‌شده از فرستنده را دریافت می‌کنند. اگر بسامد امواج ارسال‌شده افزایش یابد، درمورد احتمال تضعیف یا عدم دریافت امواج توسط این دو شخص را توضیح دهید.



تداخل امواج

۲۳۸) نتیجه برهم نهی تپ شماره ۱ با تپ‌های ۲ و ۳ را رسم کنید.



۲۳۹) در شکل‌های زیر حاصل برهم نهی موج ۱ بر موج ۲ را رسم کنید.

۲۴۰) سیمی مرتعش با دو سر ثابت توسط یک حذیده کشیده می‌شود و طول آن بدون تغییر جرم، ۱۶ برابر می‌شود. اگر در این حالت هماهنگ اصلی سیم ۴۰۰ هرتز شود، قبل از کشیده شدن، هماهنگ چهارم سیم دارای چه بسامدی بوده است؟ (نیروی کشش سیم را همواره ثابت فرض کنید.)

۲۴۱) سیمی مرتعش با دو سر ثابت با سه شکم دارای بسامد 150 Hz ارتعاش می‌کند. اگر سیم با حذیده کشیده شود و طول آن ۹

برابر شود:

الف) سطح مقطع آن چند برابر می‌شود؟

ب) بسامد هماهنگ دوم آن چند هرتز است؟

مثل آب خوردن ۲۰: یکبار



۲۴۲ در طنابی که هر دو انتهای آن ثابت است موج ایستاده تشکیل شده است. اگر فاصله یک گره و شکم مجاور آن 20 cm و طول طناب 80 cm باشد مطلوب است:

الف) طول موج، موج ایستاده در طناب.

ب) شماره هماهنگ

پ) بسامد هماهنگ پنجم طناب (تندی موج را 340 m/s در نظر بگیرید).

۲۴۳ در طنابی که هر دو انتهای آن ثابت است موج ایستاده تشکیل شده است. اگر فاصله یک گره و شکم مجاور آن 15 cm و طول طناب 120 cm باشد.

الف) تعداد گره

ب) بسامد هماهنگ سوم را به دست آورید. (تندی موج ایستاده در طناب $1200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ است.)

۲۴۴ در طنابی که هر دو انتهای آن ثابت است یک موج ایستاده با تندی 500 m/s ایجاد می‌شود. اگر ۳ گره در طول طناب ایجاد شود:

الف) طول موج را به دست آورید.

ب) بسامد را محاسبه نمایید (طول طناب ۳ متر است)

۲۴۵ تار ویولنی به طول 60 cm و چگالی خطی جرمی 1.2 g/m در نزدیکی بلندگویی قرار داده شده است که توسط یک نوسان‌ساز صوتی با بسامد متغیر به‌کار می‌افتد. معلوم شده است وقتی بسامد نوسان‌ساز در گستره $140 - 600\text{ Hz}$ تغییر می‌کند، تار فقط هنگامی به نوسان درمی‌آید که بسامد آن 132 Hz و 72 Hz باشد.

الف) چه پدیده‌ای سبب به نوسان در آمدن تار شده است؟

ب) بسامد اصلی تار چقدر است؟

پ) نیروی کشش تار چند نیوتن است؟

۲۴۶ چرا نوازندگان گیتار پیش از نواختن روی صحنه نمایش، گیتار را به حد کافی می‌نوازند و سپس آن را مجدداً کوک می‌کنند؟

۲۴۷ درستی یا نادرستی عبارتهای زیر را تعیین کنید.

الف) فاصله یک شکم با دومین گره بعد از آن $\frac{3\lambda}{4}$ است.

ب) ساده‌ترین نقش موج ایستاده برای ریسمانی که بین دو گره کشیده شده است، دو شکم دارد.

پ) در انتهای یک لوله دو سر باز شکم تشکیل می‌شود.

ت) در لوله‌های دو سر باز تعداد گره‌ها یک واحد بیشتر از شکم‌ها است.



۲۴۸ در گذشته برای آگاه کردن کشتی‌ها از خطر صخره‌ها، در صدف‌های حلزونی می‌دمیدند. امروزه بیشتر برای جشن‌ها و شادی‌ها در آنها می‌دمند. چگونه این صدف‌ها می‌توانند چنین صدایی ایجاد کنند؟

۲۴۹ چرا وقتی آب را به درون ظرفی با دیواره‌های قائم مثل لیوان یا پارچ می‌ریزید، بسامد صدایی که می‌شنوید افزایش می‌یابد، یعنی صدای زیرتر و زیرتری را می‌شنوید؟ (راهنمایی: صدای حاصل از پر شدن ظرف گستره وسیعی از بسامدها را دارد که در هر لحظه، یکی از آنها با پایین‌ترین بسامد تشدید هوای درون ظرف – بسامد مد اول – منطبق است.)

۲۵۰ با دمیدن در بطری‌های یکسان با سطوح مایع مختلف می‌توان آهنگی با بسامدهای متفاوت ایجاد کرد. دلیل آن چیست؟



فصل ۵: آشنایی با فیزیک اتمی

فوتوالکتریک و فوتون

۲۵۱ افزایش شدت نور (با ثابت ماندن بسامد) در پدیده فوتوالکتریک فقط سبب افزایش و در نتیجه افزایش می‌شود.

۲۵۲ تابع کار فلزی ۴ الکترون ولت است. اگر بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکتریک جدا شده از سطح فلز برای فوتون‌هایی که با طول موج λ بر این فلز می‌تابند، $8eV$ باشد، λ و بیشینه طول موج فوتونی که بتواند الکترون‌ها را از سطح این فلز جدا کند، چند نانومتر است؟
 $(c = 3 \times 10^8 m/s \text{ و } h \simeq 4 \times 10^{-15} eV \cdot s)$

۲۵۳ هرگاه بر سطح فلزی نوری با طول موج $420 nm$ بتابد، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکتریک‌های گسیل‌شده حدود $7.5 eV$ است. بسامد آستانه برای گسیل فوتوالکتریک‌ها از سطح فلز تقریباً چقدر است؟
 $(hc = 1240 eV \cdot nm \text{ , } h = 4.14 \times 10^{-15} eV \cdot s)$



۲۵۴) نوری با طول موج 240 nm به سطحی از جنس تنگستن با تابع کار 4.52 eV می‌تابد.

الف) بسامد نور فرودی و بسامد آستانه را برای تنگستن پیدا کنید.

ب) بیشینه تندی فوتوالکتردهای خارج شده از تنگستن را حساب کنید.

(جرم الکترون را $9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ، $h = 4.14 \times 10^{-15} \text{ eV}$ بگیرید.)

$$h = 4.14 \times 10^{-15} \text{ eV}$$

۲۵۵) درستی یا نادرستی هر کدام از جمله‌های زیر را مشخص کنید و دلیل نادرستی یا شکل درست عبارت نادرست را بیان کنید.

الف) تابع کار یک فلز به جنس فلز بستگی دارد.

ب) طبق نظر اینشتین وقتی نوری تکفام بر سطح فلزی می‌تابد، هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون‌های فلز برهم‌کنش می‌کند.

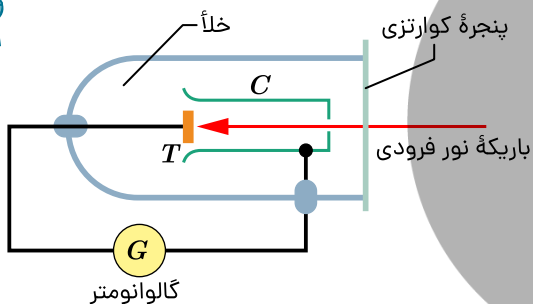
پ) طبق نظر اینشتین در توضیح اثر فوتوالکتریک، نور خاصیت موجی دارد.

ت) طول موج آستانه فوتوالکتردها با تابع کار فلز نسبت مستقیم دارد.

ث) هر چه تابع کار فلزی بیشتر باشد، بسامد آستانه فوتوالکتردها بیشتر است.

۲۵۶) با توجه به شکل مقابل که آزمایشی برای بررسی اثر فوتوالکتریک می‌باشد،

به سؤالات زیر پاسخ دهید.



الف) آیا با تاباندن نور تکفام با هر بسامدی، گالوانومتر جریانی را آشکار می‌کند؟

ب) اگر بسامد نور فرودی از بسامد آستانه فلز کمتر باشد، با افزایش شدت نور فرودی، گالوانومتر عبور جریانی را نشان می‌دهد؟

۲۵۷) عبارت مناسب را از داخل پراکنش انتخاب کنید.

الف) اگر بر کلاهک برق‌نمایی با بار منفی، نور (فرابنفش / فروسرخ) تابیده شود، انحراف ورقه‌ها کاهش می‌یابد.

ب) شیب نمودار بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکتردها (K_{max}) بر حسب بسامد نور فرودی (f) برابر با (ثابت پلانک / تابع کار) است.



پ تمام اجسام (در هر دمایی - در دماهای بسیار بالا) از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل می‌کنند که به آن تابش گرمایی گفته می‌شود.

ت رشته داغ یک لامپ روشن، امواج الکترومغناطیسی را به صورت طیف (گسسته - پیوسته) گسیل می‌کند.

ث طول موج گسیل شده در اتم هیدروژن برای رشته لیمان از طول موج رشته بالمر (کوتاه تر - بلندتر) است.

طیف گسیلی

۲۵۸ عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

الف در گسیل خودبه خود فوتون در جهتی (منظم - کاتوره‌ای) گسیل می‌شود.

ب اگر نور سفید از داخل گاز عنصری عبور کند و سپس طیف آن تشکیل شود، در طیف آن (خطهای تاریکی - خطهای روشنی) ظاهر می‌شود.

پ مدل اتمی بور (می‌تواند - نمی‌تواند) متفاوت بودن شدت خطهای گسیلی را توضیح دهد.

ت اتم‌های هیدروژن گونه به اتم‌هایی گفته می‌شود که تنها یک (الکترون - پروتون) دارند.

ث شدت خط قرمز با شدت خط آبی در طیف گسیلی گاز هیدروژن (یکسان - متفاوت) است.

۲۵۹ اگر الکترون در اتم هیدروژن در تراز $n = ۳$ باشد، بیشترین بسامدی که این الکترون می‌تواند تابش کند چند برابر کمترین بسامد تابشی توسط این الکترون است؟

۲۶۰ در طیف اتم هیدروژن خط رشته فقط در ناحیه فرابنفش قرار دارد. (لیمان - بالمر)

۲۶۱ در رشته‌های طیف اتم هیدروژن طول موج‌های مربوط به کدام رشته بلندترند؟

۲۶۲ در مورد رشته لیمان در اتم هیدروژن، به سؤال‌های زیر پاسخ دهید.

الف گستره طول موج‌های این رشته چند نانومتر است؟ ($R_H = ۰,۰۱(nm)^{-1}$)

ب گستره فرکانس این رشته را بر حسب هرتز حساب کنید.



۲۶۳ یکی از ناکامی‌های مدل تامسون را بنویسید:

۲۶۴ رادفورد با انجام آزمایش زیر چه نتیجه‌ای گرفت؟

بیشتر ذره‌های آلفا بدون انحراف از ورقه طلا می‌گذرند.
تعداد کمی از ذره‌های آلفا پراکنده می‌شوند.

چشمه ذرات آلفا
باریکه ذرات آلفا
ورقه نازک طلا
صفحه فلورسان برای آشکارسازی ذره‌های آلفا

۲۶۵ در الگوی اتمی بور برای هیدروژن، اگر انرژی الکترون در یک مدار مانا برابر $-۳٫۴\text{eV}$ باشد، شعاع این مدار چند آنگستروم است؟ ($E_R = ۱۳٫۶\text{eV}$, $a_0 = ۰٫۵\text{\AA}$)

۲۶۶ شکل روبه‌رو تعدادی از ترازهای انرژی اتم هیدروژن را نشان می‌دهد. کدام گذار می‌تواند به گسیل فوتونی با طول موج ۶۶۰nm منجر شود؟ ($h = ۴٫۱۳۶ \times 10^{-15}\text{eV} \cdot \text{s}$, $c = ۳ \times 10^8\text{m/s}$)

0 eV
-1/51 eV
-3/39 eV
-13/6 eV

۲۶۷ وقتی الکترون از مدار $n_U = ۳$ به مدار $n_L = ۲$ می‌رود، طول موج فوتون گسیل‌شده را برحسب nm بیابید.

$R = ۰٫۰۱۰۹\text{nm}^{-1}$

۲۶۸ از مطالعه و مقایسه طیف گسیلی و طیف جذبی گاز هیدروژن اتمی (و نیز عنصرهای مختلف) در کنار یکدیگر، چه نتایجی حاصل می‌شود؟

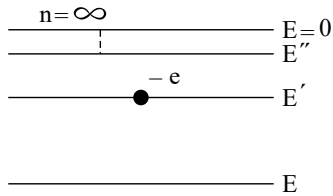
۲۶۹ الف) فرایند جذب فوتون توسط اتم را توضیح دهید.

ب) با استفاده از مدل بور، چگونه می‌توانید خط‌های تاریک در طیف جذبی گاز هیدروژن اتمی را توجیه کنید؟
پ) وقتی که نور فرابنفش به بسیاری از مواد تابیده شود، تابش مرئی از خود گسیل می‌کنند. این پدیده فیزیکی نمونه‌ای از فلورسانس است. آزمایش نشان می‌دهد در پدیده فلورسانس طول‌موج‌های گسیل‌یافته معمولاً برابر همان طول‌موج نور فرودی یا بزرگ‌تر از آن است. این پدیده را چگونه به کمک مدل بور می‌توانید تبیین کنید؟

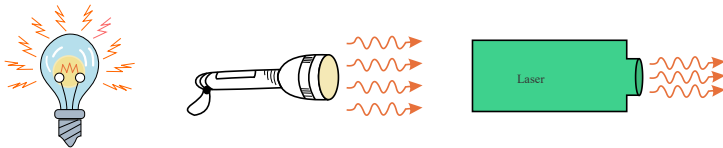
۲۷۰ منظور از وارونی جمعیت در گسیل القایی چیست؟



۲۷۱ فرض کنید یک یون تک الکترونی داریم که الکترون آن در تراز با سطح انرژی E' قرار دارد. انرژی فوتونی که بتواند این الکترون را دچار گسیل القایی کند را مشخص کنید.



۲۷۲ در شکل زیر نحوه گسیل فوتون‌ها از سه چشمه نور شامل لامپ رشته‌ای، چراغ قوه با لامپ رشته‌ای و لیزر با یکدیگر مقایسه شده است.



(الف) با توجه به آنچه در این فصل فرا گرفتید تفاوت فوتون‌های گسیل‌شده از هر چشمه را با یکدیگر بیان کنید.

(ب) چرا توصیه جدی می‌شود که هیچ‌گاه به‌طور مستقیم به باریکه نور ایجادشده توسط لیزر نگاه نکنید؟

۲۷۳ برای گسیل القایی و ایجاد فوتون‌های هم‌بسامد، هم‌جهت و هم‌فاز در باریکه لیزر، برانگیختگی اولیه چگونه انجام می‌شود؟

۲۷۴ جاهای خالی را با عبارت مناسب پُر کنید.

الف) فرایند گسیل می‌تواند به‌صورت گسیل خودبه‌خود و یا باشد.

ب) در گسیل القایی یک فوتون وارد می‌شود و خارج می‌گردد.

پ) در گسیل القایی، اگر چشمه خارجی انرژی کافی به اتم‌ها بدهد، الکترون‌های بیشتری به تراز انرژی بالاتر برانگیخته خواهند شد، شرطی که به معروف است.

ت) در گسیل فوتون در جهت کاتوره‌ای، گسیل می‌شود.

فصل ۶: آشنایی با فیزیک هسته‌ای

ساختار هسته

۲۷۵ به پروتون‌ها و نوکلئون می‌گویند.



پرتوزایی طبیعی و نیمه عمر

۲۸۱) در مورد پرتوهای آلفا (α)، بتا (β) و گاما (γ) به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

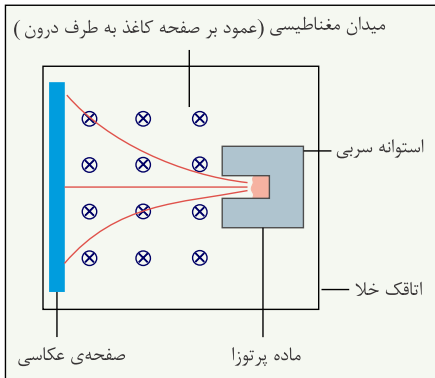
الف) این پرتوها را براساس میزان نفوذ در یک ورقه سربی، مرتب کنید.

ب) ذرات کدام پرتو جرم بیشتری دارند؟

پ) کدام پرتو پس از عبور از محفظه خلأ با میدان مغناطیسی یکنواخت، منحرف نمی‌شود؟

ت) کدام پرتو پس از عبور از محفظه خلأ با میدان مغناطیسی یکنواخت، جذب قسمت مثبت صفحه می‌شود؟

ث) انحراف کدام پرتو در این میدان بیشتر است؟

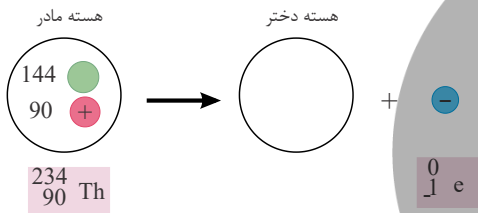


۲۸۲) شکل روبه‌رو، واپاشی هسته ناپایدار توریم را نشان می‌دهد.

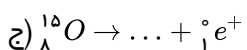
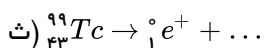
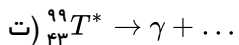
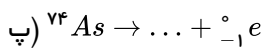
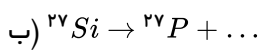
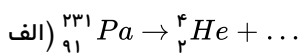
الف) چه نوع واپاشی رخ داده است؟

ب) با مراجعه به جدول تناوبی، تعیین کنید هسته دختر، کدام عنصر است؟

پ) عدد اتمی و عدد نوترونی هسته دختر را معین کنید.



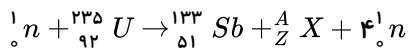
۲۸۳) واکنش‌های زیر را کامل کنید و تعداد ایزوتوپ‌ها را با استفاده از جدول تناوبی کامل کنید.





۲۸۴) سرب ${}_{82}^{207}Pb$ هسته دختر پایداری است که می‌تواند از واپاشی α یا واپاشی β^- حاصل شود. فرایندهای مربوط به هریک از این واپاشی‌ها را بنویسید. در هر مورد هسته مادر را به صورت A_ZX مشخص کنید.

۲۸۵) یکی از واکنش‌های ممکن در شکافت ${}^{235}_{92}U$ ، داده شده است. در این واکنش عدد اتمی Z ، عدد جرمی A و عنصر X را در A_ZX تعیین کنید.



در صورت لزوم از جدول تناوبی کمک بگیرید.

۲۸۶) درستی یا نادرستی هر گزاره را مشخص کنید.

الف) نفوذپذیری پرتوهای آلفا در مقایسه با پرتوهای گاما، کمتر است.

ب) در یک واکنش شکافت ${}^{235}U$ ، همواره ۳ نوترون به وجود می‌آید.

پ) نوترون‌های تند که انرژی بیشتری دارند، راحت‌تر وارد هسته ${}^{235}U$ می‌شوند.

ت) در واکنش گداخت برخلاف واکنش شکافت، جرم هسته تولیدشده، بیشتر از مجموع جرم هسته‌های اولیه است.

۲۸۷) درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید.

الف) واپاشی آلفا در هسته‌های سبک صورت می‌گیرد.

ب) ذره‌های آلفا سبک‌تر از ذره‌های β هستند.

پ) انحراف پرتوهای β در میدان مغناطیسی، بیشتر از انحراف پرتوهای α است.

ت) اغلب هسته‌ها پس از واپاشی آلفا یا بتا، در حالت برانگیخته قرار می‌گیرند.

۲۸۸) نیمه عمر یک عنصر پرتوزا ۴۰ ثانیه است. پس از گذشت ۳ دقیقه و ۲۰ ثانیه، چند درصد از هسته‌های اولیه آن متلاشی می‌شوند؟

۲۸۹) تعداد هسته‌های یک ماده پرتوزا $10^{14} \times 24$ است. حساب کنید بعد از چند نیمه عمر، تعداد هسته‌های فعال باقی مانده آن $10^{14} \times 3$ می‌شود؟

۲۹۰) از یک ماده رادیواکتیو پس از گذشت ۱۱۱ روز، $\frac{7}{8}$ هسته‌های مادر واپاشی شده است، نیمه عمر این ماده چند روز است؟

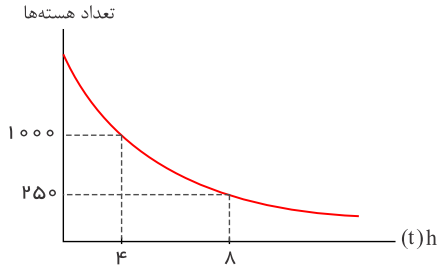


۲۹۱ با توجه به نمودار شکل مقابل، که مربوط به یک ماده پرتوزا است:

الف) نیمه عمر این ماده چند ساعت است؟

ب) تعداد هسته‌های مادر پرتوهای اولیه چه قدر بوده است؟

پ) پس از گذشت ۱۰ ساعت، چه کسری از هسته‌های اولیه واپاشیده شده است؟



۲۹۲ نیمه عمر یک ماده پرتوزا ۲ ساعت است.

الف) پس از ۸ ساعت چه کسری از تعداد هسته‌های مادر اولیه باقی می‌ماند؟

ب) اگر تعداد هسته‌های اولیه $10^5 \times 16$ باشد، تعداد هسته‌های باقی‌مانده را تعیین کنید.

۲۹۳ نیمه عمر یُد ($^{131}_{53}I$) حدود ۸ روز است. پس از گذشت ۴۸ روز:

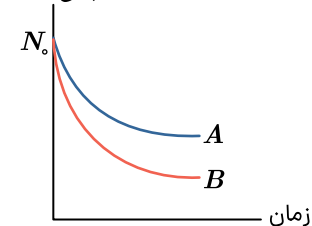
الف) چه کسری از تعداد هسته‌های مادر پرتوزای اولیه در محیط باقی مانده است؟

ب) چه کسری از هسته‌های فعال آن، واپاشیده است؟

۲۹۴ هنگامی که نیتروژن جو زمین توسط پرتوهای کیهانی (که معمولاً از جنس پروتون، ذره‌های α و الکترون هستند) بمباران می‌شود، ایزوتوپ پرتوزای کربن ۱۴ با آهنگ ثابتی در لایه‌های فوقانی جو تولید می‌شود. این کربن پرتوزا، با کربن ۱۲ که به‌طور طبیعی در جو وجود دارد درهم می‌آمیزد. بررسی‌ها نشان داده است که به‌ازای هر ۱۰۰۰۰ میلیارد اتم پایدار کربن ۱۲، تقریباً یک اتم پرتوزای کربن ۱۴ از این طریق وارد جو می‌شود.

اتم‌های کربن جو از طریق فعالیت‌های بیولوژیکی از قبیل فتوسنتز و تنفس، به نحو کاتوره‌ای مکان خود را عوض می‌کنند و به بدن جانداران منتقل می‌شوند. به‌طوری که اتم‌های کربن هر موجود زنده شامل کسر کوچک و ثابتی از ایزوتوپ پرتوزای کربن ۱۴ است. وقتی موجود زنده‌ای می‌میرد، مقدار کربن پرتوزای به تله افتاده در موجود غیرزنده، با نیمه‌عمر ۵۷۳۰ سال رو به کاهش می‌گذارد. کربن ۱۴ موجود در یک نمونه زغال قدیمی، ۱/۵۶ درصد (معادل $\frac{1}{64}$) مقدار عادی کربن ۱۴ موجود در زغالی است که تازه تولید شده است. سن تقریبی این زغال قدیمی چقدر است؟

هسته‌های باقی‌مانده



۲۹۵ شکل زیر، نمودار تعداد هسته‌های فعال باقی‌مانده دو ماده پرتوزا را برحسب زمان نشان می‌دهد.

نیمه‌عمر کدام ماده بزرگ‌تر است؟ چرا؟



شکافت هسته‌ای

۲۹۶ در یکی از واکنش‌های شکافت اورانیوم $^{235}_{92}\text{U}$ ، همراه با عنصرهای کریپتیون و (باریم - توریم)، ۳ نوترون به وجود می‌آید.

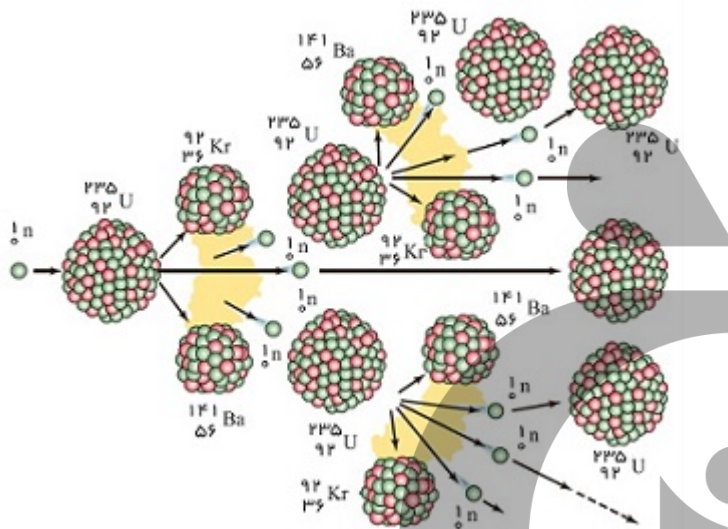
۲۹۷ افزایش غلظت ایزوتوپ‌های در یک نمونه اورانیوم را غنی‌سازی می‌گویند.

۲۹۸ در هر واکنش شکافت حدود انرژی آزاد می‌شود و این انرژی برابر انرژی آزاد شده در واکنش سوخت ۱ مولکول بنزین است.

۲۹۹ با توجه به شکل روبه‌رو، به پرسش‌ها پاسخ دهید:

الف) نام این رشته واکنش‌ها چیست؟

ب) چرا نوترون‌ها، برای انجام این واکنش مناسب هستند؟



همجوشی هسته‌ای

۳۰۰ مشخص کنید کدام‌یک از جمله‌های زیر درست و کدام نادرست هستند؟

الف) برای فراهم کردن انرژی زیاد واکنش گداخت هسته‌ای، باید دما و فشار بسیار بالا باشد.

ب) در واکنش گداخت، اصل پایداری جرم برقرار است.

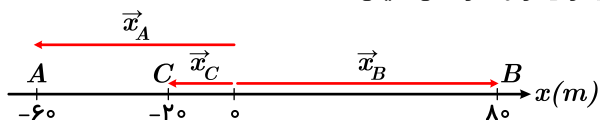
پ) در واکنش همجوشی هسته‌ای، نسبت جرم فراورده‌ها به جرم هسته‌های اولیه عددی کوچکتر از یک است.



پاسخنامه تشریحی

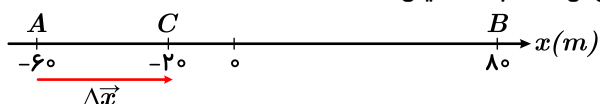
۱
الف

بردار مکان، برداری است که مبدأ محور را به مکان متحرک در هر نقطه وصل می‌کند که با $\vec{x}_A$ و $\vec{x}_B$ و $\vec{x}_C$ در شکل نمایش داده شده است.



ب

بردار جابه‌جایی، برداری است که نقطه شروع حرکت (A) را به نقطه پایانی حرکت (C) وصل می‌کند که با $\Delta\vec{x}$ نمایش داده شده است.



ب

مسافت پیموده شده برابر است با:

$$l = l_{AB} + l_{BC}$$

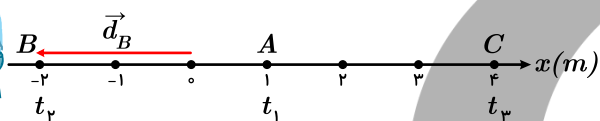
$$l = (80 + 60) + (80 + 20) \Rightarrow l = 240m$$

و جابه‌جایی متحرک برابر است با:

$$\Delta x = x_C - x_A \Rightarrow \Delta x = -20 - (-60) = 40m$$

۲
الف

$$d_B = 2m$$

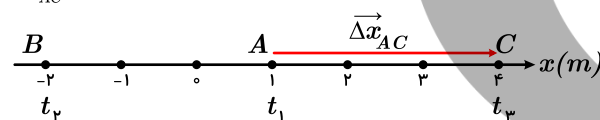


با توجه به شکل، اندازه بردار مکان در لحظه t_2 و t_3 و خلاف جهت محور x است.

ب

جابه‌جایی در جهت محور x است.

$$\Delta x_{AC} = 4 - 1 = 3m$$



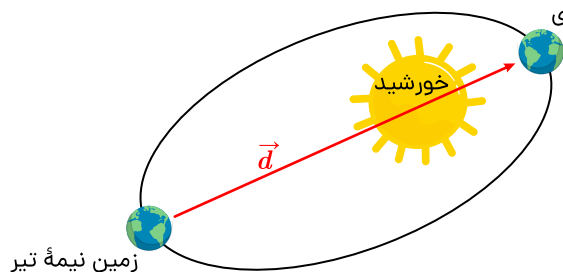
ب

$$l_{AB} = 3m$$

از نقطه ابتدایی حرکت به نقطه انتهایی حرکت وصل می‌کنیم و بردار جابه‌جایی را مشخص می‌کنیم:

۳

زمین نیمه دی



طول این بردار برابر است با:

$$d = 152 \times 10^6 km + 147 \times 10^6 km = 299 \times 10^6 km$$

مسافت طی‌شده در این مدت نصف طول مدار است؛ پس:

$$l = \frac{940 \times 10^6 km}{2} = 470 \times 10^6 km$$

همان‌طور که می‌بینید، $d < l$ است.

الف) عقربه ثانیه‌شمار در مدت نیم‌دقیقه، نیم دور می‌چرخد و نوک آن به اندازه قطر دایره مسیر حرکت آن جابه‌جا می‌شود.

۴

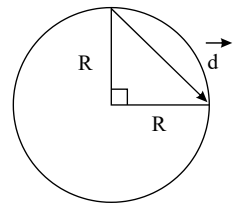


$$v_{av} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{2R}{\Delta t} = \frac{2 \times 1,5m}{3,0s} = \frac{1}{1,0} m/s$$

ب) عقربه دقیقه‌شمار در مدت ۱۵ دقیقه، یک چهارم دور می‌چرخد و نوک آن مطابق شکل زیر جابه‌جا می‌شود:

$$d = \sqrt{R^2 + R^2} = \sqrt{2}R$$

$$\Rightarrow v_{av} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{\sqrt{2}R}{\Delta t} = \frac{\sqrt{2} \times 1,5m}{15 \times 60s} = \frac{\sqrt{2}}{600} m/s$$



۵

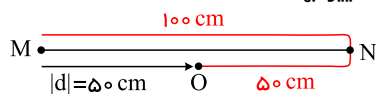
الف مسافت پیموده‌شده نسبت به مدت زمان طی این مسافت را تندی متوسط می‌نامند.

ب

نسبت جابه‌جایی متحرک به مدت زمان جابه‌جایی را سرعت متوسط می‌نامند.

۶

اگر متحرکی در امتداد یک خط راست حرکت کند، در صورتی مسافت طی‌شده از بزرگی جابه‌جایی‌اش بیشتر است که متحرک تغییر جهت دهد.



در جابه‌جایی از M به N و سپس N به O (وسط مسیر)، جابه‌جایی و مسافت طی‌شده به‌صورت مقابل است:

$$l = 100 + 50 = 150 \text{ cm}$$

$$\Delta x = |d| = 50 \text{ cm}$$

$$\begin{cases} s_{av} = \frac{l}{\Delta t} \\ v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \end{cases} \Rightarrow \frac{s_{av}}{v_{av}} = \frac{l}{\Delta x} = \frac{150}{50} = 3$$

$$v = 3 - \frac{10t}{t^2 + 1} \xrightarrow{v=0} 3 - \frac{10t}{t^2 + 1} = 0 \Rightarrow 3 = \frac{10t}{t^2 + 1}$$

$$\Rightarrow 3t^2 + 3 = 10t \Rightarrow 3t^2 - 10t + 3 = 0$$

$$\Rightarrow t = \frac{-(-10) \pm \sqrt{(-10)^2 - 4 \times 3 \times 3}}{2 \times 3} = \frac{10 \pm \sqrt{64}}{6} = \frac{10 \pm 8}{6} \Rightarrow \begin{cases} t = 3s \\ t = \frac{1}{3}s \end{cases}$$

بنابراین در لحظه‌های $t_1 = \frac{1}{3}s$ و $t_2 = 3s$ سرعت متحرک صفر و متحرک متوقف می‌شود و داریم:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 3s - \frac{1}{3}s = \frac{8}{3}s$$

۸) ثانیه اول حرکت از لحظه صفر تا لحظه ۱s و ثانیه پنجم حرکت از لحظه ۴s تا لحظه ۵s است. بنابراین، سرعت متحرک را در لحظه‌های صفر، ۱s، ۴s و ۵s به‌دست می‌آوریم.

$$v = 0,5t^3 - 2,5t^2 + 1 \Rightarrow \begin{cases} t = 0s \Rightarrow v(0s) = 0,5 \times 0 - 2,5 \times 0 + 1 = +1m/s \\ t = 1s \Rightarrow v(1s) = 0,5 \times 1^3 - 2,5 \times 1^2 + 1 = -1m/s \\ t = 4s \Rightarrow v(4s) = 0,5 \times 4^3 - 2,5 \times 4^2 + 1 = -7m/s \\ t = 5s \Rightarrow v(5s) = 0,5 \times 5^3 - 2,5 \times 5^2 + 1 = +1m/s \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{\text{تغییر سرعت در ثانیه پنجم}}{\text{تغییر سرعت در ثانیه اول}} = \frac{v(5s) - v(4s)}{v(1s) - v(0s)} = \frac{(+1m/s) - (-7m/s)}{(-1m/s) - (+1m/s)} = \frac{+8m/s}{-2m/s} = -4$$

۹) الف

$$\begin{cases} v_1 = (+16m/s) \\ v_2 = (-9m/s) \end{cases} \Rightarrow a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{(-9m/s) - (+16m/s)}{1,0s} = \frac{(-25m/s)}{1,0s} = -25m/s^2$$

ب) سرعت متحرک در وسط زمان حرکت را v_x در نظر می‌گیریم.

$$(a_{av})_x = 4(a_{av})_1 \Rightarrow \frac{v_2 - v_x}{\Delta t} = 4 \frac{v_x - v_1}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow v_2 - v_x = 4(v_x - v_1) \Rightarrow v_2 + 4v_1 = 5v_x$$

$$\Rightarrow v_x = \frac{v_2 + 4v_1}{5} = \frac{(-9m/s) + 4(+16m/s)}{5} = \frac{+55m/s}{5} = +11m/s$$



سرعت متحرک در وسط زمان حرکت ۱۱ متر بر ثانیه در سوی مثبت محور است.

۱۰ الف

$$a_{AB} = \frac{v_B - v_A}{t_B - t_A} = \frac{4 \frac{m}{s} - 0 \frac{m}{s}}{8s - 0s} = 0.5 \frac{m}{s^2}$$

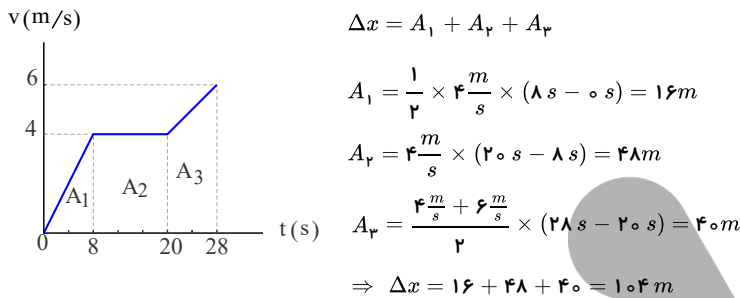
$$a_{BC} = \frac{v_C - v_B}{t_C - t_B} = 0$$

$$a_{CD} = \frac{v_D - v_C}{t_D - t_C} = \frac{6 \frac{m}{s} - 4 \frac{m}{s}}{28s - 20s} = 0.25 \frac{m}{s^2}$$

ب

$$0s < t < 28s \Rightarrow a_{av} = \frac{v_D - v_A}{t_D - t_A} = \frac{6 \frac{m}{s} - 0 \frac{m}{s}}{28s - 0s} = \frac{3}{14} \frac{m}{s^2}$$

پ) جابه‌جایی متحرک برابر سطح محصور بین منحنی $v - t$ و محور زمان است.



۱۱

الف

مد کیلومتر بر ساعت تقریباً $28 \frac{m}{s}$ است؛ بنابراین:

$$a_{av} = \frac{v_f - v_i}{\Delta t} = \frac{(28 \frac{m}{s}) - 0}{2.4s} \approx 11.67 \frac{m}{s^2}$$

ب) چهار مد کیلومتر بر ساعت تقریباً برابر است با:

$$v = 400 \div 3.6 \approx 111.1 \frac{m}{s}$$

بنابراین:

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{\Delta t} \Rightarrow (11.67 \frac{m}{s^2}) = \frac{(111.1 \frac{m}{s}) - 0}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{(111.1 \frac{m}{s})}{(11.67 \frac{m}{s^2})} \approx 9.5(s)$$

۱۲) برای تعیین شتاب متوسط، تنها کاری که باید بکنیم این است که تغییرات بردار سرعت را تقسیم بر تغییرات زمان کنیم:

$$\vec{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{t_f - t_i} = \frac{[(4\vec{i} + 5\vec{j}) - (2\vec{i} + 3\vec{j})] \frac{m}{s}}{(10 - 8)s} = \frac{(2\vec{i} + 2\vec{j}) \frac{m}{s}}{2s} \Rightarrow \vec{a} = (\vec{i} + \vec{j}) \frac{m}{s^2}$$

با داشتن بردار شتاب متوسط، محاسبه اندازه آن اصلاً کاری ندارد:

$$a_{av} = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2} \frac{m}{s^2}$$

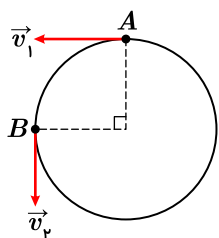
۱۳) به کمک رابطه $\vec{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ سرعت نهایی را تعیین می‌کنیم:

$$\vec{a}_{av} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{\Delta t} \Rightarrow (2 \frac{m}{s^2})\vec{i} = \frac{v_f - (5 \frac{m}{s})\vec{i}}{4s}$$

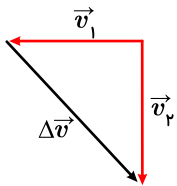
$$\Rightarrow (8 \frac{m}{s})\vec{i} = v_f - (5 \frac{m}{s})\vec{i} \Rightarrow v_f = (8 \frac{m}{s})\vec{i} + (5 \frac{m}{s})\vec{i} = (13 \frac{m}{s})\vec{i}$$

۱۴) ابتدا اندازه سرعت اتومبیل را برحسب $\frac{m}{s}$ تعیین می‌کنیم:

$$v = 72 \frac{km}{h} \div 3.6 = 20 \frac{m}{s}$$



حالا بردار $\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ را رسم می‌کنیم و اندازه آن را به دست می‌آوریم:



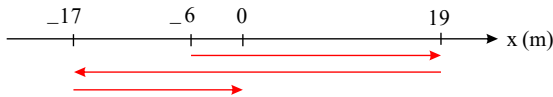
$$|\Delta \vec{v}| = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 20 \sqrt{2} \frac{m}{s}$$

و از رابطه شتاب متوسط داریم:

$$|a_{av}| = \frac{|\Delta \vec{v}|}{\Delta t} = \frac{20 \sqrt{2} \frac{m}{s}}{20 s} = \sqrt{2} \frac{m}{s^2}$$

۱۵

متحرک در مکان‌های $19m$ و $-17m$ تغییر جهت داده و روی محور x به شکل روبه‌رو حرکت می‌کند.



ابتدا از مکان اولیه $-6m$ در سوی مثبت محور x به مکان $19m$ می‌رود و مسافتی به اندازه $25m$ را می‌پیماید. سپس از مکان $19m$ در سوی منفی محور x به مکان $-17m$ صفر می‌رود و مسافتی به اندازه $36m$ را می‌پیماید. در آخر از مکان $-17m$ در سوی مثبت محور x به مکان صفر می‌رود و مسافتی به اندازه $17m$ را می‌پیماید. پس متحرک در کل، مسافت $25m + 36m + 17m = 78m$ را پیموده است. از طرفی، اندازه جابه‌جایی متحرک $|(0m) - (-6m)| = 6m$ است. بنابراین:

$$\Rightarrow \frac{\text{مسافت پیموده شده}}{\text{اندازه جابه‌جایی}} = \frac{78m}{6m} = 13$$

۱۶

الف) در لحظه $t = 8s$ دوچرخه‌سوار در مکان $x = 60m$ و در دورترین فاصله از مبدأ قرار دارد.

ب) در بازه زمانی $0s$ تا $4s$ و $8s$ تا $14s$ دوچرخه‌سوار در جهت مثبت محور x حرکت می‌کند. (در این بازه‌های زمانی x افزایش می‌یابد)

پ) در بازه زمانی $8s$ تا $14s$ دوچرخه‌سوار در جهت منفی محور x حرکت می‌کند. (در این بازه زمانی x کاهش می‌یابد)

ت) در بازه زمانی $4s$ تا $8s$ دوچرخه‌سوار ساکن است (x ثابت است و منحنی یک خط راست موازی محور زمان است).

ث) در لحظه $t = 2s$ دوچرخه‌سوار تقریباً در مکان $25m$ قرار دارد.

$$\begin{aligned} 0s < t < 2s &\Rightarrow v_{av} = \frac{25m - 0m}{2s - 0s} = \frac{25m}{2s} = 12.5 \frac{m}{s} \\ 4s < t < 8s &\Rightarrow v_{av} = \frac{60m - 60m}{8s - 4s} = \frac{0m}{4s} = 0 \frac{m}{s} \\ 8s < t < 14s &\Rightarrow v_{av} = \frac{60m - 25m}{14s - 8s} = \frac{35m}{6s} = 5.8 \frac{m}{s} \\ 14s < t < 18s &\Rightarrow v_{av} = \frac{0m - 60m}{18s - 14s} = \frac{-60m}{4s} = -15 \frac{m}{s} \\ 0s < t < 18s &\Rightarrow v_{av} = \frac{0m - 0m}{18s - 0s} = \frac{0m}{18s} = 0 \frac{m}{s} \end{aligned}$$

۱۷

الف) در این نمودار مسافت پیموده‌شده و جابه‌جایی در بازه زمانی صفر تا $20s$ برابر $40m$ است. بنابراین داریم:

$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{40}{20} = 2 \frac{m}{s}, \quad v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{40}{20} = 2 \frac{m}{s}$$

ب

در لحظه $20s$ ، سرعت دوچرخه‌سوار صفر می‌باشد.

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a_{av} = \frac{0 - 4}{20} = -0.2 \frac{m}{s^2}$$

۱۸ - ۱۱

بردار مکان بردار نیست که از مبدأ مختصات به مکان جسم رسم می‌شود. بنابراین در تمام لحظاتی که جسم در سمت منفی محور x باشد بردار مکان منفی ($0s$ تا $3s$ و $13s$ تا $18s$) و در تمام لحظاتی که در مثبت محور x باشد بردار مکان مثبت است ($3s$ تا $13s$).

از طرفی در تمام لحظاتی که متحرک در جهت محور x حرکت می‌کند (شیب مثبت) دارد، سرعت حرکت مثبت است ($0s$ تا $5s$ و $9s$ تا $16s$ و $18s$ تا $19s$) و در تمام لحظاتی که متحرک در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند (شیب منفی)، سرعت متحرک منفی است ($5s$ تا $9s$ و $16s$ تا $18s$).

بنابراین در بازه $3s$ تا $5s$ و $9s$ تا $13s$ و $16s$ تا $18s$ و $18s$ تا $19s$ و در بازه‌های $0s$ تا $3s$ و $5s$ تا $9s$ و $13s$ تا $16s$ و $18s$ تا $19s$ متحرک به مبدأ مختصات نزدیک می‌شود.

۱۹

در بازه زمانی $0s$ تا $8s$ (مدت ۸ ثانیه) حرکت کندشونده، در بازه زمانی $8s$ تا $12s$ (مدت ۴ ثانیه) حرکت تندشونده، در بازه زمانی $12s$ تا $16s$ (مدت ۴ ثانیه) حرکت کندشونده، و در بازه زمانی $16s$ تا $22s$ (مدت ۶ ثانیه) حرکت تندشونده است. پس مدت زمان حرکت کندشونده متحرک در مجموع $4 + 8 = 12s$ و مدت زمان حرکت



تندشونده متحرک در مجموع $۱۰s = ۶ + ۴$ ثانیه است و داریم:

$$\Rightarrow \frac{\text{مدت زمان حرکت تندشونده}}{\text{مدت زمان حرکت کندشونده}} = \frac{۱۰s}{۱۲s} = \frac{۵}{۶}$$

۲۰) سرعت لحظه‌ای در $t = ۲s$ برابر با شیب خط مماس بر نمودار در این لحظه است؛ پس شیب خط مماس را به دست می‌آوریم:

$$\text{شیب} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{۱۲m - ۲۰m}{۲s - ۰} = \frac{-۸m}{۲s} = -۴ \frac{m}{s}$$

$$\Rightarrow v_{(t=۲s)} = -۴ \frac{m}{s}$$

۲۱) برای حل سؤال باید هر چه در سؤال ذکر شده را به صورت روابط ریاضی بنویسیم، یعنی:

$$\left\{ \begin{array}{l} t_1 = ۴s \rightarrow x_1 = ۱۰m \\ t_2 = ۸s \rightarrow x_2 = x \end{array} \right. \rightarrow v_{av} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{x - ۱۰}{۴} \quad (۱)$$

$$t = ۸s \text{ سرعت در لحظه } \left\{ \begin{array}{l} \text{شیب خط مماس} = \frac{x}{۲} \quad (۲) \end{array} \right.$$

$$(۱) = \frac{۱}{۳}(۲) \rightarrow \frac{x - ۱۰}{۴} = \frac{۱}{۳}\left(\frac{x}{۲}\right) \rightarrow ۳x - ۳۰ = ۲x \rightarrow x = ۳۰m$$

$$v_{t=۸} = \frac{۳۰}{۲} \rightarrow v_{t=۸} = ۱۵ \frac{m}{s}$$

۲۲) سرعت اولیه حرکت (نقطه برخورد منحنی با محور سرعت) را v_0 و لحظه‌ای که سرعت برابر ۹ متر بر ثانیه شده است را $t = T$ فرض می‌کنیم.

سرعت حرکت در لحظه‌های T ، $۲۶s$ و $۳۰s$ به ترتیب برابر ۹، صفر و ۲- متر بر ثانیه است. با توجه به اینکه منحنی در این محدوده زمانی خط راست است، داریم:

$$\frac{(-۲m/s) - ۰}{۳۰s - ۲۶s} = \frac{۰ - (+۹m/s)}{۲۶s - T} \Rightarrow ۲۶s - T = ۱۸s \Rightarrow T = ۸s$$

همچنین سرعت حرکت در لحظه‌های صفر، $۳/۵s$ و $T = ۸s$ به ترتیب برابر v_0 ، صفر و $+۹$ متر بر ثانیه است. با توجه به اینکه منحنی در این محدوده زمانی نیز خط راست است، داریم:

$$\frac{(+۹m/s) - ۰}{۸s - ۳/۵s} = \frac{۰ - v_0}{۳/۵s - ۰} \Rightarrow v_0 = -۷m/s$$

۲۳) لحظه توقف متحرک (نقطه برخورد منحنی با محور زمان) را t_0 فرض می‌کنیم.

سرعت حرکت در لحظه‌های صفر، $۱۰s$ و t_0 به ترتیب برابر ۶، ۲۱ و صفر متر بر ثانیه است. با توجه به اینکه منحنی خط راست است، داریم:

$$\frac{۰ - ۲۱m/s}{t_0 - ۰} = \frac{۶m/s - ۲۱m/s}{۱۰s - ۰} \Rightarrow t_0 = ۱۴s$$

۲۴) در بازه زمانی $۳s$ تا $۹s$ (به مدت ۶ ثانیه) سرعت متحرک مثبت است و متحرک در جهت مثبت حرکت می‌کند. همچنین در بازه‌های زمانی $۰s$ تا $۳s$ (به مدت ۳ ثانیه) و $۹s$ تا $۱۵s$ (به مدت ۶ ثانیه) و در مجموع به مدت ۹ ثانیه سرعت متحرک منفی است و متحرک در جهت منفی حرکت می‌کند.

$$\Rightarrow \frac{\text{مدت زمان حرکت در جهت مثبت}}{\text{مدت زمان حرکت در جهت منفی}} = \frac{۶ \text{ ثانیه}}{۹ \text{ ثانیه}} = \frac{۲}{۳}$$

۲۵) در بازه زمانی ۵ تا ۱۲ ثانیه سرعت متحرک منفی (منحنی زیر محور زمان قرار دارد) و اندازه سرعت یا تندی آن در حال کاهش است (منحنی به محور زمان نزدیک می‌شود). بنابراین، متحرک مدت ۷ ثانیه حرکت کندشونده در سوی منفی محور مکان داشته است.

۲۶)

الف) در بازه زمانی صفر تا $۸s$ شتاب ثابت است (چون نمودار سرعت - زمان یک خط راست با شیب ثابت است)؛ پس شتاب در لحظه $t = ۵s$ با شتاب متوسط در بازه زمانی $(۰, ۸s)$ برابر است. با همین استدلال شتاب در لحظه $t = ۱۰s$ هم با شتاب متوسط در بازه زمانی $(۸s, ۲۰s)$ برابر است؛ پس کافی است که شتاب متوسط در این دو بازه زمانی را محاسبه کنیم:

$$a_{(۵s)} = a_{av(۰, ۸s)} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{(۲۴ \frac{m}{s}) - ۰}{(۸s) - ۰} = ۳ \frac{m}{s^2}$$

$$a_{(۱۰s)} = a_{av(۸s, ۲۰s)} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{۰ - (۲۴ \frac{m}{s})}{(۲۰s) - (۸s)} = \frac{-۲۴ \frac{m}{s}}{۱۲s} = -۲ \frac{m}{s^2}$$

بنابراین اندازه شتاب در لحظه $t = ۵s$ بیشتر از اندازه شتاب در $t = ۱۰s$ است.

ب) چون در بازه زمانی $(۸s, ۲۴s)$ نمودار سرعت - زمان خطی راست با شیب ثابت است، شتاب متوسط در بازه زمانی $(۸s, ۲۰s)$ با شتاب در بازه زمانی $(۲۰s, ۲۴s)$ برابر است؛ پس:

$$a_{av(۸s, ۲۰s)} = a_{av(۲۰s, ۲۴s)} \Rightarrow \frac{۰ - (۲۴ \frac{m}{s})}{(۲۰s) - (۸s)} = \frac{v_{(t=۲۴s)} - ۰}{(۲۴s) - (۲۰s)}$$

$$\xrightarrow{v_{(t=۲۴s)}=v} \frac{(-۲۴ \frac{m}{s})}{۱۲s} = \frac{v}{۴s} \Rightarrow v = \frac{(-۲۴ \frac{m}{s}) \times (۴s)}{(۱۲s)} = -۸ \frac{m}{s} \Rightarrow v = -۸ \frac{m}{s}$$

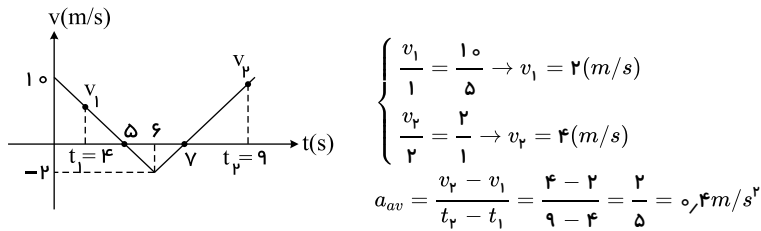
۲۷) لحظه‌ای که سرعت خودرو صفر شده است (جهت حرکت تغییر کرده است) را لحظه T فرض می‌کنیم.

$$\left\{ \begin{array}{l} t_1 = ۰ \\ t_2 = T \end{array} \right. \Rightarrow a_{av} = \frac{v(T) - v(۰)}{T - ۰} = \frac{۰ - (-۱۶)}{T} = \frac{۱۶}{T}$$



$$\begin{cases} t_1 = T \\ t_r = 10s \end{cases} \Rightarrow a_{av} = \frac{v(10s) - v(T)}{10s - T} = \frac{24 - 0}{10 - T} = \frac{24}{10 - T} \Rightarrow \frac{16}{T} = \frac{24}{10 - T} \Rightarrow \frac{2}{T} = \frac{3}{10 - T} \Rightarrow 160 - 2T = 3T \Rightarrow T = 32s$$

۲۸ با توجه به تشابه مثلث‌ها داریم:



۲۹ متحرک در لحظه $t = 24s$ متوقف شده است.

$$\text{اندازه شتاب متوسط از لحظه صفر تا لحظه توقف} = \left| \frac{v(24s) - v(0s)}{24s - 0s} \right|$$

$$= \left| \frac{0 m/s - 12 m/s}{24s} \right| = \frac{12 m/s}{24s} = \frac{1}{2} m/s^2$$

$$\text{شیب خط مماس بر منحنی در لحظه صفر} = \text{شتاب در لحظه صفر} = \left| \frac{18 m/s - 12 m/s}{18s - 0s} \right| = \frac{6 m/s}{18s} = \frac{1}{3} m/s^2$$

$$\Rightarrow \frac{\text{اندازه شتاب متوسط از لحظه صفر تا لحظه توقف}}{\text{شتاب در لحظه صفر}} = \frac{\frac{1}{2} m/s^2}{\frac{1}{3} m/s^2} = \frac{3}{2}$$

۳۰

الف درست

ب نادرست

پ درست

ت درست

ث درست

۳۱

الف از صفر تا $10s$ نوع حرکت متحرک کندشونده است، چون اندازه سرعت کاهش می‌یابد و از $10s$ تا $50s$ نوع حرکت متحرک تندشونده است، چون اندازه سرعت افزایش می‌یابد.

ب با استفاده از رابطه شتاب متوسط داریم:

$$(0, 10s): a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - (-10)}{10 - 0} = 1 \frac{m}{s^2}$$

$$(10s, 50s): a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{30 - 0}{50 - 10} = \frac{3}{4} = 0.75 \frac{m}{s^2}$$

پ شیب خط مماس بر نمودار که نشان‌دهنده شتاب لحظه‌ای می‌باشد، در لحظه‌های مختلف در حال کاهش است. بنابراین شتاب در حال کاهش است.

۳۲

الف نوع حرکت، حرکت با سرعت ثابت است. با توجه به معادله مکان - زمان حرکت آن $(x = vt + x_0)$ ، سرعت متحرک در $8 \frac{m}{s}$ و مکان اولیه آن $4m$ است.

ب

$$x = -8t + 4 \xrightarrow{x=0} -8t + 4 = 0 \Rightarrow t = 0.5s$$

$$\Delta x = v\Delta t \Rightarrow \Delta x = -8(6) = -48m$$

۳۳ الف مکان اولیه خودروهای A و B به ترتیب $x_{0A} = -300m$ و $x_{0B} = +300m$ است و در لحظه $t = 10s$ به ترتیب در مکان‌های $x_{1A} = 0$ و $x_{1B} = +450m$ قرار دارند.

$$\begin{cases} x_A = v_A t + x_{0A} \\ x_B = v_B t + x_{0B} \end{cases} \xrightarrow{t=10s} \begin{cases} 0 = 10v_A - 300 \Rightarrow v_A = 30 \frac{m}{s} \\ 450 = 10v_B + 300 \Rightarrow v_B = 15 \frac{m}{s} \end{cases}$$

$$\Rightarrow x_A = 30t - 300, x_B = 15t + 300$$

ب خودروها در لحظه‌ای به هم می‌رسند که $x_A = x_B$:



$$x_A = x_B \Rightarrow 30t - 300 = 15t + 300 \Rightarrow 15t = 600 \Rightarrow t = 40s$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x_A = 30 \times 40 - 300 \\ x_B = 15 \times 40 + 300 \end{cases} \Rightarrow x_A = x_B = 900m$$

بنابراین در لحظه $t = 40s$ و در مکان $900m$ به هم می‌رسند.

۳۴

الف

با توجه به نمودار، دوچرخه‌سوارها با سرعت ثابت حرکت می‌کنند. با استفاده از رابطه حرکت با سرعت ثابت، سرعت هر کدام از دوچرخه‌سوارها را محاسبه می‌کنیم.

$$v_A = \frac{\Delta x_A}{\Delta t} \Rightarrow v_A = \frac{0 - (-200)}{50 - 0} \Rightarrow v_A = 4 \frac{m}{s}$$

$$v_B = \frac{\Delta x_B}{\Delta t} \Rightarrow v_B = \frac{0 - 360}{30 - 0} \Rightarrow v_B = -12 \frac{m}{s}$$

ب

با استفاده از معادله مکان - زمان حرکت با سرعت ثابت، معادله مکان - زمان دوچرخه‌سوارها را به دست می‌آوریم.

معادله مکان - زمان دوچرخه‌سوار A:

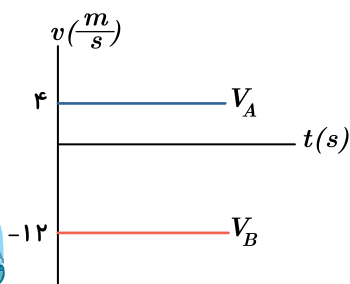
$$x_A = v_A t + x_{0A} \Rightarrow x_A = 4t - 200$$

معادله مکان - زمان دوچرخه‌سوار B:

$$x_B = v_B t + x_{0B} \Rightarrow x_B = -12t + 360$$

پ

نمودار سرعت - زمان دوچرخه‌سوارها مطابق شکل روبه‌رو است:



ت

برای محاسبه لحظه‌ای که دو دوچرخه‌سوار به هم می‌رسند، مکان آنها را با هم برابر قرار می‌دهیم:

$$x_A = x_B \Rightarrow 4t - 200 = -12t + 360 \Rightarrow 16t = 560 \Rightarrow t = 35s$$

برای محاسبه مکانی که به یکدیگر می‌رسند، زمان رسیدن آنها به یکدیگر ($t = 35s$) را در یکی از معادلات قرار می‌دهیم.

$$x_A = 4t - 200 \Rightarrow x_A = 4 \times 35 - 200 \Rightarrow x_A = -60m$$

۳۵

الف

متحرک دارای حرکت با سرعت ثابت است. بنابراین سرعت آن در هر بازه زمانی ثابت می‌باشد. در بازه زمانی $10s$ تا $20s$ داریم:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{-40 - 0}{20 - 10} = -4 \frac{m}{s}$$

ب

با استفاده از معادله مکان - زمان حرکت با سرعت ثابت، مکان اولیه را به دست می‌آوریم.

$$x = vt + x_0 \Rightarrow 0 = -4 \times 10 + x_0 \Rightarrow x_0 = 40m$$

پ

$$x = vt + x_0 \Rightarrow x = -4t + 40$$

۳۶ با توجه به نمودار مکان - زمان، هر دو متحرک دارای سرعت ثابت هستند، پس ابتدا سرعت آنها را به دست می‌آوریم:

$$v_A = \frac{0 - 10}{5} = -2 \frac{m}{s}$$

$$v_B = \frac{0 - (-8)}{2} = 4 \frac{m}{s}$$

بنابراین معادله مکان - زمان این دو متحرک برابر است با:

$$\Rightarrow x_A = v_A t + x_{0A} = -2t + 10$$

$$x_B = v_B t + x_{0B} = 4t - 8$$

حال لحظه‌ای را که فاصله دو متحرک از یکدیگر برابر با 42 متر می‌شود، می‌یابیم:

$$x_B - x_A = 42 \Rightarrow (4t - 8) - (-2t + 10) = 42 \Rightarrow t = 10s$$

۳۷

الف

با استفاده از رابطه $s_{av} = \frac{l}{\Delta t}$ تندمی متوسط را محاسبه می‌کنیم.



$$s_{av} = \frac{l}{\Delta t} \xrightarrow{l=90+20=110m, \Delta t=\Delta t_1+\Delta t_2=20s} s_{av} = \frac{110}{20} = 5.5 \frac{m}{s}$$

ب با استفاده از رابطه $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ سرعت متوسط به دست می‌آید.

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta x=100m, \Delta t=20s} v_{av} = \frac{100}{20} = 5 \frac{m}{s}$$

۳۸ اگر کل مسیر حرکت را Δx در نظر بگیریم، با توجه به رابطه سرعت متوسط که در درسنامه توضیح داده شد، داریم:

$$\Delta x_1 = \frac{1}{3} \Delta x \quad \Delta x_2 = \frac{2}{3} \Delta x$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{\Delta t_1 + \Delta t_2} = \frac{\frac{1}{3} \Delta x + \frac{2}{3} \Delta x}{\frac{\Delta x_1}{v_1} + \frac{\Delta x_2}{v_2}}$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\frac{\frac{1}{3} \Delta x}{v_1} + \frac{\frac{2}{3} \Delta x}{v_2}} = \frac{\Delta x}{\frac{1}{30} \Delta x + \frac{1}{60} \Delta x}$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\frac{1}{20} \Delta x} \Rightarrow v_{av} = 20 \frac{m}{s}$$

۳۹ اگر طول مسیر را $2l$ فرض کنیم، در نیمه ابتدایی مسیر داریم:

$$l = v_1 t_1 \Rightarrow l = 10 t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{l}{10}$$

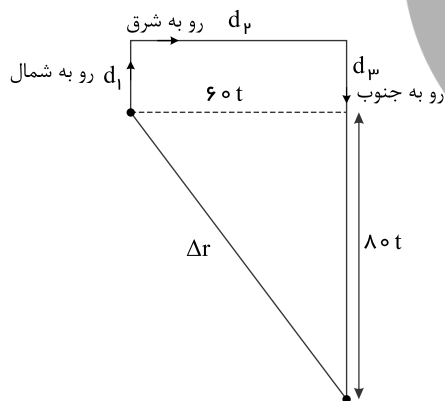
فرض می‌کنیم متحرک نیمه دوم مسیر را در زمان $2t_2$ طی کند، بنابراین داریم:

$$l = v_2 t_2 \Rightarrow 2l = 20 t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{l}{10}$$

حال با استفاده از تعریف سرعت متوسط، داریم:

$$v_{av} = \frac{2l}{t_1 + 2t_2} = \frac{2l}{\frac{l}{10} + 2(\frac{l}{10})} \Rightarrow 16 = \frac{2}{\frac{1}{10} + \frac{1}{20}} \Rightarrow v = 20 \frac{m}{s}$$

۴۰ در ابتدا جابه‌جایی را در هر مرحله پیدا می‌کنیم. در نهایت با رسم شکل مناسب، بردار جابه‌جایی را پیدا می‌کنیم. پس از آن V_{ay} را می‌یابیم:



$$d_1 = v_1 t_1 = 20t$$

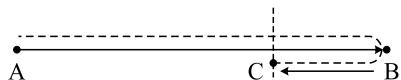
$$d_2 = v_2 t_2 = 2t \times 30 = 60t$$

$$d_3 = v_3 t_3 = 100t$$

$$d = \sqrt{(100t)^2 + (60t)^2} = 110t$$

$$v_{av} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{110t}{t + 2t + t} = \frac{110}{4} = 27.5 \frac{m}{s}$$

۴۱



$$\Delta x_T = \overline{AC} = \overline{AB} - \overline{BC} = \overline{AB} - \frac{1}{4} \overline{AB} = \frac{3}{4} \overline{AB}$$

$$v_1 = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1} \Rightarrow 30 = \frac{\overline{AB}}{\Delta t_1} \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{\overline{AB}}{30}$$

$$v_2 = \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2} \Rightarrow 10 = \frac{\frac{1}{4} \overline{AB}}{\Delta t_2} \Rightarrow \Delta t_2 = \frac{\overline{AB}}{40}$$

پس داریم:

مثل آب خوردن ۲۰ بگیر



$$v_{avT} = \frac{\Delta x_T}{\Delta t_T} = \frac{\frac{r}{f} \overline{AB}}{\frac{\overline{AB}}{f_0} + \frac{\overline{AB}}{f_0}} = \frac{\frac{r}{f} \overline{AB}}{\frac{2}{f_0} \overline{AB}} = 15 \frac{m}{s}$$

۴۲) مجموع مسافت‌های طی شده توسط متحرک‌ها باید ۹۰۰ متر شود.

$$|\Delta x_1| + |\Delta x_2| = 900 \Rightarrow 20t + 25t = 900 \Rightarrow t = 20s$$

۴۳)

$$v_1 = 108 km/h \xrightarrow{\div 3.6} v_1 = 30 m/s$$

$$v_2 = 36 km/h \xrightarrow{\div 3.6} v_2 = 10 m/s$$

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a} \Rightarrow F_{net} = 1100 \times (-0.8) = -880 N \Rightarrow v_2^2 - v_1^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 100 - 900 = 2a \times 500 \Rightarrow a = \frac{-800}{1000} = -0.8 m/s^2$$

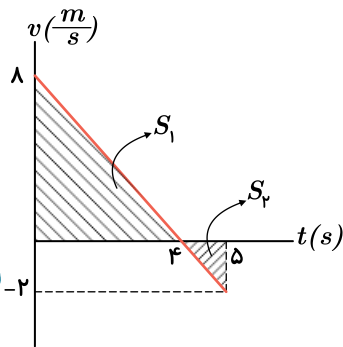
۴۴)

الف) با مقایسه $v = -2t + 8$ و $v = at + v_0$ می‌گیریم $a = -2 \frac{m}{s^2}$ و $v_0 = 8 \frac{m}{s}$ است.

ب) با استفاده از معادله مکان - زمان داریم:

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t \Rightarrow \Delta x = \frac{1}{2} \times (-2) \times 5^2 + 8 \times 5 \Rightarrow \Delta x = 15m$$

پ) اگر نمودار سرعت - زمان را رسم کنیم، از مساحت سطح زیر نمودار مسافت طی‌شده به دست می‌آید.



$$\left. \begin{aligned} S_1 &= \frac{8 \times 4}{2} = 16 \\ S_2 &= \frac{2 \times 1}{2} = 1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow l = 16 + 1 = 17m$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_1 &= S_1 = 16 \\ \Delta x_2 &= S_2 = -1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta x_{\text{کل}} = 16 - 1 = 15m$$

با استفاده از نمودار سرعت - زمان می‌توانستیم قسمت (ب) را به صورت زیر به دست بیاوریم:

$$\Delta x = \left(\frac{v_1 + v_2}{2} \right) t \Rightarrow \frac{15}{100} = \left(\frac{250 + 50}{2} \right) t$$

$$\frac{15}{100} = 150t \Rightarrow t = \frac{1}{1000} s$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{5 - 250}{\frac{1}{1000}} = -2 \times 10^5 \frac{m}{s^2} \Rightarrow |a| = 2 \times 10^5 \frac{m}{s^2}$$

۴۵) الف) چون معادله سرعت - زمان درجه اول است پس حرکت با شتاب ثابت است که شتاب آن $a = -2 \frac{m}{s^2}$ و سرعت اولیه $v_0 = 4 \frac{m}{s}$ است.

ب) ۳ ثانیه دوم یعنی از $t_1 = 3s$ تا $t_2 = 6s$ ، بنابراین کافی است جابجایی را در بازه‌های زمانی صفر تا ۳s و صفر تا ۶s پیدا کرده و سپس آنها را از هم کم کنیم:

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t \Rightarrow \begin{cases} t = 6s \Rightarrow \Delta x_2 = \frac{1}{2} \times (-2) \times 36 + 4 \times 6 = -12m \\ t = 3s \Rightarrow \Delta x_1 = \frac{1}{2} \times (-2) \times 9 + 4 \times 3 = 3m \end{cases}$$

بنابراین جابجایی در سه ثانیه دوم به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta x = \Delta x_2 - \Delta x_1 = -12 - 3 = -15m$$

مثل آب خوردن ۲۰ بگیر

۴۷)

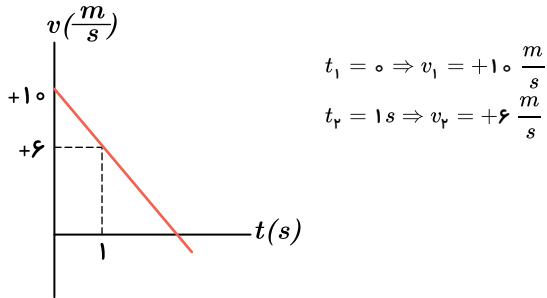


الف طبق داده‌های سوال، سرعت اولیه متحرک $10 \frac{m}{s}$ است. چون حرکت کندشونده است، نتیجه می‌گیریم علامت شتاب نباید با علامت سرعت یکسان باشد؛ پس شتاب حرکت $a = -4 \frac{m}{s^2}$ است. با استفاده از این مقادارها به راحتی می‌توانیم معادله سرعت - زمان را در SI بنویسیم:

$$v = at + v_0 \Rightarrow v = -4t + 10$$

ب

چون حرکت با شتاب ثابت است، نمودار سرعت - زمان یک خط راست است و کافی است دو نقطه از معادله سرعت - زمان را به دست آوریم و به هم وصل کنیم:



پ

برای محاسبه سرعت متوسط، می‌توانیم میانگین سرعت‌های جسم بین لحظات $t_1 = 2s$ و $t_2 = 5s$ را به دست آوریم:

$$t_1 = 2s \Rightarrow v_1 = -4 \times 2 + 10 = +2 \frac{m}{s}$$

$$t_2 = 5s \Rightarrow v_2 = -4 \times 5 + 10 = -10 \frac{m}{s}$$

$$v_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{2 \frac{m}{s} + (-10 \frac{m}{s})}{2} = -4 \frac{m}{s}$$

۴۸ معادله سرعت به صورت $v = 6t + 4$ است که همان $v = at + v_0$ است. با توجه به این موضوع، حرکت با شتاب ثابت است. ابتدا سرعت در $t = 0$ و $t = 2s$ را به دست می‌آوریم:

$$v_{(t=0)} = 6(0) + 4 = 4 \frac{m}{s}$$

$$v_{(t=2s)} = 6(2) + 4 = 16 \frac{m}{s}$$

حالا که سرعت در $t = 0$ و $t = 2s$ را داریم، جابه‌جایی را از رابطه مستقل از شتاب تعیین می‌کنیم:

$$\Delta x = \frac{v_{(0)} + v_{(2)}}{2} \Delta t \Rightarrow \Delta x = \frac{(4 \frac{m}{s} + 16 \frac{m}{s})}{2} (2s) = 20m$$

۴۹

الف مکان اولیه متحرک $x_0 = +21m$ و سرعت اولیه آن $v_0 = -10 \frac{m}{s}$ است. چون حرکت کندشونده است، باید دقت کنیم که علامت شتاب متحرک باید مخالف علامت سرعت آن، یعنی مثبت باشد؛ بنابراین $a = +2 \frac{m}{s^2}$. اکنون اعداد x_0 ، v_0 و a را در فرم کلی معادله حرکت با شتاب ثابت قرار می‌دهیم:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0 \Rightarrow x = \frac{1}{2} \times (2 \frac{m}{s^2})t^2 + (-10 \frac{m}{s})t + 21m \xrightarrow{SI} x = t^2 - 10t + 21$$

ب

برای یافتن زمانی که متحرک از مبدأ می‌گذرد، باید $x = 0$ باشد:

$$0 = t^2 - 10t + 21 \Rightarrow t = \frac{10 \pm \sqrt{100 - 4(21 \times 1)}}{2} \Rightarrow \begin{cases} t_1 = (\frac{10+4}{2})s = 7s \\ t_2 = (\frac{10-4}{2})s = 3s \end{cases}$$

این مقادارها را با استفاده از تجربه هم می‌توانیم به دست آوریم:

$$0 = t^2 - 10t + 21 \Rightarrow 0 = (t - 7s)(t - 3s) \Rightarrow t = \begin{cases} 7s \\ 3s \end{cases}$$

پس متحرک در دو لحظه $t = 3s$ و $t = 7s$ از مبدأ عبور می‌کند.

اینکه متحرک دو بار از مبدأ گذشته، نشان می‌دهد که پس از لحظه $t = 3s$ متحرک در یک لحظه تغییر جهت داده و مجدداً در لحظه $t = 7s$ از مبدأ عبور کرده است.

پ

برای آنکه لحظه صفر شدن سرعت را پیدا کنیم، باید رابطه سرعت - زمان را بنویسیم:

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

قبل از این لحظه، سرعت متحرک منفی بوده است (چون سرعت اولیه منفی بود) و به سمت منفی محور x ها در حال حرکت بوده است. در این لحظه سرعتش صفر می‌شود و بعد از آن جهت حرکتش تغییر می‌کند و در جهت مثبت محور x ها حرکت می‌کند. برای یافتن مکان متحرک در این لحظه، $t = 5s$ را در معادله حرکت قرار می‌دهیم. در SI داریم:

$$x = t^2 - 10t + 21 \xrightarrow{t=5s} x = (5)^2 - 10(5) + 21 = -4m$$

ت

x را مساوی $-10m$ می‌گذاریم تا ببینیم متحرک در چه زمانی از این مکان عبور کرده است.

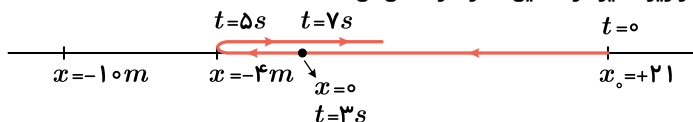
$$x = t^2 - 10t + 21 \Rightarrow t^2 - 10t + 21 = -10 \Rightarrow t^2 - 10t + 31 = 0$$

دلتای معادله درجه دوم فوق را تشکیل می‌دهیم:

$$\Delta = \sqrt{100 - 4(1 \times 31)} = \sqrt{-24}$$



می‌بینیم که دلتای معادله بالا منفی است و در نتیجه معادله فوق جواب ندارد؛ یعنی متحرک هیچ‌گاه از نقطه $10m$ عبور نمی‌کند. البته این جواب قابل پیش‌بینی بود؛ زیرا سرعت متحرک در $x = -4m$ صفر شده و متحرک مجدداً به سمت مثبت باز می‌گردد. نمودار زیر مسیر حرکت این متحرک را نشان می‌دهد.



با استفاده از رابطه سرعت - مکان محاسبه می‌کنیم که در طی چه جابه‌جایی، سرعت اتومبیل از $144 \frac{km}{h}$ به $90 \frac{km}{h}$ می‌رسد. ابتدا سرعت‌ها را به $\frac{m}{s}$ تبدیل می‌کنیم:

$$v_1 = 144 \frac{km}{h} \div 3.6 = 40 \frac{m}{s}$$

$$v_2 = 90 \frac{km}{h} \div 3.6 = 25 \frac{m}{s}$$

$$v_2^2 - v_1^2 = 2a\Delta x \Rightarrow (25 \frac{m}{s})^2 - (40 \frac{m}{s})^2 = 2(-4.5 \frac{m}{s^2})\Delta x \quad (\text{علامت منفی شتاب به دلیل کندشونده بودن حرکت است.})$$

$$625 - 1600 = -9\Delta x \Rightarrow \Delta x = (\frac{-975}{-9})m \simeq 108m > 100m$$

مشاهده می‌شود که راننده بی‌احتیاط نمی‌تواند قبل از اینکه به پلیس برسد، سرعت خود را به حد مجاز برساند و توسط برادران راهنمایی و رانندگی، اعمال قانون خواهد شد!!

باید معادله داده‌شده را به صورت کلی $v^2 = 2a(x - x_0) + v_0^2$ دریاوریم، پس x_0 را اضافه و کم می‌کنیم:

$$\frac{v^2}{2} = x + 10 \xrightarrow{x_0 = 5m} \frac{v^2}{2} = (x - 5 + 5) + 10 \Rightarrow \frac{v^2}{2} = (x - 5) + 15 \Rightarrow \begin{cases} v^2 = 2(x - 5) + 30 \\ v^2 = 2a(x - x_0) + v_0^2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow v^2 = 30 \Rightarrow v_0 = \sqrt{30} = 5\sqrt{6}$$

وقتی دو متحرک از کنار هم عبور می‌کنند، در یک لحظه مشخص، مکان آنها با هم برابر می‌شود، پس:

$$x_1 = x_2 \Rightarrow t^2 - 2t + 1 = -t^2 - 4t \Rightarrow 2t^2 + 2t + 1 = 0$$

$$\Delta = b^2 - 4ac = 2^2 - 4(2)(1) = -4 < 0$$

دلتای این معادله درجه دوم کوچک‌تر از صفر است، بنابراین معادله فوق جواب ندارد. پس دو متحرک هیچ‌گاه از کنار هم عبور نمی‌کنند.

(الف) (۱): مثبت است. (چون شیب خط مماس مثبت است)

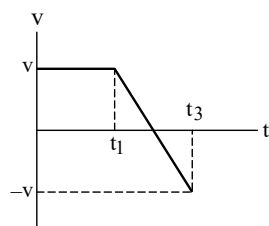
(۲): حرکت شتابدار با شتاب ثابت کندشونده است.

(۳): علامت شتاب منفی است. (چون جهت تقعر منحنی رو به پایین است)

(۴): حرکت شتابدار با شتاب ثابت تندشونده است.

(۵): علامت شتاب، منفی است. (چون جهت تقعر منحنی رو به پایین است)

اگر به نمودار $x - t$ توجه شود، به دلیل تقارن سهمی اندازه شیب خطوط مماس در لحظات t_1 و t_3 یکی است. فقط در $t = t_1$ ، $v > 0$ و در $t = t_3$ ، $v < 0$ خواهد بود.



(۵۴)

الف

با توجه به نمودار، $x_0 = 0$ و متحرک در $t = 2s$ متوقف شده است. با توجه به معادله زیر می‌توان سرعت اولیه را به دست آورد:

$$\Delta x = (\frac{v_1 + v_2}{2})t \Rightarrow 10 = (\frac{v_0 + 0}{2}) \times 2 \Rightarrow v_0 = 10 \frac{m}{s}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - 10}{2 - 0} = -5 \frac{m}{s^2}$$

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0 \Rightarrow x = -\frac{5}{2}t^2 + 10t$$

شتاب را هم به دست می‌آوریم:

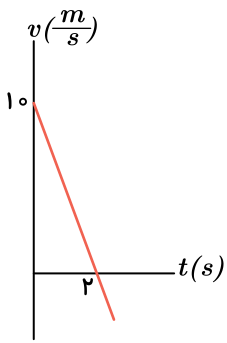
حالا می‌توانیم معادله مکان - زمان را بنویسیم:

ب

معادله سرعت - زمان را نوشته و با نقطه‌یابی آن را رسم می‌کنیم:



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



۵۵

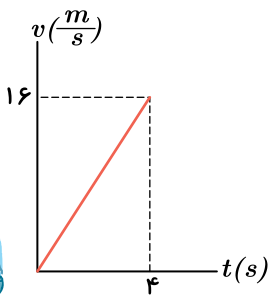
الف

سرعت اولیه متحرک صفر است، چون شیب خط مماس در مبدأ زمان برابر صفر می‌شود.
برای محاسبه شتاب متحرک از معادله مکان - زمان در حرکت با شتاب ثابت استفاده می‌کنیم.

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0$$

$$17 = \frac{1}{2}a \times 4^2 + 0 + (-15) \Rightarrow 32 = \frac{1}{2}a \times 16 \Rightarrow a = 4 \frac{m}{s^2}$$

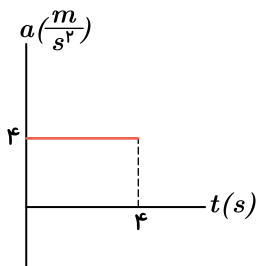
ب معادله $v - t$ در حرکت با شتاب ثابت به صورت مقابل است:



$$v = at + v_0 \Rightarrow v = 4t$$

ب

نمودار شتاب - زمان متحرک به صورت مقابل است.



۵۶ راه اول: شیب خط مماس بر منحنی $x - t$ در لحظه $t = 0$ برابر با سرعت اولیه است.

$$v_0 = -\frac{40}{40} = -1 m/s$$

در لحظه $t = 2s$ متحرک از مبدأ مکان می‌گذرد و خواهیم داشت:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0 \Rightarrow 0 = \frac{1}{2}a(2)^2 + (-1)(2) + 40 \Rightarrow 2a = -38 \Rightarrow a = -19 m/s^2$$

$$v = at + v_0 = (-19)(2) + (-1) = -39 m/s$$

راه دوم: با استفاده از رابطه مستقل از شتاب داریم:

$$\Delta x = \frac{v + v_0}{2} \Delta t$$

$$\frac{v + v_0}{2} = \frac{x - x_0}{2} = \frac{-40}{2} \xrightarrow{v_0 = -1 m/s} v = -39 m/s$$

۵۷ با توجه به اینکه نمودار مکان - زمان متحرک به صورت سهمی است، شتاب آن ثابت است و شتاب متوسط آن در هر بازه زمانی دلخواه همان شتاب ثابت حرکت است.

بنابراین برای بازه زمانی صفر تا ۶ ثانیه می‌توان نوشت:

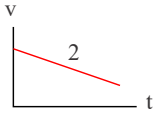
$$\frac{v + v_0}{2} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \frac{0 + v_0}{2} = \frac{10 - (-8)}{6} \Rightarrow v_0 = 6 \frac{m}{s}$$

و در آخر با استفاده از تعریف شتاب داریم:

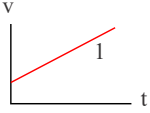
$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{0 - 6}{6 - 0} = -1 \frac{m}{s^2}$$



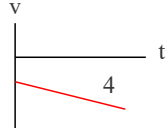
۵۸ الف) خودرو در جهت مثبت حرکت می‌کند ($v > 0$) و شتاب خودرو در جهت منفی است ($a < 0$)، پس نمودار $v - t$ آن به شکل زیر می‌تواند باشد: در این شرایط، شتاب مخالف سرعت است و طبق نمودار، اندازه سرعت کاهش می‌یابد و حرکت کندشونده است.



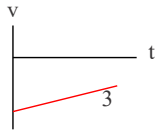
ب) خودرو در جهت مثبت حرکت می‌کند ($v > 0$) و شتاب خودرو نیز در جهت مثبت است ($a > 0$)، پس نمودار $v - t$ آن به شکل زیر می‌تواند باشد: در این شرایط، شتاب موافق سرعت است و طبق نمودار، اندازه سرعت افزایش می‌یابد و حرکت تندشونده است.



پ) خودرو در جهت منفی حرکت می‌کند ($v < 0$) و شتاب خودرو نیز در جهت منفی است ($a < 0$)، پس نمودار $v - t$ آن به شکل زیر می‌تواند باشد: در این شرایط، شتاب موافق سرعت است و طبق نمودار، اندازه سرعت در حال افزایش و حرکت تندشونده است.



ت) خودرو در جهت منفی حرکت می‌کند ($v < 0$) و شتاب خودرو در جهت مثبت است ($a > 0$)، پس نمودار $v - t$ به شکل زیر می‌تواند باشد: در این شرایط، شتاب مخالف سرعت است و طبق نمودار، اندازه سرعت در حال کاهش و حرکت کندشونده است.



۵۹

الف) در بازه زمانی صفر تا ۸s حرکت کندشونده و در بازه ۸s تا ۲۰s حرکت تندشونده است.

ب) با استفاده از رابطه شتاب متوسط داریم:

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \xrightarrow{(0, 8s)} a_{av} = \frac{0 - (-16)}{8 - 0} = 2 \frac{m}{s^2}$$

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \xrightarrow{(8s, 20s)} a_{av} = \frac{24 - 0}{20 - 8} = 2 \frac{m}{s^2}$$

پ) در لحظه ۱۲s شتاب برابر $2 \frac{m}{s^2}$ است، زیرا نمودار یک خط راست می‌باشد و شیب خط مماس که نشان‌دهنده شتاب لحظه‌ای است، در تمام نقاط یکسان است.

۶۰

الف) برای رسم نمودار سرعت - زمان، سرعت متحرک را در هر لحظه به دست می‌آوریم:

در لحظه ۵s:

$$v = at + v_0 \Rightarrow v = 2 \times 5 + 0 = 10 \frac{m}{s}$$

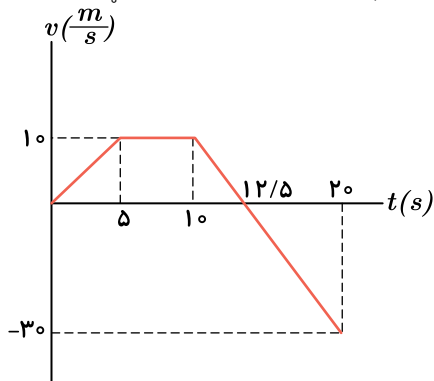
در بازه زمانی ۵s تا ۱۰s شتاب متحرک برابر صفر است. بنابراین حرکت با سرعت ثابت انجام می‌شود و سرعت در لحظه ۱۰s نیز برابر $10 \frac{m}{s}$ است. برای محاسبه سرعت در لحظه ۲۰s داریم: (v'_0 سرعت اولیه برای بازه زمانی ۱۰s تا ۲۰s می‌باشد):

$$v = at + v'_0 \xrightarrow{v'_0 = 10 \frac{m}{s}} v = -4 \times 10 + 10 \Rightarrow v = -30 \frac{m}{s}$$

همچنین برای محاسبه زمانی که سرعت متحرک صفر می‌شود، داریم:

$$v = at + v'_0 \Rightarrow 0 = -4t + 10 \Rightarrow t = 2.5 s$$

یعنی ۲.۵s بعد از ۱۰s سرعت متحرک برابر صفر می‌شود. در نتیجه در $t = 2.5 + 10 = 12.5 s$ سرعت متحرک صفر می‌شود. نمودار سرعت - زمان مطابق شکل روبه‌رو می‌شود.



ب) برای رسم نمودار مکان - زمان در هر مرحله باید معادله مربوط به نوع حرکت را نوشته و مکان را در لحظه‌های نشان‌داده شده روی نمودار به دست آوریم.

در بازه صفر تا ۵s حرکت با شتاب ثابت $2 \frac{m}{s^2}$ انجام می‌شود.



$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0 \Rightarrow x = \frac{1}{2} \times 2 \times 5^2 + 0 + 0 \Rightarrow x = 25m$$

در بازه زمانی ۵s تا ۱۰s حرکت با سرعت ثابت است. بنابراین مکان در لحظه ۱۰s برابر است با:

$$x = vt + x_0 \xrightarrow{x_0=25m} x = 10 \times 5 + 25 = 75m$$

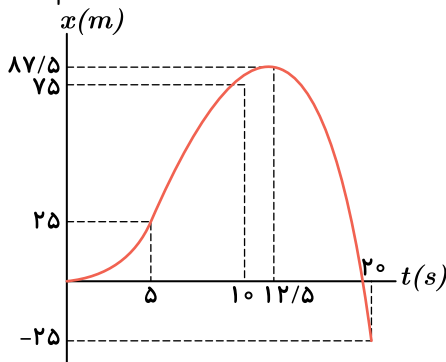
برای محاسبه مکان متحرک در لحظه ۱۲٫۵s می‌توانیم مساحت زیر نمودار سرعت - زمان را در بازه زمانی صفر تا ۱۲٫۵s به دست آوریم.

$$\Delta x = S_{\text{توزیع}} = \frac{(12.5 + 5) \times 10}{2} = 87.5m$$

$$\Rightarrow \Delta x = 87.5 \Rightarrow x - x_0 = 87.5 \xrightarrow{x_0=0} x = 87.5m$$

در بازه زمانی ۱۰s تا ۲۰s، حرکت با شتاب ثابت $\frac{m}{s^2} - 4$ انجام می‌شود.

$$x = \frac{1}{2}a't^2 + v_0't + x_0' \quad a' = -4 \frac{m}{s^2}, v_0' = 10 \frac{m}{s}, x_0' = 75m$$



$$x = \frac{1}{2} \times (-4) \times 10^2 + 10 \times 10 + 75$$

$$\Rightarrow x = -200 + 100 + 75 \Rightarrow x = -25m$$

پ با توجه به نمودار سرعت - زمان در بازه زمانی صفر تا ۵s، حرکت تندشونده و در بازه ۵s تا ۱۰s، حرکت با سرعت ثابت و در بازه زمانی ۱۰s تا ۱۲٫۵s حرکت کندشونده و در بازه ۱۲٫۵s تا ۲۰s، حرکت تندشونده است.

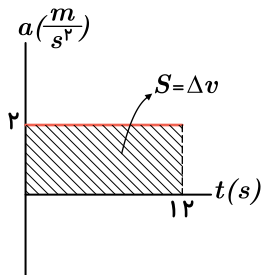
۶۱

الف

روش اول: برای محاسبه سرعت متحرک در لحظه ۱۲s از رابطه سرعت - زمان در شتاب ثابت استفاده می‌کنیم:

$$v = at + v_0 \Rightarrow v = 2 \times 12 + 2 = 26 \frac{m}{s}$$

روش دوم: مساحت زیر نمودار برابر Δv است.



$$S = \Delta v \Rightarrow S = 2 \times 12 = 24 \Rightarrow \Delta v = 24 \frac{m}{s}$$

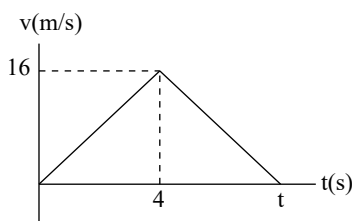
$$\Rightarrow v - v_0 = 24 \xrightarrow{v_0=2 \frac{m}{s}} v - 2 = 24 \Rightarrow v = 26 \frac{m}{s}$$

ب با استفاده از رابطه مکان - زمان در شتاب ثابت داریم:

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t \Rightarrow \Delta x = \frac{1}{2} \times 2 \times 12^2 + 2 \times 12 \Rightarrow \Delta x = 168m$$

۶۲

نمودار سرعت - زمان متحرک را رسم می‌کنیم. با توجه به رابطه سرعت متوسط داریم:



$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta x=S, S=\frac{1}{2} \times 16 \times 8} v_{av} = \frac{16 \times 4}{2 \times 8} = 4 \frac{m}{s}$$

۶۳



الف

$$v_0 = 108 \frac{km}{h} = \frac{108}{3.6} \frac{m}{s} = 30 \frac{m}{s}$$

چون سرعت اولیه مثبت در نظر گرفته شده و حرکت کندشونده است پس شتاب باید منفی باشد، از طرفی چون زمان داده نشده و خواسته نشده است، پس معادله سرعت - جابه‌جایی در حرکت با شتاب ثابت مفید است.

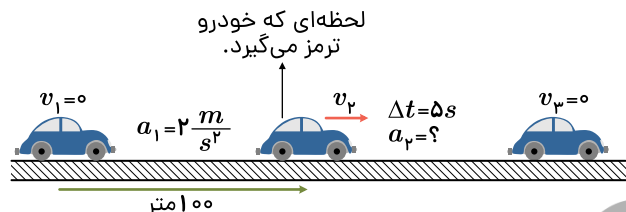
$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 0 - 900 = 2 \times (-2) \times \Delta x \Rightarrow \Delta x = 225m$$

یعنی از فاصله ۲۲۵ متری باید راننده قطار اقدام به ترمز گرفتن کند.

ب

$$v = at + v_0 \Rightarrow 0 = -2t + 30 \Rightarrow t = 15s$$

۶۴ مطابق شکل حرکت این خودرو دو مرحله دارد؛ دقت کنید اطلاعات هر مرحله را برای همان مرحله به کار ببرید. اگر سرعت v_p یعنی سرعت در انتهای مرحله اول و ابتدای مرحله دوم مشخص باشد، شتاب حرکت در مرحله دوم به دست می‌آید. برای این کار از مرحله اول استفاده می‌کنیم:



$$\text{مرحله اول: } v_p^2 - v_1^2 = 2a\Delta x \Rightarrow v_p^2 - 0 = 2 \times 2 \times 100 \Rightarrow v_p = 20 \frac{m}{s}$$

$$\text{مرحله دوم: } a_p = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - 20}{5} = -4 \frac{m}{s^2}$$

یعنی بزرگی شتاب متوسط حاصل از ترمز $4 \frac{m}{s^2}$ است.

۶۵ ابتدا با استفاده از معادله سرعت - جابه‌جایی در حرکت با شتاب ثابت، شتاب حرکت کامیون را محاسبه می‌کنیم. داریم:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x \Rightarrow 0 = \left(\frac{72}{3.6}\right)^2 + 2a \times 50 \Rightarrow a = -4 \frac{m}{s^2}$$

جابه‌جایی کامیون در یک ثانیه ابتدایی بعد از ترمز برابر است با:

$$\Delta x_1 = \frac{1}{2}at^2 + v_0t = \frac{1}{2} \times (-4) \times 1^2 + 20 \times 1 \Rightarrow \Delta x_1 = 18m$$

برای محاسبه جابه‌جایی در یک ثانیه انتهایی حرکت قبل از توقف، می‌توان حرکت را معکوس در نظر گرفت. به این صورت که فرض کنیم کامیون از حال سکون و با شتاب $4 \frac{m}{s^2}$ در مسیری مستقیم شروع به حرکت کرده است و جابه‌جایی آن در یک ثانیه ابتدایی حرکتش برابر است با:

$$|\Delta x_p| = \frac{1}{2}|a|t^2 + v_0t = \frac{1}{2} \times 4 \times 1^2 + 0 \Rightarrow \Delta x_p = 2m$$

بنابراین:

$$\frac{\Delta x_1}{\Delta x_p} = \frac{18}{2} = 9$$

۶۶

در ابتدا با نوشتن معادله سرعت، لحظه توقف و پس از آن مکان (در اینجا جابه‌جایی) توقف را می‌یابیم.

$$x = -2t^2 + 8t = \frac{1}{2}at^2 + v_0t \Rightarrow a = -4m/s^2, v_0 = 8m/s$$

$$v = at + v_0 = -4t + 8 = 0 \Rightarrow t = 2s$$

$$\Rightarrow x = -2 \times 2^2 + 8 \times 2 = -8 + 16 = 8m$$

۶۷

از فرم معادله داده شده برمی‌آید که شیب معادله سرعت - جابه‌جایی در حرکت با شتاب ثابت است. پس داریم:

$$v = \sqrt{2x + 16} \Rightarrow v^2 = 2x + 16 \Rightarrow \begin{cases} v^2 - 16 = 2x \\ v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \end{cases} \Rightarrow 2a = 2 \Rightarrow a = 1m/s^2$$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_0^2 = 16 \Rightarrow v_0 = 4m/s \\ a = 1m/s^2 \\ x_0 = 10 \end{cases} \Rightarrow x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 = \frac{1}{2}t^2 + 4t + 10$$

$$\Rightarrow 4 \leq t \leq 6 \Rightarrow \begin{cases} t = 4 \Rightarrow x = \frac{1}{2} \times 16 + 4 \times 4 + 10 = 34m \\ t = 6 \Rightarrow x = \frac{1}{2} \times 36 + 4 \times 6 + 10 = 52m \end{cases} \Rightarrow \Delta x = 18m$$

۶۸ ابتدا سرعت را بر حسب $\frac{m}{s}$ نوشته، سپس با استفاده از معادله مستقل از شتاب، کل طول مسیر و مکان مربوط به وسط مسیر را می‌یابیم در نهایت سرعت در این مکان را



به دست می آوریم.

$$v = \frac{1200}{3.6} = \frac{1000}{3} \text{ m/s} \quad \Delta x = \left(\frac{v + v_0}{2} \right) t \Rightarrow \Delta x = \frac{1000}{2} \times 3 = 1500 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \Delta x = 1500 \text{ m} \Rightarrow \Delta x' = \frac{\Delta x}{2} = 750 \text{ m}$$

$$v = at + v_0 \Rightarrow \frac{1000}{3} = a \times 3 \Rightarrow a = \frac{1000}{9} \text{ m/s}^2$$

$$v'^2 - v_0^2 = 2a\Delta x' \Rightarrow v'^2 - 0 = 2 \times \frac{1000}{9} \times 750 \Rightarrow v' = \frac{500\sqrt{2}}{3} \text{ m/s}$$

۶۹ مسافت ۲ ثانیه دوم یعنی: $t_1 = 2 \text{ s}$ تا $t_2 = 4 \text{ s}$.

مسافت ۲ ثانیه چهارم یعنی: $t_3 = 6 \text{ s}$ تا $t_4 = 8 \text{ s}$.

اگر مسافت‌ها یکسان باشد، لحظه تغییر جهت t' برابر است با:

$$t' = \frac{t_2 + t_4}{2} = \frac{4 + 6}{2} = 5 \text{ s}$$

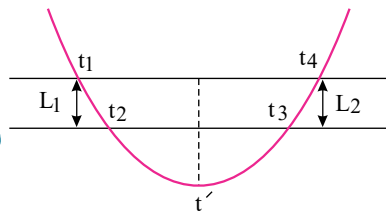
حال سرعت اولیه را به دست می آوریم:

$$v = at + v_0 \Rightarrow 0 = 2 \times 5 + v_0 = v_0 = -10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x$$

$$v^2 - (-10)^2 = 2 \times 2 \times (0 - 4) \Rightarrow v^2 = 9 \Rightarrow v = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

نکته: در حرکت شتاب ثابت داریم:



$$t' = \frac{t_2 + t_4}{2} \leftarrow L_1 = L_2 \text{ است}$$

۷۰ راه اول: با توجه به این که شتاب حرکت منفی و سرعت اولیه متحرک برابر با 2 m/s است، بنابراین در لحظه ای که تندی 14 m/s است، سرعت برابر با -14 m/s است:

$$x = -4t^2 + 2t + 1 \rightarrow \begin{cases} \frac{1}{2}a = -4 \Rightarrow a = -8 \text{ m/s}^2 \\ v_0 = 2 \text{ m/s} \end{cases}$$

$$v_0 = 2 \text{ m/s}, v = -14 \text{ m/s}$$

$$v = at + v_0 \rightarrow -14 = -8t + 2 \Rightarrow t = 2 \text{ s}$$

$$a = -8 \text{ m/s}^2$$

$$\Rightarrow x = -4 \times 2^2 + 2 \times 2 + 1 = -11 \text{ m}$$

راه دوم:

با استفاده از معادله سرعت - جابه جایی داریم:

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \xrightarrow[v_0 = 2 \text{ m/s}]{|v| = 14 \text{ m/s}, a = -8 \text{ m/s}^2} (14)^2 - 2^2 = 2 \times (-8) \Delta x$$

$$\Rightarrow \Delta x = -\frac{14^2 - 2^2}{16} = -12 \text{ m} \xrightarrow[\Delta x = x - x_0]{x_0 = 1 \text{ m}} -12 = x - 1 \Rightarrow x = -11 \text{ m}$$

۷۱ ابتدا شتاب حرکت و سرعت اولیه را محاسبه می کنیم:

$$t_1 = 2 \text{ s} \Rightarrow v_1 = 40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$t_2 = 5 \text{ s} \Rightarrow v_2 = 36 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{5}{18} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v = at + v_0$$

$$\begin{cases} 40 = 2a + v_0 \\ 10 = 5a + v_0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_0 = 60 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ a = -10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{cases}$$

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t \Rightarrow \Delta x = \frac{1}{2} \times (-10) \times 5^2 + 60 \times 5 = -125 + 300 = 175 \text{ m}$$

۷۲ با نوشتن معادله جابه جایی برای ثانیه اول و دو ثانیه اول، می توان نسبت آنها را پیدا کرد.



$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2$$

$$\begin{cases} t = 1s \Rightarrow \Delta x_1 = \frac{1}{2}a \times 1^2 = \frac{1}{2}a \text{ (ثانیه اول)} \\ t = 2s \Rightarrow \Delta x_2 = \frac{1}{2}a \times 2^2 = 2a \text{ (دو ثانیه اول)} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{\text{جابجایی دو ثانیه اول}}{\text{جابجایی ثانیه دوم}} = \frac{\Delta x_2}{\Delta x_2 - \Delta x_1} = \frac{2a}{1.5a} = \frac{4}{3}$$

۷۳) ثانیه سوم، فاصله زمانی بین $t = 2s$ تا $t = 3s$ است. سرعت متوسط را در این یک ثانیه حساب می‌کنیم.

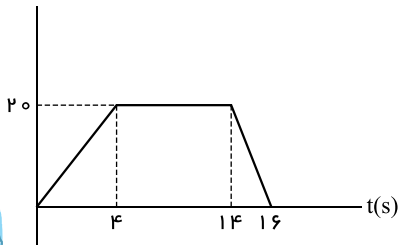
$$\begin{cases} t_1 = 2s \Rightarrow v_1 = (4 \times 2 + 2) \frac{m}{s} = 10 \frac{m}{s} \\ t_2 = 3s \Rightarrow v_2 = (4 \times 3 + 2) \frac{m}{s} = 14 \frac{m}{s} \end{cases}, \quad \bar{v} = \frac{v_2 + v_1}{2} = \left(\frac{14 + 10}{2} \right) \frac{m}{s} = 12 \frac{m}{s}$$

$$\Delta x = \bar{v} \cdot \Delta t = (12 \times 1)m = 12m$$

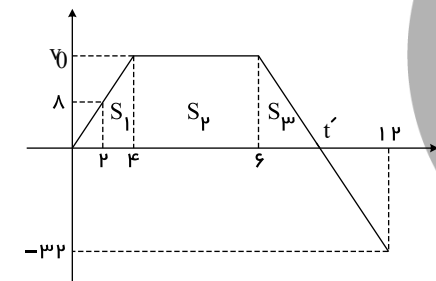
به این دلیل که متحرک تغییر جهت نداده است (سرعت پیوسته مثبت است)، اندازه جابه‌جایی با مسافت پیموده شده برابر است.

۷۴) معمولاً در مسائلی که متحرک در امتداد یک خط راست، چند نوع حرکت پشت سر هم انجام می‌دهد، بهتر است نمودار سرعت زمان را بکشید تا جواب آسان‌تر به دست آید.

$$\begin{cases} v_0 = 0 \\ v = at + v_0 \Rightarrow v = 5 \times 4 = 20 \end{cases}$$



مساحت زیر نمودار سرعت از نظر عددی مقدار جابه‌جایی و مسافت پیموده‌شده را نشان می‌دهد:

$$\text{مسافت طی شده} = \frac{(16 + 4) \times 20}{2} = 260 \text{ متر}$$


۷۵) با توجه به شکل مقابل، در لحظه t' سرعت صفر می‌شود و به دلیل ادامه حرکت، جهت حرکت عوض می‌شود. جابه‌جایی از لحظه 0 تا $t = t'$ را S_T می‌نامیم.

$$\frac{v_0}{4} = \frac{20}{2} \Rightarrow v_0 = 16 \frac{m}{s}$$

همچنین با توجه به تشابه مثلث t' را به دست می‌آوریم:

$$\frac{16}{t' - 4} = \frac{20}{12 - t'} \Rightarrow 2t' - 12 = 12 - t' \Rightarrow t' = 8s$$

$$S_T = S_1 + S_2 + S_3 \Rightarrow S_T = \frac{1}{2} \times 4 \times 16 + 4 \times 16 + \frac{1}{2} \times 2 \times 16 \Rightarrow S_T = 32 + 32 + 16 \Rightarrow S_T = 80$$

$$\Delta x = 80 \Rightarrow x_{(8s)} - x_0 = 80 \longrightarrow x_{(8s)} - (-20) = 80 \Rightarrow x_{(8s)} = 60m$$

۷۶) مسافتی که بقیه قطار بعد از جدا شدن واگن با سرعت ثابت طی می‌کند برابر است با:

$$\Delta x = v\Delta t$$

v سرعت قطار است که برابر سرعت اولیه واگن موقع جدا شدن است و Δt زمان توقف واگن است. با توجه به آنکه سرعت نهایی واگن صفر است، داریم:

$$\Delta x' = \left(\frac{v_1 + v_2}{2} \right) \Delta t \Rightarrow 60 = \frac{0 + v}{2} \Delta t \Rightarrow v\Delta t = 120m$$

پس مسافتی که قطار در این مدت طی کرده است برابر است با:

$$\Delta x = v\Delta t = 120m$$

۷۷) روش اول:



$$x_a = x_b \Rightarrow -18t + 5 = -3t^2 + 10t - 10 \Rightarrow 3t^2 - 18t + 15 = 0$$

$$\Rightarrow t^2 - 6t + 5 = 0 \Rightarrow (t-1)(t-5) = 0 \Rightarrow t_1 = 1s, t_2 = 5s$$

$$\begin{cases} t_1 = 1s \Rightarrow x_{a1} = x_{b1} = -3m \\ t_2 = 5s \Rightarrow x_{a2} = x_{b2} = -35m \end{cases}$$

متحرک‌ها در لحظه‌های t_1 و t_2 و در مکان‌های x_{a1} و x_{a2} از کنار هم عبور می‌کنند.

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_{a2} - x_{a1}}{t_2 - t_1} = \frac{(-35) - (-3)}{5 - 1} = -8m/s$$

روش دوم:

با توجه به معادله مکان - زمان متحرک a ، این متحرک با سرعت ثابت $-8m/s$ حرکت می‌کند. بنابراین سرعت متوسط آن بین هر دو لحظه دلخواه ثابت و برابر $-8m/s$ است.

(الف) این دستگاه به کمک حسگرهای الکتریکی، زمان سقوط گلوله را اندازه می‌گیرد؛ سپس با کمک رابطه $y = -\frac{1}{2}gt^2$ و مشخص بودن ارتفاع سقوط گلوله، شتاب گرانش اندازه‌گیری می‌شود.

(ب)

$$\begin{cases} h = 0.27m \\ t = 0.23s \end{cases} \xrightarrow{h = \frac{1}{2}gt^2} \frac{27}{100} = \frac{1}{2}g\left(\frac{23}{100}\right)^2 \Rightarrow g = \frac{27 \times 100 \times 2}{23 \times 23} \simeq 10.2 \frac{m}{s^2}$$

(۷۹)

الف

مبدأ حرکت را محل رها شدن جسم در نظر می‌گیریم.

$$y = -\frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow -45 = -\frac{1}{2} \times 10t^2 \Rightarrow t = 3s$$

ب

$$v = -gt \Rightarrow v = -10 \times 3 = -30 \frac{m}{s}$$

پ

در لحظه‌ای که گلوله از ارتفاع ۲۵ متری سطح زمین عبور می‌کند، جابه‌جایی گلوله برابر ۲۰ متر است.

$$y' = -\frac{1}{2}gt'^2 \Rightarrow -20 = -\frac{1}{2} \times 10t'^2 \Rightarrow t' = 2s$$

$$v' = -gt' \Rightarrow v' = -10 \times 2 = -20 \frac{m}{s}$$

(۸۰)

الف

$$y = -\frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow y = -\frac{1}{2} \times 10 \times 2^2 \Rightarrow y = -20m$$

بنابراین ارتفاع پل برابر ۲۰ متر است.

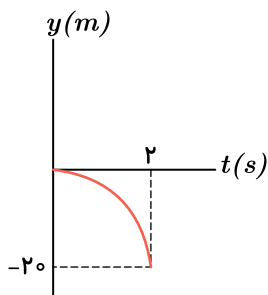
ب

$$v = -gt \Rightarrow v = -10 \times 2 = -20 \frac{m}{s}$$

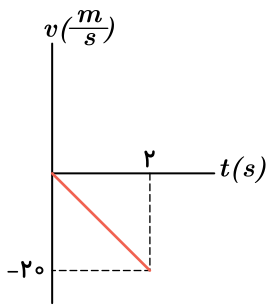
پ

$$v_{av} = \frac{v + v_0}{2} \Rightarrow v_{av} = \frac{-20 + 0}{2} = -10 \frac{m}{s}$$

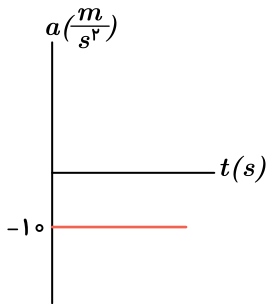
(ت) نمودار مکان - زمان از رابطه $y = -\frac{1}{2}gt^2$ رسم می‌شود.



نمودار سرعت - زمان از رابطه $v = -gt$ رسم می‌شود.



نمودار شتاب - زمان به صورت مقابل است: $(a = -g = -10 \frac{m}{s^2})$



۸۱

الف) افزایش می‌یابد

ب) سهمی

پ) برابر

۸۲

با در نظر گرفتن سطح زمین به عنوان مبدأ مکان، معادله سرعت - جابه‌جایی را برای حرکت گلوله در دو حالت می‌نویسیم. داریم:

$$v^2 = -2g(y - y_0) \quad \begin{cases} v_1^2 = -2g(\frac{h}{\Delta} - h) \Rightarrow v_1^2 = \frac{4}{\Delta} \times 2gh \quad (*) \\ v_r^2 = -2g(0 - h) \Rightarrow v_r^2 = 2gh \quad (**) \end{cases}$$

بنابراین:

$$\Rightarrow v_r = 30 \frac{m}{s} \Rightarrow \frac{v_r^2}{(12\sqrt{5})^2} = \frac{\Delta v_r^2}{4 v_1^2} = \frac{2gh}{\frac{4}{\Delta} \times 2gh} \quad (**), (*)$$

۸۳

با استفاده از رابطه سرعت - جابه‌جایی، با توجه به اینکه سرعت گلوله در ابتدای ۱۲ متر پایانی معلوم است، جابه‌جایی گلوله تا رسیدن به این سرعت را محاسبه می‌کنیم

$$v^2 = -2g\Delta y \Rightarrow 400 = -2 \times 10 \times \Delta y \Rightarrow \Delta y = 20m$$

$$\text{ارتفاع محل پرتاب } h = 20 + 12 = 32m$$

۸۴) منظور از ثانیه دوم یعنی $t_1 = 1s$ و $t_r = 2s$ ، با استفاده از معادلات سقوط آزاد داریم:

$$t_1 = 1s \Rightarrow y_1 = -\frac{1}{2}gt_1^2 \Rightarrow y_1 = -\frac{1}{2} \times 9.8 \times 1 = -4.9m$$

$$t_r = 2s \Rightarrow y_r = -\frac{1}{2} \times 9.8 \times 4 \Rightarrow y_1 = -19.6m$$

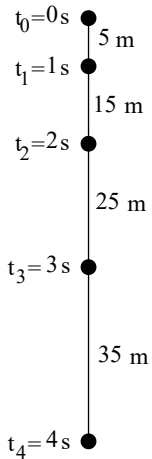
$$\Delta y = y_r - y_1 \Rightarrow \Delta y = -19.6 - (-4.9) = -14.7m$$

۸۵

مثل آب خوردن ۲۰ بگیر



اگر گلوله را بدون سرعت اولیه رها کنیم، جابه‌جایی‌های گلوله در یک ثانیه‌های متوالی مطابق شکل مقابل است:



با توجه به نسبت مسافت طی‌شده در صورت سوال، گلوله ۳s حرکت کرده است.

$$\frac{25}{5+15} = \frac{25}{20} = \frac{5}{4}$$

بنابراین برای تعیین سرعت برخورد گلوله با زمین داریم:

$$v = -gt + v_0 = -10 \times 3 + 0 = -30 \frac{m}{s}$$

اندازه سرعت $\rightarrow |v| = 30 \frac{m}{s}$

ابتدا مدت زمانی را که طول می‌کشد تا گلوله اول به زمین برسد، به دست می‌آوریم. (۸۶)

$$\Delta y = -\frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow -125 = -\frac{1}{2} \times 10 \times t^2 \Rightarrow t = 5s$$

پس گلوله دوم یک ثانیه پس از گلوله اول رها می‌شود. بنابراین مسافتی که طی می‌کند برابر است با:

$$\Delta y' = -\frac{1}{2}gt'^2 \Rightarrow \Delta y' = -\frac{1}{2} \times 10 \times 4 \Rightarrow \Delta y' = -20m$$

بنابراین اختلاف ارتفاع دو گلوله برابر است با:

$$\Delta y'' = 125 - 20 = 105m$$

ابتدا به کمک اطلاعات داده‌شده، مدت زمان حرکت جسم دوم را محاسبه می‌کنیم. (۸۷)

$$\Delta y_1 = \frac{1}{2}gt_1^2 \Rightarrow \Delta y_1 - \Delta y_2 = \frac{1}{2}g(t_1^2 - t_2^2)$$

$$\Delta y_2 = \frac{1}{2}gt_2^2$$

$$g = 10 \frac{m}{s^2}$$

$$\xrightarrow{t_1 = 1.5s} 10 = 5(2.25 - t_2^2) \Rightarrow t_2 = 0.5s$$

بنابراین فاصله زمانی Δt برابر است با:

$$\Delta t = t_1 - t_2 = 1.5 - 0.5 = 1s$$

(الف) نادرست - اگر نیروهای وارد بر جسم متوازن باشند، جسم حالت اولیه خود یعنی سکون دائمی یا حرکت با سرعت ثابت را ادامه می‌دهد. (۸۸)

(ب) نادرست - علت پرتاب شدن مسافر، لختی آن است.

(پ) نادرست - فضا پیمای به دور از اجسام است یعنی نیرویی بر آن وارد نمی‌شود در این صورت فضاپیمای دارای حرکت با سرعت ثابت است در این صورت برای ادامه حرکت نیاز به نیرو ندارد.

(۸۹) قبل از هر چیزی می‌توان دریافت که بردار شتاب و بردار نیروی خالص وارد بر جسم همسو هستند.

در سه شکل سمت راست: با ثابت ماندن اندازه جرم جسم و با افزایش نیرو، مقدار شتاب جسم افزایش می‌یابد. یعنی نیرو با شتاب متناسب است.

در شکل‌های سمت چپ: با ثابت ماندن نیرو و افزایش جرم جسم، مقدار شتاب جسم کاهش می‌یابد. یعنی شتاب جسم با جرم آن نسبت وارون دارد.

(الف) برابند نیروها برابر است با: (۹۰)

$$F_{net} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \Rightarrow F = \sqrt{12^2 + 16^2} = 20N$$

(ب) با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:

$$F_{net} = ma \Rightarrow 20 = 10a \Rightarrow a = 2 \frac{m}{s^2}$$

(۹۱) بر اساس قانون دوم نیوتون $a = \frac{F}{m}$ است؛ بنابراین:



$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{\frac{F}{m_1}}{\frac{F}{m_2}} = \frac{\frac{15N}{0.2kg}}{\frac{15N}{0.6}} = \frac{0.6}{0.2} = 3$$

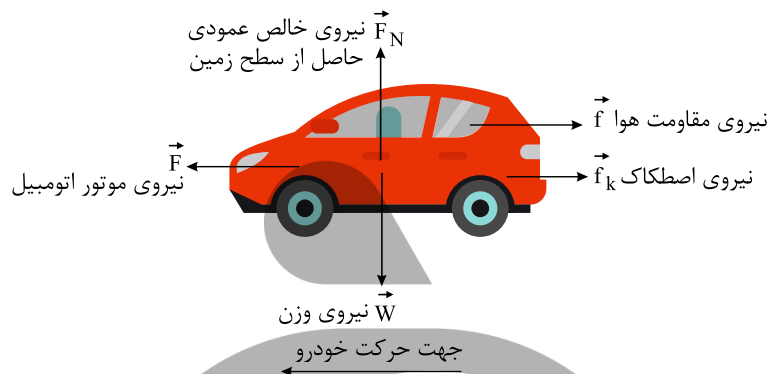
۹۲ چون نسبت نیرو به شتاب، جرم جسم می‌شود و جرم‌ها در هر دو حالت برابر هستند، داریم:

$$m_{\text{حالت اول}} = m_{\text{حالت دوم}} \Rightarrow \frac{20N}{a} = \frac{40N}{a + 4\frac{m}{s^2}}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{a} = \frac{2}{a + 4\frac{m}{s^2}} \Rightarrow a + 4\frac{m}{s^2} = 2a$$

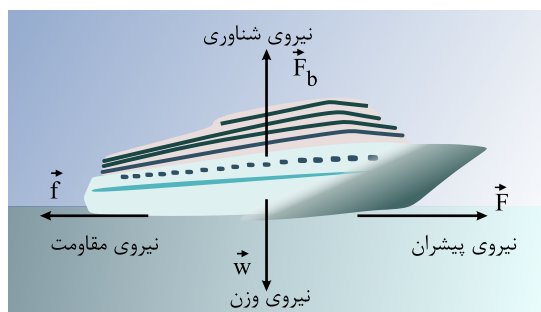
$$\Rightarrow a = 4\frac{m}{s^2}$$

۹۳ الف



واکنش	کنش
نیروی که خودرو به زمین وارد می‌کند. $\vec{W}'$	نیروی که زمین به خودرو وارد می‌کند. $\vec{W}$
نیروی عمودی که خودرو بر سطح جاده وارد می‌کند. $\vec{F}'_N$	نیروی عمودی تکیه‌گاه که سطح جاده به خودرو وارد می‌کند. $\vec{F}_N$
در وضعیت لغزش، نیروی موازی سطح از طرف خودرو در جهت حرکت به زمین وارد می‌شود. $\vec{f}'_k$	نیروی اصطکاکی که موازی سطح از طرف زمین در خلاف جهت حرکت به خودرو وارد می‌شود. $\vec{f}_k$
نیروی که از طرف خودرو به مولکول‌های هوا در جهت حرکت وارد می‌شود. $\vec{f}'$	نیروی که از مولکول‌های هوا به خودرو در خلاف جهت حرکت وارد می‌شود. $\vec{f}$
واکنش نیروی پیشران به موتور خودرو وارد می‌شود. $\vec{F}'$	نیروی پیشران خودرو که به محور چرخ‌ها وارد می‌شود. $\vec{F}$

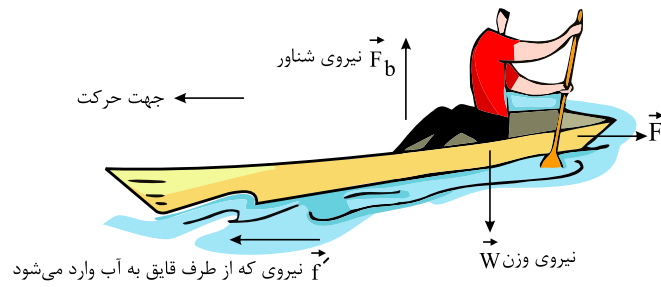
ب



واکنش	کنش
نیروی که کشتی به زمین وارد می‌کند. $\vec{W}'$	نیروی که زمین به کشتی وارد می‌کند. $\vec{W}$
نیروی که از طرف کشتی به آب رو به پایین وارد می‌شود. $\vec{F}'_b$	نیروی شناوری (نیروی شناوری) رو به بالا به کشتی وارد می‌شود. $\vec{F}_b$
نیروی که در جهت مخالف حرکت از طرف آب و مولکول‌های هوا به سطح کشتی وارد می‌شود. $\vec{f}'$	نیروی که در جهت مخالف حرکت از طرف آب و مولکول‌های هوا به سطح کشتی وارد می‌شود. $\vec{f}$
واکنش نیروی پیشران که به موتور کشتی وارد می‌شود. $\vec{F}'$	نیروی پیشران کشتی $\vec{F}$



(پ)



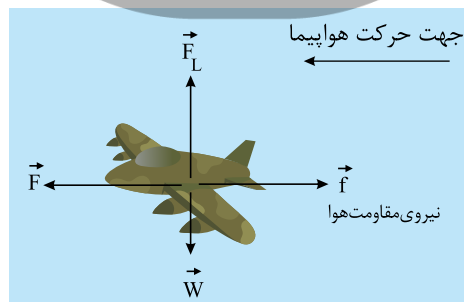
واکنش	کنش
نیروی که قایق به زمین وارد می‌کند. $\vec{W}'$	نیروی که زمین به قایق وارد می‌کند. $\vec{W}$
نیروی که از طرف قایق رو به پایین به آب وارد می‌شود. $\vec{F}'_b$	نیروی که از طرف آب (نیروی شناوری) رو به بالا به قایق وارد می‌شود. $\vec{F}_b$
نیروی که در جهت حرکت قایق به آب و مولکول‌های هوا وارد می‌شود. $\vec{f}'$	نیروی که به‌طور موازی در جهت مخالف حرکت از طرف آب و مولکول‌های هوا به سطح قایق وارد می‌شود. $\vec{f}$
نیروی که قایق به پارو وارد می‌کند. $\vec{F}'$	نیروی که پارو به قایق وارد می‌کند. $\vec{F}$

(ت)



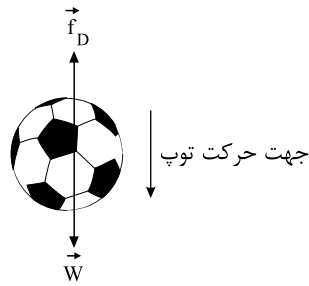
واکنش	کنش
نیروی که چتر باز به زمین وارد می‌کند. $\vec{W}'$	نیروی که زمین به چتر باز وارد می‌کند. $\vec{W}$
نیروی که از طرف چتر باز به مولکول‌های هوا وارد می‌شود. $\vec{f}'_D$	نیروی که از طرف مولکول‌های هوا به چتر باز وارد می‌شود. $\vec{f}_D$

(ث)

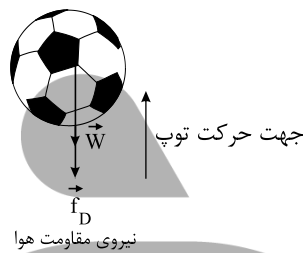


واکنش	کنش
نیروی که هواپیما به زمین وارد می‌کند. $\vec{W}'$	نیروی که زمین به هواپیما وارد می‌کند. $\vec{W}$
نیروی که از طرف هواپیما به مولکول‌های هوا وارد می‌شود. $\vec{F}'_L$	نیروی که از طرف مولکول‌های هوا به هواپیما وارد می‌شود. $\vec{F}_L$
نیروی که در جهت حرکت هواپیما به مولکول‌های هوا وارد می‌شود. $\vec{f}'$	نیروی که در جهت مخالف حرکت از مولکول‌های هوا به سطح هواپیما وارد می‌شود. $\vec{f}$
نیروی که به موتور هواپیما وارد می‌شود. $\vec{F}'$	نیروی پیش‌ران موتور که به هواپیما وارد می‌شود. $\vec{F}$

(ج)

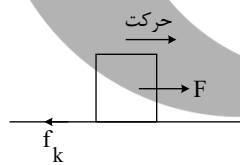
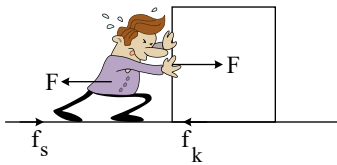


قبل از برخورد:	
کنش	واکنش
نیروی که زمین به توپ وارد می‌کند. $\vec{W}$	نیروی که توپ به زمین وارد می‌کند. $\vec{W}'$
نیروی که از طرف مولکول‌های هوا رو به بالا به توپ وارد می‌شود. $\vec{f}_D$	نیروی که از طرف توپ به مولکول‌های هوا وارد می‌شود. $\vec{f}_D'$



بعد از برخورد:	
کنش	واکنش
نیروی که زمین به توپ وارد می‌کند. $\vec{W}$	نیروی که توپ به زمین وارد می‌کند. $\vec{W}'$
نیروی که از طرف مولکول‌های هوا رو به پایین به توپ وارد می‌شود. $\vec{f}_D$	نیروی که از طرف توپ به مولکول‌های هوا وارد می‌شود. $\vec{f}_D'$

۹۴ از طرف شخص به جعبه یک نیروی محرک F وارد می‌شود که چون $F \geq f_k$ است (نیروی اصطکاک جنبشی وارد بر جسم از طرف سطح زمین است) جسم بر روی سطح حرکت می‌کند.



۹۵

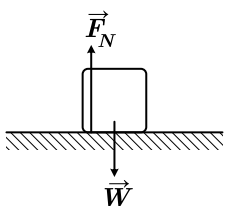
الف درست

ب نادرست، نیروی مقاومت شاره به بزرگی سطح مقطع جسم بستگی دارد.

پ درست

۹۶

خیر؛ زیرا با توجه به شکل مقابل، می‌بینید که هم نیروی عمودی سطح و هم نیروی وزن به یک جسم وارد می‌شود. در حالی که می‌دانیم نیروهای عمل و عکس‌العمل به دو جسم متفاوت وارد می‌شود.



$$W_1 = mg_{\text{زمین}} \rightarrow W_1 = (0.1 \text{ kg})(9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) = 0.98 \text{ N}$$



(ب)

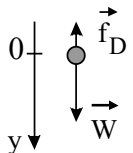
$$W_r = mg_{\text{م}} \rightarrow W_r = (0.1 \text{ kg}) \left(1.6 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \right) = 0.16 \text{ N}$$

$$W_r = mg_{\text{م}} \rightarrow W_r = (0.1 \text{ kg}) \left(3.7 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \right) = 0.37 \text{ N}$$

$$W_1 > W_r > W_r$$

۹۸ بر این گوی‌ها دو نیروی وزن و مقاومت هوا وارد می‌شود. طبق قانون دوم نیوتون، نیروی خالص وارد بر گوی برابر با حاصل ضرب جرم در شتاب است. نیروی مقاومت هوا را با f_D و نیروی وزن را با W نشان می‌دهیم و برای بررسی ساده‌تر حرکت گوی‌ها، جهت مثبت محور y را به طرف پایین انتخاب می‌کنیم:

$$W - f_D = ma \rightarrow a = \frac{W - f_D}{m} = \frac{mg - f_D}{m}$$

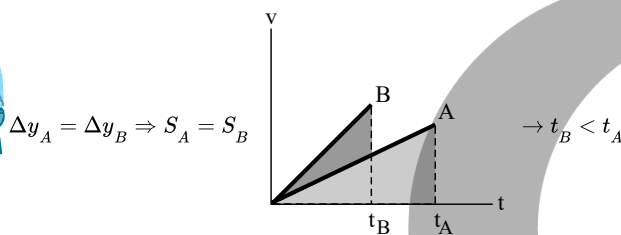


$$\rightarrow a = g - \frac{f_D}{m} \rightarrow v^2 - v_0^2 = 2ah$$

مشاهده می‌کنیم هرچه جرم گوی بیشتر باشد $\left(\frac{f_D}{m} \right)$ کمتر شده و مقدار کمتری از g کم کرده و در نتیجه a افزایش می‌یابد. حجم دو گوی طبق فرض مسأله با هم برابر است (هم‌اندازه‌اند)

$$\text{حجم‌ها: } V_A = V_B \xrightarrow[\rho_B = 2\rho_A]{m = \rho V} \boxed{m_B = 2m_A} \rightarrow \boxed{a_B > a_A} \rightarrow v^2 - v_0^2 = 2ah \rightarrow v = \sqrt{2ah} \Rightarrow \boxed{v_B > v_A}$$

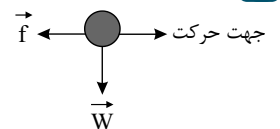
هر دو گوی جابه‌جایی یکسانی را طی می‌کنند. و هم‌زمان و بدون سرعت اولیه سقوط کرده‌اند. برای مقایسه زمان سقوط کافی است نمودار سرعت زمان آن‌ها را به طور کیفی رسم کنیم. شیب نمودار B بیشتر از شیب نمودار A است. چون: $a_B > a_A$



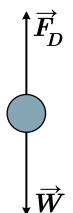
$$W = mg = 0.600 \times 10 = 6.0 \text{ N} \Rightarrow \vec{W} = -(6.0 \text{ N})\vec{j}$$

$$\vec{f} = (-1.0 \text{ N})\vec{i} \Rightarrow \vec{F}_{\text{net}} = (-1.0 \text{ N})\vec{i} + (-6.0 \text{ N})\vec{j} \Rightarrow F_{\text{net}} = \sqrt{(1.0)^2 + (6.0)^2} \Rightarrow F_{\text{net}} \approx 6.1 \text{ N}$$

$$\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a} \Rightarrow 6.1 = 0.600 \times a \Rightarrow a \approx 10.2 \text{ m/s}^2$$



۱۰۰ قانون دوم نیوتون را برای گلوله در حال سقوط می‌نویسیم تا ببینیم شتاب آن به چه عواملی وابسته است. با توجه به شکل روبه‌رو، اگر جهت مثبت را رو به پایین انتخاب کنیم، داریم:



$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow W - F_D = ma \Rightarrow mg - F_D = ma \Rightarrow a = g - \frac{F_D}{m}$$

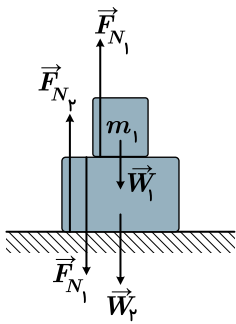
همان‌طور که می‌بینید، هرچه جرم جسم بیشتر باشد، نسبت $\frac{F_D}{m}$ کمتر و در نتیجه شتاب جسم بیشتر است؛ پس جسمی که جرم بیشتر دارد، با شتاب بیشتری سقوط می‌کند و زودتر به زمین می‌رسد.

(ب) اگر مقاومت هوا وجود نداشته باشد، مقدار $\frac{F_D}{m}$ صفر می‌شود و شتاب برابر با $a = g$ خواهد بود؛ یعنی شتاب مستقل از جرم و برابر شتاب گرانشی زمین است؛ پس هر دو گلوله با هم به زمین می‌رسند.

۱۰۱ با توجه به شکل زیر، برای جسم $m_1 = 4 \text{ kg}$ داریم:



عکس‌العمل $F_{N,1}$ به جسم (۲) در جهت پایین وارد می‌شود؛ بنابراین:



$$\vec{F}_{net} = 0 \Rightarrow F_{N,1} - m_1 g = 0 \Rightarrow F_{N,1} = m_1 g$$

$$= 4 \text{ kg} \times 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 40 \text{ N}$$

$$\vec{F}_{net} = 0 \Rightarrow F_{N,2} - F'_{N,1} - m_2 g = 0$$

$$\Rightarrow F_{N,2} = F'_{N,1} + m_2 g$$

$$\Rightarrow F_{N,2} = 40 \text{ N} + 6 \text{ kg} \times 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 100 \text{ N}$$

عکس‌العمل $F'_{N,1}$ بیانگر عکس‌العمل $F_{N,1}$ است که برابر 40 N است.

۱۰۲

الف بین مولکولی

ب عمود بر

پ سرعت

ت $\frac{1}{2}$

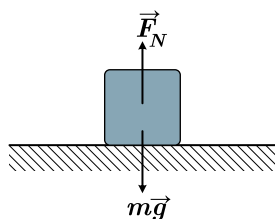
۱۰۳ اگر مساحت وجه بزرگ مکعب برابر 48 cm^2 و وجه کوچک آن برابر 40 cm^2 و همچنین جرم مکعب چوبی برابر 1 kg باشد، داریم:

شماره آزمایش	مساحت سطح تماس قطعه با میز	وزن قطعه:
		عددی که نیروسنج نشان می‌دهد ($f_{s,max}$)
۱	40 cm^2	۳
۲	48 cm^2	۳

مشاهده خواهد شد که μ_s تقریباً تغییر نمی‌کند و نتیجه می‌گیریم که ضریب اصطکاک به سطح ظاهری تماس بستگی ندارد.

۱۰۴

الف



برای به حرکت درآوردن کمد باید نیروی افقی بیشتر از نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه ($f_{s,max}$) باشد؛ یعنی شرط حرکت کردن کمد $F > f_{s,max}$ است. برای محاسبه نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه ابتدا باید نیروی عمودی سطح را به دست آوریم. به همین منظور قانون دوم نیوتون را برای راستای عمود بر سطح می‌نویسیم:

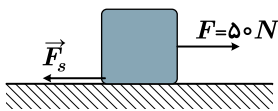
$$F_{net,y} = 0 \Rightarrow F_N - mg = 0 \Rightarrow F_N = mg = (45 \text{ kg})(10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) = 450 \text{ N}$$

پس برای به دست آوردن نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه داریم:

$$f_{s,max} = \mu_s \cdot F_N = 0.45 \times (450 \text{ N}) = 202.5 \text{ N}$$

بنابراین برای حرکت کمد باید نیروی بیشتر از 202.5 N بر آن وارد کرد.

ب



چون نیروی محرکه ($F = 50 \text{ N}$) کمتر از $f_{s,max}$ است، پس کمد ساکن می‌ماند و برای راستای افقی داریم:

$$F_{net,x} = 0 \Rightarrow F - f_s = 0 \Rightarrow f_s = F = 50 \text{ N}$$

در واقع چون جسم ساکن است، نیروی اصطکاک با نیروی محرکه در راستای سطح برابر است.

پ اگر ده کیلوگرم از جرم کمد کاهش یابد، نیروی عمودی سطح برابر خواهد شد با:

$$F_N = mg = (35 \text{ kg})(10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) = 350 \text{ N}$$

و نیروی اصطکاک در آستانه حرکت برابر است با:

$$f_{s,max} = \mu_s \cdot F_N = 0.45 \times (350 \text{ N}) = 157.5 \text{ N}$$

چون نیروی محرکه که 50 N است، هنوز از اصطکاک ایستایی بیشینه کمتر است ($50 \text{ N} < 157.5 \text{ N}$)؛ بنابراین جسم هم‌چنان ساکن می‌ماند و نیروی اصطکاک ایستایی با نیروی

محرکه یعنی همان 50 N برابر است و تغییری نمی‌کند. یعنی $f_s = F = 50 \text{ N}$.

۱۰۵

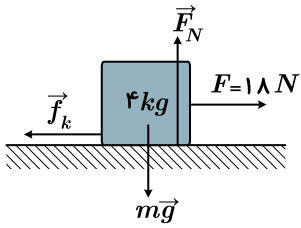
الف

ابتدا بیشینه نیروی اصطکاک ایستایی را به دست می‌آوریم.

مثل آب خوردن ۲۰ گیر



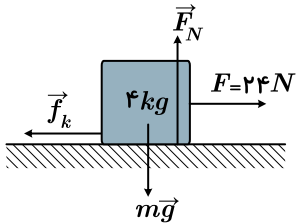
باتوجه به شکل روبه‌رو، می‌فهمیم که $F_N = mg$ است:



$$f_{s,max} = F_N \mu_s = mg \mu_s = (4kg) \left(10 \frac{N}{kg}\right) \times 0.4 = 16N$$

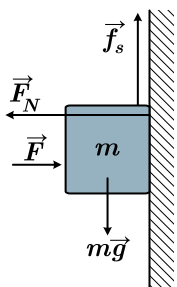
چون $F > f_{s,max}$ است، جسم شروع به حرکت می‌کند.

ب با توجه به شکل روبه‌رو، قانون دوم را در راستای x می‌نویسیم:



$$\begin{aligned} F_{net,x} &= ma \Rightarrow F - f_k = ma_x \\ \Rightarrow 24N - f_k &= (4kg) \times \left(3 \frac{m}{s^2}\right) \\ \Rightarrow 24N - f_k &= 12N \Rightarrow f_k = 24N - 12N = 12N \\ f_k &= \mu_k F_N \Rightarrow 12N = \mu_k (40N) \\ \Rightarrow \mu_k &= \frac{12N}{40N} = \frac{3}{10} = 0.3 \end{aligned}$$

۱۰۶ با توجه به شکل روبه‌رو، برای اینکه جسم به پایین نلغزد، باید $f_s = mg$ باشد، بنابراین داریم:



$$f_s = mg = \left(0.4kg \times 10 \frac{N}{kg}\right) = 4N$$

در اینجا نیروی عمودی سطح در راستای افقی است و جسم در این راستا حرکت نمی‌کند:

$$F_{net,x} = 0 \Rightarrow F_N - F = 0 \Rightarrow F_N - F = 0 \Rightarrow F_N = F$$

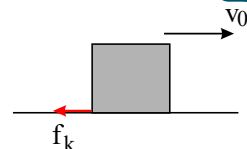
از طرفی چون حداقل نیرو F را خواسته است، داریم:

$$\begin{aligned} f_s &\leq f_{s,max} = \mu_s F_N = \mu_s F \\ \Rightarrow 4N &\leq 0.1 \times F \Rightarrow \frac{4N}{0.1} \leq F \Rightarrow 40N \leq F \end{aligned}$$

بنابراین نیروی F حداقل باید $40N$ باشد.

۱۰۷ پس از پرتاب تنها نیروی مؤثر وارد بر آن، نیروی اصطکاک است. در این صورت داریم:

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 0 - 100 = 2 \times a \times 20 \Rightarrow a = -2.5 m/s^2$$



با توجه به قانون دوم نیوتون می‌توان نوشت:

$$\begin{aligned} a &= \frac{F_{net}}{m} = \frac{0 - f_k}{m} \Rightarrow a = \frac{-\mu_k mg}{m} \Rightarrow a = -\mu_k g \Rightarrow -2.5 = -\mu_k \times 10 \\ \Rightarrow \mu_k &= 0.25 \end{aligned}$$

۱۰۸ با حذف نیروی خارجی، تنها نیروی اصطکاک جنبشی بر آن اثر می‌کند و این نیرو در خلاف جهت حرکت جسم بر آن اثر می‌کند و در نهایت حرکت جسم کند شده و جسم متوقف می‌شود.

۱۰۹ باتوجه به قانون دوم نیوتون می‌توان نوشت:



$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{F - f_k}{m} \\ a &= \frac{\Delta v}{\Delta t} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{F - f_k}{m} \Rightarrow \frac{14 - f_k}{5} = \frac{12 - f_k}{4}$$

$$\Rightarrow f_k = 4N \Rightarrow \mu_k mg = 4 \Rightarrow \mu_k = \frac{4}{mg} = \frac{4}{40} = 0.1$$

۱۱۰

الف

با توجه به رابطه سرعت - زمان در حرکت با شتاب ثابت داریم:

$$v = at + v_0 \Rightarrow 0 = a \times 5 + 10 \Rightarrow a = -2 \frac{m}{s^2}$$

وفتی جسمی را روی سطحی پرتاب می‌کنیم، نیروی جلوبرنده (پیشران) صفر است و فقط نیروی اصطکاک در راستای حرکت بر جسم وارد می‌شود. با توجه به قانون دوم نیوتون داریم:

$$F_{net} = ma \Rightarrow 0 - f_k = ma \xrightarrow{f_k = \mu_k mg} -\mu_k mg = ma$$

$$\Rightarrow \mu_k = -\frac{a}{g} \Rightarrow \mu_k = -\frac{-2}{10} \Rightarrow \mu_k = 0.2$$

ب) ضریب اصطکاک به جرم جسم بستگی ندارد. بنابراین اگر جرم جسم دو برابر شود، ضریب اصطکاک جنبشی تغییر نمی‌کند. همچنین شتاب حرکت نیز ثابت مانده و مسافت طی‌شده نیز تغییر نمی‌کند.

۱۱۱

الف

برای جسمی که روی یک سطح افقی دارد و نیرویی غیر از mg و F_N در این راستا به آن وارد نمی‌شود، $F_N = mg = 50N$ است.

$$f_{s,max} = \mu_s F_N = 0.5 \times 50 = 25N$$

ب) الف) به‌ازای $F = 15N$ جسم هنوز ساکن است، زیرا این نیرو از نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه کوچکتر است. بنابراین همان‌طور که در درسنامه گفته شد، در این حالت:

$$f_s = F = 15N$$

$$f_{s,max} = F = 25N$$

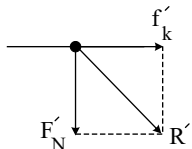
$$f_k = \mu_k F_N = 0.4 \times 50 = 20N$$

ب) به‌ازای $F = 25N$ جسم در آستانه حرکت قرار می‌گیرد اما هنوز ساکن است. بنابراین:

پ) به‌ازای $F = 30N$ جسم در حال لغزیدن است و نیروی اصطکاک آن به‌صورت مقابل به دست می‌آید:

۱۱۲) واکنش نیروی F به عامل به وجود آورنده‌اش وارد می‌شود. (یعنی $\vec{F}'$)

واکنش نیروی وزن به مرکز زمین وارد می‌شود و واکنش نیروی سطح به سطح وارد می‌شود



۱۱۳

الف

ابتدا نیروهای وارد بر نردبان را مطابق شکل روبه‌رو رسم می‌کنیم سپس یک دستگاه مختصات انتخاب می‌کنیم. در آستانه حرکت، نردبان در حال تعادل است. بنابراین نیروی خالص در راستای قائم و افقی برابر صفر است.

$$\vec{F}_{(net)y} = 0 \Rightarrow F_{N_p} - W = 0 \Rightarrow F_{N_p} = W = mg \Rightarrow F_{N_p} = 30 \times 10 = 300N$$

$$f_{s,max} = \mu_s F_{N_p} = 0.45 \times 300 = 135N$$

نیرویی که سطح زمین بر نردبان وارد می‌کند برای $\vec{F}_{N_p}$ و $\vec{f}_{s,max}$ است.

$$R = \sqrt{F_{N_p}^2 + f_{s,max}^2} \Rightarrow R = \sqrt{(300)^2 + (135)^2} \simeq 329N$$

ب

نیروی خالص وارد بر نردبان در راستای افقی صفر است.

$$F_{(net)x} = 0 \Rightarrow F_{N_1} - f_{s,max} = 0 \Rightarrow F_{N_1} = f_{s,max} = 135N$$

نیروی خالصی که از طرف سطح به جسم وارد می‌شود، برایند دو نیروی عمود برهم عمودی سطح و اصطکاک است. داریم:

$$\vec{F}_N + \vec{W} = 0 \Rightarrow F_N = W = 6 \times 10 = 60N$$

$$R^2 = F_N^2 + f^2 \Rightarrow 75^2 = 60^2 + f^2 \Rightarrow f^2 = 75^2 - 60^2$$

$$\Rightarrow f^2 = (75 - 60)(75 + 60) = 15 \times 135 = (15 \times 3)^2 \Rightarrow f = 45N$$

چون اندازه نیروی اصطکاک وارد بر جسم کمتر از اندازه نیروی F است، بنابراین جسم با شتاب ثابت به‌طرف راست در حال حرکت است و نیروی اصطکاک وارد بر آن از نوع اصطکاک جنبشی است. با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:

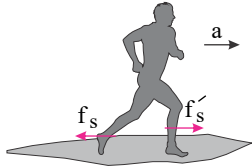


$$F_{net} = ma \Rightarrow F - f_k = ma \Rightarrow 90 - 45 = 6a \Rightarrow a = 7.5 \text{ m/s}^2$$

۱۱۵ ابتدا شرط حرکت جسم را بررسی می‌کنیم، برای این منظور باید نیروی اصطکاک در آستانه حرکت را با نیروی محرک F مقایسه کنیم، یعنی:

$$\left. \begin{aligned} f_{s,max} &= \mu_s F_N = \mu_s mg = 0.6 \times 20 \times 10 = 120 \text{ N} \\ F &< f_{s,max} \Rightarrow \text{جسم ساکن است.} \end{aligned} \right\}$$

$$\Rightarrow R = \sqrt{F_N^2 + f_s^2} = \sqrt{(200)^2 + (100)^2} = 100\sqrt{5} \text{ N}$$



نیروی که باعث دویدن شخص می‌شود، واکنش نیروی اصطکاک ایستایی بین پای شخص و سطح زمین است.

$$\sum F = ma \Rightarrow f'_s = ma = 60 \times 2 = 120 \text{ N}$$

نیروی که سطح به شخص وارد می‌کند:

$$R = \sqrt{F_N^2 + f_s^2} = \sqrt{(mg)^2 + f_s^2} = \sqrt{(600)^2 + (120)^2} = 120\sqrt{26} \text{ N}$$

۱۱۷ باتوجه به نیروهای وارد بر جسم داریم:

$$F_e = mg \Rightarrow kx = mg \Rightarrow x = \frac{mg}{k} = \frac{5 \times 10}{500} = 0.1 \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

۱۱۸ در بازه زمانی صفر تا ۵ ثانیه، آسانسور ساکن است. در این صورت می‌توان نوشت:

$$mg = F_e \Rightarrow mg = kx \Rightarrow x = \frac{mg}{k} = \frac{40}{20 \times 10^2} = 2 \times 10^{-2} \text{ m} = 2 \text{ cm}$$

در بازه زمانی ۵ تا ۹ ثانیه داریم:

$$a = \frac{4 - 0}{9 - 5} = 1 \text{ m/s}^2$$

$$F_e - mg = ma \Rightarrow F_e = m(g + a) = 4(11) = 44 \text{ N}$$

$$\Rightarrow kx = 44 \Rightarrow x = \frac{44}{20 \times 10^2} = 2.2 \times 10^{-2} \text{ m} = 2.2 \text{ cm}$$

در بازه زمانی ۹ تا ۱۴ ثانیه آسانسور با سرعت ثابت حرکت می‌کند. در این صورت داریم:

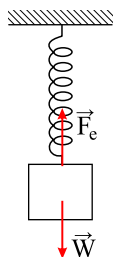
$$F_e = mg \Rightarrow kx = mg \Rightarrow x = \frac{mg}{k} \Rightarrow x = \frac{40}{20 \times 10^2} = 2 \text{ cm}$$

در بازه زمانی ۱۴ تا ۱۸ ثانیه داریم:

$$|a| = \left| \frac{0 - 4}{18 - 14} \right| = 1 \text{ m/s}^2$$

$$F_e - mg = m(-a) \Rightarrow F_e = m(g - a) = 4(10 - 1) = 36$$

$$\Rightarrow kx = 36 \Rightarrow x = \frac{36}{20 \times 10^2} = 1.8 \text{ cm}$$



$$\begin{aligned} F_e &= W \\ \rightarrow kx &= mg \rightarrow \\ k &= \frac{20 \text{ N}}{20 \times 10^{-2} \text{ m}} = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}} \end{aligned}$$

۱۱۹ ابتدا ثابت فنر را به دست می‌آوریم:

حال به کمک رابطه دوره تناوب سامانه جرم - فنر داریم:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}, \quad m = \frac{w'}{g} = \frac{5 \text{ N}}{9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} \simeq 0.51 \text{ kg} \rightarrow T = 2 \times 3.14 \sqrt{\frac{0.51}{100}} \simeq 0.45 \text{ s}$$

۱۲۰ پس از ایستادن احمد روی وزنه، فنر بر اثر نیروی وزن او، کمی فشرده‌تر می‌شود. دقت کنید که فنر، دیگر برای خنثی کردن وزن صفحه فشرده نمی‌شود، چون قبلاً فشرده شده بوده است و الان ما با آن فشرده‌گی حاصل از صفحه کاری نداریم:



$$F_e = mg \Rightarrow F_e = 600N$$

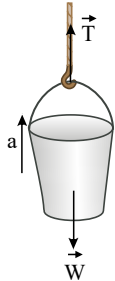
$$(600N) = (12000 \frac{N}{m})x \Rightarrow x = \frac{600N}{12000 \frac{N}{m}}$$

$$= \frac{1}{20}m = 5cm$$

پس فنر 5cm فشرده‌تر می‌شود.

۱۲۱

با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:



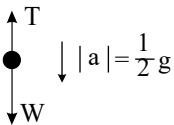
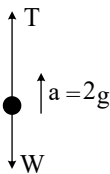
$$F_{net} = ma \rightarrow T - mg = ma$$

$$T - 16 \times 9.8 = 16 \times 1.2$$

$$T = 156.8 + 19.2 = 176N$$

۱۲۲ الف) از قانون دوم نیوتون کمک می‌گیریم:

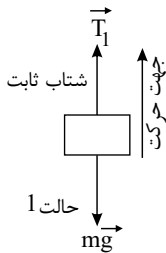
$$\left. \begin{array}{l} T - W = ma \\ a = 2g \end{array} \right\} \Rightarrow T - W = m(2g) = 2W \Rightarrow T = 3W$$



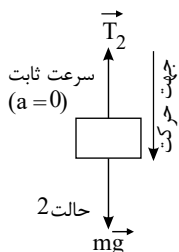
ب)

$$\left. \begin{array}{l} W - T = ma \\ a = \frac{g}{2} \end{array} \right\} \Rightarrow W - T = m \frac{g}{2} = \frac{W}{2} \Rightarrow T = \frac{W}{2}$$

۱۲۳ قانون دوم نیوتون را برای جسم در هر دو حالت می‌نویسیم و اندازه نیروی کشش نخ را به دست می‌آوریم:



$$1 \text{ حالت: } a = \frac{F_{net}}{m} \Rightarrow 4 = \frac{T_1 - 20}{2} \Rightarrow T_1 = 28N$$



$$2 \text{ حالت: } a = \frac{F_{net}}{m} \Rightarrow 0 = \frac{20 - T_2}{2} \Rightarrow T_2 = 20N$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{28}{20} = \frac{7}{5}$$

۱۲۴ ابتدا شتاب حرکت جسم را حساب می‌کنیم:

$$\vec{F}_{net} = 6\vec{i} + 8\vec{j} \Rightarrow F_{net} = \sqrt{(6)^2 + (8)^2} = 10N$$

$$a = \frac{F_{net}}{m} \Rightarrow a = \frac{10}{10} = 1 m/s^2$$

با توجه به ثابت بودن شتاب حرکت جسم داریم:

$$d = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t \Rightarrow d = \frac{1}{2} \times 1 \times (2)^2 = 2m$$

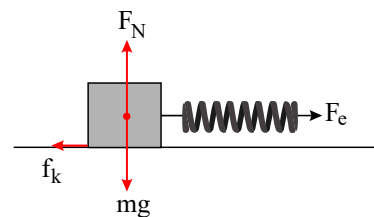
۱۲۵ با توجه به قانون دوم نیوتون می‌توان نوشت:



$$\left. \begin{aligned} F_e - f_k &= ma \\ a &= 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_e = f_k$$

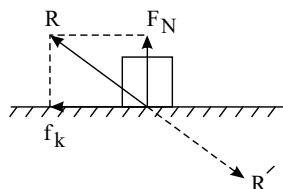
$$\Rightarrow kx = \mu_k F_N \Rightarrow kx = \mu_k mg$$

$$\Rightarrow \mu_k = \frac{kx}{mg} = \frac{36 \times 2 \times 10^{-2}}{12} = 0.6$$



۱۲۶

قدم اول: طبق قانون سوم نیوتون نیرویی که جسم به سطح تکیه‌گاهش وارد می‌کند هم اندازه با نیرویی است که سطح تکیه‌گاه به جسم وارد می‌کند، از طرفی نیروی سطح، برآیند نیروی $\vec{F}_N$ و $\vec{f}_K$ است، یعنی:



R : نیروی وارده از سطح به جسم

R' : نیروی وارده از جسم به سطح

$$R = 50N \rightarrow \sqrt{f_k^2 + F_N^2} = 50 \text{ و } \rightarrow \sqrt{(\mu_k F_N)^2 + F_N^2} = 50 \rightarrow F_N \sqrt{1 + \mu_k^2} = 50 \rightarrow F_N \sqrt{1 + \frac{9}{16}} = 50 \rightarrow F_N \left(\frac{5}{4}\right) = 50 \rightarrow F_N = 40N$$

$$\rightarrow mg = 40N \rightarrow \boxed{m = 4kg}$$

قدم دوم: تغییر طول فنر را به کمک قانون دوم نیوتون می‌یابیم:

$$F_e = \mu_k F_N = \frac{3}{4} \times 40 = 30N \rightarrow F_{net} = ma \rightarrow F_e - f_k = ma \rightarrow F_e = 40N \rightarrow k\Delta L = 40 \rightarrow k = \frac{40}{0.1} = 400N/m$$

$$\rightarrow k = 400N/m$$

۱۲۷

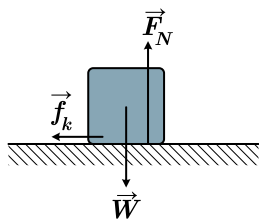
الف جرم اتومبیل، یک تن برابر با $1000kg$ است. سرعت اولیه آن $\frac{m}{s} = 20 \div \frac{km}{h} = 5.56$ می‌باشد. برای محاسبه مسافت پیموده‌شده از رابطه سرعت - جابه‌جایی استفاده می‌کنیم.

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \xrightarrow{v=0} 0 - 20^2 = 2(-2) \times \Delta x$$

$$\Rightarrow \Delta x = 100m$$

ب

هنگامی که اتومبیل ترمز می‌کند، نیروی جلوبرنده صفر است. طبق قانون دوم نیوتون داریم:



$$0 - f_k = ma \Rightarrow -f_k = 1000(-2) \Rightarrow f_k = 2000N$$

$$f_k = \mu_k F_N \xrightarrow{F_N=mg} f_k = \mu_k mg$$

$$2000 = \mu_k \times 1000 \times 10 \Rightarrow \mu_k = 0.2$$

۱۲۸

حرکت این جسم دارای دو مرحله است. مرحله اول از شروع حرکت تا لحظه‌ای است که نیروی F قطع می‌شود. طی این مرحله جسم از حال سکون و با شتاب $\frac{m}{s^2}$ به صورت تندشونده به سمت بالا حرکت می‌کند. اندازه جابه‌جایی جسم طی این مدت و سرعت آن در انتهای این مرحله برابر است با:

$$\Delta x_1 = \frac{1}{2} a_1 t^2 + v_0 t = \frac{1}{2} \times 5 \times 20^2 + 0 \Rightarrow \Delta x_1 = 1000m$$

$$v_1 = a_1 t + v_0 = 5 \times 20 + 0 \Rightarrow v_1 = 100 \frac{m}{s}$$

مرحله دوم از لحظه قطع شدن نیروی F تا لحظه‌ای است که جسم به بالاترین نقطه مسیر حرکت خود می‌رسد و سرعت آن برابر با صفر می‌شود. طی این مدت جسم با شتاب ثابت $g = 10 \frac{m}{s^2}$ و با حرکتی کندشونده حرکت می‌کند. برای محاسبه جابه‌جایی جسم طی این مرحله داریم:

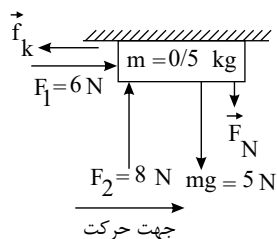
$$v_p^2 - v_1^2 = -2g\Delta x_p \Rightarrow 0 - 100^2 = -2 \times 10 \times \Delta x_p \Rightarrow \Delta x_p = 500m$$

بنابراین اندازه جابه‌جایی کل این جسم تا لحظه‌ای که به بالاترین نقطه مسیر حرکت خود می‌رسد، برابر است با:

$$\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_p = 1000 + 500 \Rightarrow \Delta x = 1500m$$

۱۲۹

با رسم نیروهای وارد بر جسم و اعمال قانون دوم نیوتون، شتاب حرکت را به دست می‌آوریم.



چون جسم در امتداد قائم شتاب ندارد، از قانون دوم نیوتون نتیجه می‌شود که نیروی خالص وارد بر جسم در راستای قائم صفر است:

$$F_f - mg - F_N = 0 \Rightarrow F_N = F_f - mg = 8 - 5 = 3N$$

$$f_k = \mu_k F_N = 0.5 \times 3 = 1.5N$$

بنابراین جابه‌جایی در ثانیه اول حرکت برابر است با:

$$a = \frac{F_{net}}{m} = \frac{6 - 1.5}{0.5} = 9 \frac{m}{s^2}$$

$$\Delta x = \frac{1}{2} a (t_f^2 - t_i^2) + v_o (t_f - t_i)$$

$$\Delta x = \frac{1}{2} (9) (1^2 - 0^2) + 0 (1 - 0) = 4.5m$$

۱۳۰

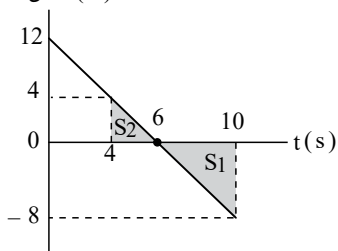
$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{m_A v_A}{m_B v_B} \Rightarrow \frac{P_A}{P_B} = \frac{m_B \times v_B}{m_B v_B} \Rightarrow \frac{P_A}{P_B} = \frac{v_B}{v_A} = \frac{4}{2} = 2$$

۱۳۱ با استفاده از رابطه $p = mv$ داریم:

$$\frac{p_A}{p_B} = \frac{m_A v_A}{m_B v_B} \Rightarrow \frac{p_A}{p_B} = \frac{v_A}{v_B} = \frac{1}{2}$$

۱۳۲ ابتدا نمودار نیرو بر حسب زمان را رسم می‌کنیم، مساحت محصور بین نمودار نیرو - زمان و محور زمان برابر با تغییر تکانه است.

F خالص (N)



$$F = -2t + 12 \begin{cases} t_f = 4s \rightarrow F(t_f = 4s) = 4N \\ t_f = 10s \rightarrow F(t_f = 10s) = -8N \end{cases}$$

$$\Delta p = S_f - S_i = \frac{4 \times 4}{2} - \frac{4 \times 8}{2} = -12 \frac{kg \cdot m}{s} \Rightarrow |\Delta p| = 12 \frac{kg \cdot m}{s}$$

۱۳۳

$$\left. \begin{aligned} K &= \frac{1}{2} m v^2 \\ p &= m v \rightarrow v = \frac{p}{m} \end{aligned} \right\} \rightarrow K = \frac{1}{2} m \left(\frac{p}{m} \right)^2 \rightarrow K = \frac{p^2}{2m}$$

۱۳۴

$$\left\{ \begin{aligned} K_1 &= \frac{1}{2} m v_1^2 \\ K_2 &= \frac{1}{2} m (v_1 + 4)^2 \end{aligned} \right. \Rightarrow \frac{K_1}{K_2} = \frac{v_1^2}{(v_1 + 4)^2} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{v_1}{v_1 + 4} \Rightarrow v_1 = 2 \Rightarrow p_1 = 2 \times 5 = 10 \frac{kg \cdot m}{s}$$

روش دوم: وقتی انرژی جنبشی ۹ برابر شده، بدیهی است که تندی جسم ۳ برابر شده یعنی:

$$v_2 = 3v_1 \rightarrow v_1 + 4 = 3v_1 \rightarrow v_1 = 2 \frac{m}{s} \Rightarrow p_1 = 2 \times 5 = 10 \frac{kg \cdot m}{s}$$

۱۳۵ رابطه اندازه تکانه با انرژی جنبشی به صورت $K = \frac{p^2}{2m}$ است، بنابراین داریم:

$$\frac{K_A}{K_B} = \left(\frac{p_A}{p_B} \right)^2 \times \frac{m_B}{m_A} \Rightarrow \frac{1}{2} = \left(\frac{p_A}{p_B} \right)^2 \times \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{p_A}{p_B} = \sqrt{2}$$

۱۳۶

انرژی جنبشی با مجذور تکانه متناسب و با جرم جسم نسبت عکس دارد، یعنی:

$$\left\{ \begin{aligned} K &= \frac{1}{2} m v^2 \\ p &= m v \end{aligned} \right\} \Rightarrow K = \frac{1}{2} (m v) \frac{(m v)}{m} \Rightarrow K = \frac{p^2}{2m}$$



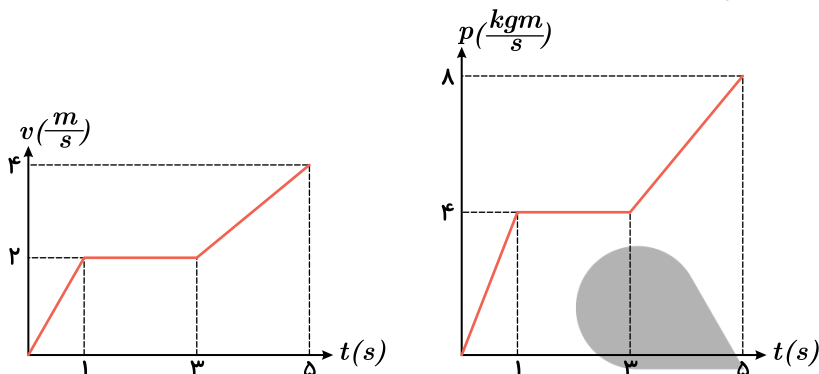
$$\frac{K_A}{K_B} = \frac{\frac{p_A^2}{2m_A}}{\frac{p_B^2}{2m_B}} \Rightarrow 1 = \frac{\frac{p_A^2}{2m_A}}{\frac{p_B^2}{2m_B}} \Rightarrow 1 = \frac{m_B}{m_A} \Rightarrow \frac{m_B}{m_A} = 4 \Rightarrow \frac{F_{NB}}{F_{NA}} = \frac{m_B}{m_A} \times \frac{g}{g} = 4$$

۱۳۷ به طور کلی تحلیل نوع حرکت با استفاده از نمودار $P - t$ همانند نمودار $V - t$ در حرکت‌شناسی است. به طوری که اگر نمودار از محور زمان دور شود به حرکت تندشونده و اگر به محور زمان نزدیک شود، حرکت کند شونده است. به عبارتی در اینجا از لحظه شروع حرکت تا لحظه t_1 تندی جسم در حال افزایش است. در این صورت حرکت جسم تندشونده است. از لحظه t_1 تا لحظه t_2 تندی جسم در حال کاهش است. در این صورت حرکت جسم کندشونده است. از لحظه t_2 تا لحظه t_3 تندی جسم در حال افزایش است یعنی حرکت جسم تندشونده است.

۱۳۸

الف

با توجه به اینکه $p = mv$ است، برای رسم نمودار تکانه برحسب زمان، تنها کافی است محور عمودی را در مقدار جرم یعنی 2 kg ضرب کنیم:



ب تغییرات تکانه تقسیم بر تغییرات زمان، اندازه نیروی متوسط وارد بر جسم را می‌دهد؛ پس:

$$F_{av} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{(8 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}) - (4 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}})}{5 \text{ s} - 1 \text{ s}} = \frac{4 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}}{4 \text{ s}} = 1 \text{ N}$$

۱۳۹ نیروی متوسط موثر وارد بر جسم برابر است با آهنگ تغییر تکانه، یعنی:

$$p_1 = 11, p_2 = 27 \quad F_{av} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{16}{2} = 8 \text{ N}$$

۱۴۰

الف

ب

پ

ت

ندارد

۱۴۱

الف

به روش تبدیل زنجیره‌ای، زمان یک دور چرخش را بر حسب ثانیه به دست می‌آوریم:

$$\text{زمان یک دور} = T = \frac{1 \text{ min}}{1500} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = \frac{6}{1500} \text{ s} = 0.004 \text{ s}$$

ب در قدم اول، تندی نقطه مورد نظر را پیدا می‌کنیم:

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3 \times 5 \text{ cm}}{0.004 \text{ s}} = \frac{2 \times 3 \times 0.05 \text{ m}}{0.004 \text{ s}} = 75 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

در قدم بعدی، مسافت طی‌شده را به دست می‌آوریم:

$$v = \frac{d}{t} \Rightarrow d = vt = (75 \frac{\text{m}}{\text{s}})(60 \text{ s}) = 4500 \text{ m}$$

۱۴۲

$$F_y = 0 \rightarrow F_N - mg = 0 \rightarrow F_N = mg$$

$$\left. \begin{aligned} F_c = f_{s, \max} = \mu_s f_N = \mu_s mg \\ F_c = m \frac{v^2}{r} \end{aligned} \right\} \rightarrow \mu_s mg = m \frac{v^2}{r} \rightarrow v^2 = \mu_s rg$$

$$v = \sqrt{\mu_s rg} \rightarrow v = \sqrt{1 \times 50 \text{ m} \times 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 22.13 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۱۴۳ با توجه به آنکه نیروی مرکزگرای جسم همان نیروی اصطکاک ایستایی بین جسم و صفحه دور است و از طرفی می‌دانیم حداکثر سرعت جسم مربوط به زمانی است که جسم در آستانه لغزش در راستای شعاعی قرار می‌گیرد، داریم:

$$F_{net} = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow f_{s, \max} = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow \mu_s N = \frac{mv^2}{r} \xrightarrow{N=mg} \mu_s mg = \frac{mv^2}{r}$$



$$\Rightarrow v^r = \mu_s r g = 0.5 \times 10 \times 0.8 = 4$$

توجه داشته باشید که در حل این سوال نیازی به جرم گلوله نبود، یعنی بیشینه سرعت (به شرط نلغزیدن) به جرم جسم بستگی ندارد فقط تابع ضریب اصطکاک و شعاع دوران است.

۱۴۴

$$\left. \begin{aligned} F &= G \frac{M_e m}{r^r} \\ F &= \frac{mv^r}{r} \end{aligned} \right\} \rightarrow G \frac{M_e m}{r^r} = m \frac{\left(\frac{2\pi r}{T} \right)^r}{r} \rightarrow G \frac{M_e}{r^r} = \frac{4\pi^r r}{T^r}$$

$$\rightarrow T^r = \left(\frac{4\pi^r r}{GM_e} \right) r^r \rightarrow T^r \propto r^r$$

۱۴۵ الف

$$\left. \begin{aligned} F &= G \frac{M_e m}{r^r} \\ F &= \frac{mv^r}{r} \end{aligned} \right\} \rightarrow G \frac{M_e m}{r^r} = \frac{mv^r}{r} \rightarrow v^r = G \frac{M_e}{r}$$

$$\rightarrow (7560 \text{ m/s})^r = \frac{6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{N} \cdot \text{m}^r}{\text{kg}^r} \times 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}}{r}$$

$$r = 6979000 \text{ m} = 6979 \text{ km} \rightarrow h = r - R_e$$

$$\rightarrow h = 6979 \text{ km} - 6380 \text{ km} = 599 \text{ km}$$

ب

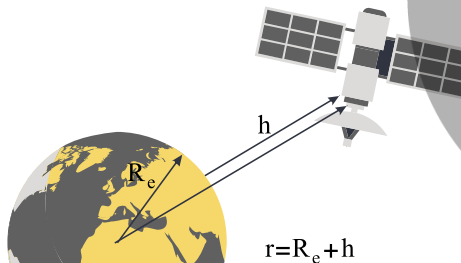
$$\frac{W_h}{W_{Re}} = \frac{G \frac{M_e}{r^r}}{G \frac{M_e}{R_e^r}} = \left(\frac{R_e}{r} \right)^r \rightarrow \frac{W_h}{W_{Re}} = \left(\frac{6380 \text{ km}}{6979 \text{ km}} \right)^r \approx 0.84$$

پ

$$T = \frac{2\pi r}{v} \rightarrow T = \frac{2 \times 3.14 \times 6979000 \text{ m}}{7560 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 5797.37 \text{ s}$$

۱۴۶

الف

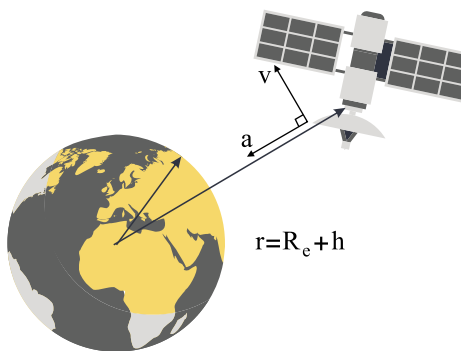


$$F = G \frac{M_e m}{r^r}$$

$$F = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \frac{\text{m}^r}{\text{kg}^r} \times 600 \text{ kg} \times 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}}{(2800 \times 10^3 \text{ m} + 6400 \times 10^3 \text{ m})^r}$$

$$F = 2827.5 \text{ N}$$

د



$$F = ma \rightarrow 2827.5 \text{ N} = 600 \text{ kg} \times a \rightarrow a = 4.71 \frac{\text{m}}{\text{s}^r}$$

$$a = \frac{v^r}{r} \rightarrow v = \sqrt{4.71 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^r} \right) \times 9200 \times 10^3 \text{ m}}$$

$$v = 6584.45 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ه

و

مثل آب خوردن ۲۰ بگیر



$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2 \times 3,14 \times 9200 \times 10^3 m}{6584,45 \frac{m}{s}} = 8774,61 s$$

۱۴۷) باتوجه به رابطه محاسبه شتاب گرانش داریم:

$$g = G \frac{M_e}{r^2} \Rightarrow \frac{g_h}{g_o} = \left(\frac{r_o}{r_h}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{2} = \left(\frac{R_e}{R_e + x}\right)^2 \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{R_e}{R_e + x}$$

$$\Rightarrow \sqrt{2}R_e = R_e + x \Rightarrow x = (\sqrt{2} - 1)R_e$$

۱۴۸) باتوجه به رابطه محاسبه شتاب گرانش بر حسب شعاع و چگالی داریم:

$$g = \frac{4}{3}\pi G \rho r \Rightarrow \frac{g_2}{g_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{r_2}{r_1} \Rightarrow \frac{g_2}{g_1} = 8 \times 2 = 16$$

۱۴۹)

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{M_1}{M_2} \times \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{5g_2}{g_2} = \frac{81M_2}{M_2} \times \left(\frac{r_2}{6000}\right)^2 \Rightarrow \left(\frac{r_2}{6000}\right)^2 = \frac{5}{81} \Rightarrow \frac{r_2}{6000} = \frac{\sqrt{5}}{9} \Rightarrow r_2 \approx 1500 km$$

۱۵۰)

الف) به نوسان‌هایی که هر چرخه آن در دوره‌های دیگر تکرار شود نوسان‌های دوره‌ای می‌گویند. مانند ریتم قلب یک شخص.

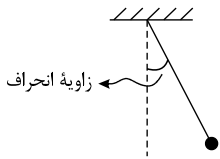
ب) مدت زمان یک چرخه، دوره تناوب حرکت نامیده می‌شود و آن را با T نشان می‌دهند و یکای آن در SI ، ثانیه است.

پ) تعداد نوسان‌های انجام‌شده (تعداد چرخه) در هر ثانیه، بسامد (فرکانس) نامیده می‌شود و یکای آن در SI ، هرتز است.

ت) یکی از انواع نوسان‌های دوره‌ای است که در آن نوسان به‌طور سینوسی رخ می‌دهد. به این نوع نوسان‌های سینوسی حرکت هماهنگ ساده (SHM) گفته می‌شود.

ث) نوسان‌نگار وسیله‌ای برای ثبت نوسان‌ها است.

ج) آونگ ساده شامل وزنه کوچکی به جرم m (موسوم به گلوله آونگ) است که از نخ بدون جرم و کش‌نیامدنی به طول L که سر دیگر آن ثابت شده، آویزان است. اگر زاویه انحراف آونگ از وضع تعادل کوچک باشد، گلوله آونگ حرکت هماهنگ ساده خواهد داشت.



۱۵۱) وقتی شناسه تابع کسینوس به اندازه 2π رادیان افزایش یابد، این تابع خودش را تکرار می‌کند. بنابراین:

$$\omega(t + T) = \omega t + 2\pi \Rightarrow \omega T = 2\pi \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T}$$

۱۵۲)

$$T = \frac{\text{مدت زمان}}{\text{تعداد نوسان}} = \frac{t}{n} = \frac{3 \times 60}{450} = \frac{2}{5} s, f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\frac{2}{5}} = \frac{5}{2} = 2,5 Hz$$

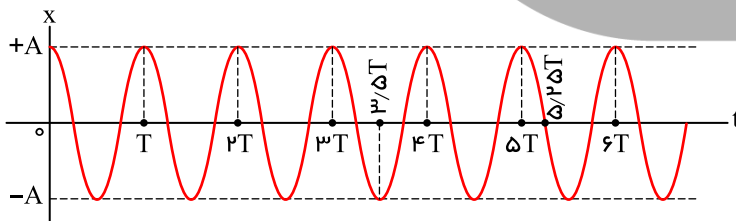
۱۵۳)

نمودار مکان - زمان نوسانگر را در چند دوره رسم می‌کنیم.

الف) طبق شکل در $t = 2T$ ذره در $x = +A$ است.

ب) در $t = 3,5T$ ذره در $x = -A$ است.

پ) در $t = 5,25T$ ذره در $x = 0$ است.



۱۵۴)

الف) گام اول: بسامد زاویه‌ای را به دست می‌آوریم:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \left(\frac{1}{12}\right) = \frac{\pi}{6} \frac{rad}{s}$$

گام دوم: متحرک در $t = 0$ در نقطه بازگشت و در طرف راست قرار دارد؛ پس معادله مکان - زمان آن باید به‌صورتی باشد که این شرایط در آن صدق کند:

$$x(t) = A \cos \omega t$$

$$A = 4 cm = 0,04 m \rightarrow x(t) = 0,04 \cos\left(\frac{\pi}{6}t\right)$$

ب) برای اینکه بفهمیم که متحرک در $t = 7s$ در کجا قرار دارد، در معادله مکان - زمان، t را مساوی $7s$ قرار می‌دهیم:

$$x = 0,04 \cos\left(\frac{\pi}{6} \times (7)\right) = 0,04 \cos\left(\frac{7\pi}{6}\right)$$

$$= 0,04 \times \left(-\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = -0,02\sqrt{3} m$$



پ

برای اینکه بفهمیم در چه لحظه‌ای برای اولین بار متحرک در $x = -2\text{cm}$ قرار می‌گیرد، باید معادله مکان - زمان را برابر $x = -2\text{cm}$ قرار دهیم:

$$\begin{aligned}
 x &= -2\text{cm} = -0.02\text{m} \\
 -0.02\text{m} &= 0.04 \cos\left(\frac{\pi}{6}t\right) \\
 \Rightarrow \cos\left(\frac{\pi}{6}t\right) &= \frac{-0.02}{0.04} = -\frac{1}{2} \\
 \Rightarrow \frac{\pi}{6}t &= \frac{2\pi}{3} \Rightarrow t = 4\text{s}
 \end{aligned}$$

۱۵۵ در $t = 0$ عروسک در نقطه بازگشت قرار داشته است؛ یعنی در این لحظه $x = A$ بوده است؛ بنابراین $\frac{T}{4}$ بعد عروسک در $x = A \cos\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{4}\right) = A \cos \pi = -A$ قرار دارد.

قرار دارد.

طبق گفته مسئله، فاصله این دو برابر 6cm است؛ پس:

$$\begin{aligned}
 |x_2 - x_1| &= 6\text{cm} \Rightarrow |-A - A| = 6\text{cm} \\
 |-2A| &= 6\text{cm} \Rightarrow 2A = 6\text{cm} \Rightarrow A = 3\text{cm}
 \end{aligned}$$

۱۵۶ هرگاه در حرکت هماهنگ ساده، تندی جسم رو به کاهش باشد، مفهوم آن این است که جسم در حال دور شدن از نقطه تعادل است. بنابراین در این سؤال جسم در لحظه نشان داده شده در شکل، در حال حرکت به سمت راست است. از آنجایی که در این لحظه جسم در جهت محور x حرکت می‌کند، علامت سرعت آن در این لحظه مثبت است. توجه: مواظب باشید! همان‌طور که در فصل حرکت‌شناسی خواندیم، وقتی تندی جسم در حال افزایش است، علامت سرعت آن می‌تواند مثبت یا منفی باشد و برعکس وقتی تندی در حال کاهش است باز هم علامت سرعت می‌تواند مثبت یا منفی باشد. به عبارت دیگر علامت سرعت، نوع حرکت را مشخص نمی‌کند.

۱۵۷ بیشینه تندی

دوره تناوب مستقل از دامنه حرکت است و با تغییر دامنه تغییر نمی‌کند. از طرفی انرژی مکانیکی متناسب با مربع دامنه است. پس با دو برابر شدن دامنه، انرژی مکانیکی چهار برابر می‌شود. تندی بیشینه $(v_{\max} = A\omega)$ ، متناسب با دامنه است. بنابراین با دو برابر شدن دامنه، تندی بیشینه نیز دو برابر می‌شود.

۱۵۸ الف) باتوجه به نمودار از رابطه کلی معادله مکان - زمان $x = A \cos \omega t$ استفاده می‌شود که $A = 6\text{cm}$ و $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4} = \frac{\pi}{2} (\text{rad/s})$ است که در SI معادله را

به شکل زیر تبدیل می‌نمایند:

$$\begin{aligned}
 x &= 0.06 \cos \frac{\pi}{2}t \\
 x &= 0.06 \cos\left(\frac{\pi}{2} \times 5.5\right) = 0.06 \cos \frac{11\pi}{4} = 0.06 \cos\left(\frac{12\pi - \pi}{4}\right) \\
 &= 0.06 \cos\left(3\pi - \frac{\pi}{4}\right) = -0.06 \cos \frac{\pi}{4} \xrightarrow{\cos \frac{\pi}{4} = \frac{\sqrt{2}}{2}} x = -0.03\sqrt{2}
 \end{aligned}$$

ب) مکان در $t = 5.5\text{s}$ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$-0.03 = +0.06 \cos \frac{\pi}{2}t \rightarrow \cos \frac{\pi}{2}t = -\frac{1}{2} \rightarrow \frac{\pi}{2}t = (2k-1)\pi \mp \frac{\pi}{3} \quad (k = 1, 2, \dots)$$

پ) در $x = -3\text{cm}$ داریم:

$$\frac{\pi}{2}t = \pi + \frac{\pi}{3} \rightarrow t = \frac{4}{3} (\text{s})$$

۱۵۹ الف) ابتدا باید ω را به دست آورده در معادله $x = A \cos \omega t$ به ازای $x = 2\text{cm} = 0.02\text{m}$ و $A = 2\text{cm}$ (مطابق شکل) قرار دهیم برای این کار طبق شکل می‌بینیم که نوسانگر در زمان $t = 1\text{s}$ برای اولین بار از $x = +\sqrt{3}\text{cm}$ عبور کرده پس می‌توان نوشت:

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = 0.02 \cos \omega t \xrightarrow{t=1\text{s}} \cos \omega = \frac{\sqrt{3}}{2} \rightarrow \omega = \frac{\pi}{6} (\text{اولین بار})$$

پس معادله به صورت $x = 0.02 \cos \frac{\pi}{6}t$ خواهد بود.

ب) در $t = 4.5\text{s}$ داریم:

$$x = 0.02 \cos\left(\frac{\pi}{6} \times 4.5\right) = 0.02 \cos \frac{3\pi}{4} = -0.02 \frac{\sqrt{2}}{2} = -0.01\sqrt{2} (\text{m})$$

$$\begin{aligned}
 x &= 0.02 \cos \frac{\pi}{6}t \rightarrow -\frac{\sqrt{2}}{2} = 0.02 \cos \frac{\pi}{6}t \rightarrow \cos \frac{\pi}{6}t = -\frac{\sqrt{2}}{2} \\
 \rightarrow \frac{\pi}{6}t &= (2k-1)\pi \mp \frac{\pi}{4} \quad (k = 1, 2, \dots)
 \end{aligned}$$

که برای سومین بار یعنی $k = 2$ و علامت منفی پس:



$$\frac{\pi}{6}t = 3\pi - \frac{\pi}{4} \rightarrow t = \frac{33}{2}s$$

ابتدا بسامد زاویه‌ای نوسانگر و پس از آن معادله حرکت را پیدا می‌کنیم و با قرار دادن $t = 9s$ در معادله، مکان x را می‌یابیم. ۱۶۰

$$x = A \cos \omega t \xrightarrow[A=3cm, x=+1.5cm]{t=2.4s} \cos 2.4\omega = \frac{1}{2}$$

$$2.4\omega = 2k\pi \pm \frac{\pi}{3}$$

چون برای دومین بار از $x = 1.5cm$ عبور کرده پس $k = 1$ و علامت منفی انتخاب می‌شود. پس داریم:

$$2.4\omega = \frac{5\pi}{3} \rightarrow \omega = \frac{5\pi}{7.2} = \frac{25\pi}{36} (rad/s)$$

$$\xrightarrow{t=9s} x = \frac{3}{100} \cos\left(\frac{25\pi}{36} \times 9\right) = 0.3 \cos\left(\frac{25\pi}{4}\right) = 0.3 \times \left(+\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$$

$$x = +\frac{15\sqrt{2}}{1000} (m)$$

۱۶۱

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$$

$$\xrightarrow[m_1=m]{m_2=m+2} \frac{3}{2} = \sqrt{\frac{m+2}{m}}$$

$$\rightarrow \frac{9}{4} = \frac{m+2}{m} \rightarrow 9m = 4m + 8$$

$$\Rightarrow m = \frac{8}{5} = 1.6kg$$

۱۶۲

از آنجایی که وزن خودرو به‌طور یکنواخت روی فترها توزیع شده، هر فتر $\frac{1}{4}$ جرم خودرو را تحمل می‌کند.

$$m' = \frac{m}{4} = \frac{1600}{4} = 400kg$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m'}{k}}$$

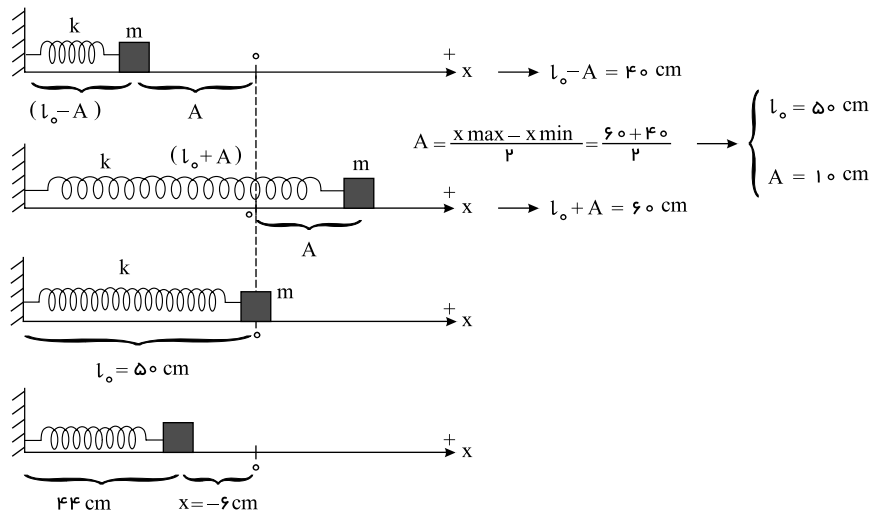
$$\rightarrow T = 2 \times 3.14 \times \sqrt{\frac{400}{2 \times 10^4}} \simeq 0.89s$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.89s} = 1.12Hz$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow$$

$$\omega = \frac{2 \times 3.14}{0.89} = 7.06 \frac{rad}{s}$$

ابتدا دامنه نوسان و بسامد زاویه‌ای آن را محاسبه می‌کنیم. با توجه به شکل می‌دانیم که: ۱۶۳





$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{250}{10}} = 5 \text{ rad/s}$$

حال برای تعیین شتاب نوسانگر در لحظه‌ای که از مکان x می‌گذرد داریم:

$$a = -\omega^2 x = -25 \left(-\frac{6}{100} \right) = 1,5 \rightarrow \boxed{a = 1,5 \text{ m/s}^2}$$

توجه: آهنگ تغییرات سرعت برابر شتاب جسم است.

۱۶۴) مراحل پاسخ:

۱) در ابتدا بسامد زاویه‌ای و دوره نوسان را به صورت زیر به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} a = -\frac{k}{m}x = -\omega^2 x \rightarrow \omega^2 = \pi^2 \rightarrow \omega = \pi \rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = 2 \text{ s} \\ a = -\pi^2 x \end{cases}$$

۲) حال کافی است که بررسی کنیم Δt مورد نظر، چه کسری از دوره نوسان است. یعنی:

$$\Delta t = \frac{1}{3} \text{ s} \rightarrow \frac{\Delta t}{T} = \frac{\frac{1}{3}}{2} = \frac{1}{6} \rightarrow \boxed{\Delta t = \frac{T}{6}}$$

۳) می‌دانیم در مدت زمان معین و ثابت $\Delta t = \frac{1}{3} \text{ s}$ ، هر چه جابه‌جایی طی شده بیشتر باشد، سرعت متوسط متحرک نیز بیشتر است و نیز می‌دانیم سرعت متحرک در مرکز نوسان بیشینه است. پس بهترین وضعیت برای داشتن Δx بیشینه این است که از کل مدت $\frac{1}{3}$ ثانیه، $\frac{1}{6}$ ثانیه (معادل $\frac{T}{12}$) را در یک طرف مرکز نوسان و $\left(\frac{T}{12} \right)$ یا $\frac{1}{6}$ ثانیه دیگر را در طرف دیگر مرکز نوسان طی مسیر نماید. از طرفی می‌دانیم از $x = \pm \frac{A}{2}$ تا مرکز نوسان $\frac{T}{12}$ طول می‌کشد؛ بنابراین:

$$\Delta x_{\max} = \frac{A}{2} - \left(-\frac{A}{2} \right) = \frac{A}{2} + \frac{A}{2} = A = 0,1 \text{ m}$$

$$(v_{av})_{\max} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0,1 \text{ m}}{\frac{1}{3} \text{ s}} = 0,3 \text{ m/s}$$

به طور کلی در سؤال‌هایی که بیشینه جابه‌جایی در یک مدت معین مطلوب باشد، باید نزدیکی‌های مرکز تعادل (که دارای تندی بیشینه است) نوسان کنیم. در این صورت داریم:

$$\begin{cases} \Delta t = \frac{T}{6} & \begin{cases} \Delta t = \frac{T}{6} \\ |\Delta x_{\max}| = A \end{cases} & \begin{cases} \Delta t = \frac{T}{6} \\ |\Delta x_{\max}| = \sqrt{2}A \end{cases} & \begin{cases} \Delta t = \frac{T}{6} \\ |\Delta x_{\max}| = \sqrt{3}A \end{cases} \end{cases}$$

۱۶۵) ابتدا بسامد زاویه‌ای و دوره نوسان را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم.

$$\text{اول قدم: } F_{\text{net}} = F_e \rightarrow ma = -kx \rightarrow \begin{cases} a = -\left(\frac{k}{m}\right)x \\ \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \end{cases} \rightarrow \boxed{a = -\omega^2 x} (*)$$

$$\text{دوم قدم: فرض مسئله: } \begin{cases} a = \frac{-25\pi^2}{4}x \rightarrow \omega^2 = \frac{25\pi^2}{4} \rightarrow \omega = \frac{5\pi}{2} = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{4}{5} \text{ s} \\ a = -\omega^2 x \end{cases}$$

حال بررسی می‌کنیم که مدت زمان Δt چه کسری از دوره است. یعنی:

$$\text{سوم قدم: } \frac{\Delta t}{T} = \frac{60 \text{ s}}{\frac{4}{5} \text{ s}} = 75 \rightarrow \Delta t = 75T$$

مدت زمان ۵۴ معادل ۷۵ برابر دوره نوسان است، پس در هر دقیقه نوسانگر ۷۵ نوسان کامل انجام می‌دهد. یعنی مسافت پیموده شده در هر دقیقه:

$$l = 75(4A) = 75(4 \times 5 \text{ cm}) = 1500 \text{ cm} = 15 \text{ m} \rightarrow s_{av} = \frac{l}{\Delta t} = \frac{15 \text{ m}}{60 \text{ s}} = 0,25 \text{ m/s}$$

$$E = \frac{1}{2}m(0,01)^2(\pi)^2 = \frac{\pi^2 m}{20000} \quad E = \frac{1}{2}mA^2\omega^2 \text{ و از } \omega = \pi \text{ و } A = 0,01 \text{ m می‌توان نوشت: } \quad \text{۱۶۶)}$$

از طرفی $E = U + K$ که $K = \frac{1}{2}mv^2$ و همچنین $K = \frac{1}{3}U$ یا $U = 3K$ ، بنابراین:

$$E = 4K = 4\left(\frac{1}{2}mV^2\right) = 2mv^2 \rightarrow \frac{\pi^2 m}{20000} = 2mv^2 \rightarrow v^2 = \frac{\pi^2}{40000} \rightarrow v = \frac{\pi}{200} \text{ m/s}$$

$$\text{الف) } x = 0,01 \cos \pi t \xrightarrow{t=1 \text{ s}} x = 0,01 \cos \pi = -0,01$$

$$\text{ب) } x = -5 \text{ mm} = -0,005 \text{ m} \rightarrow -0,005 = 0,01 \cos \pi t \rightarrow \cos \pi t = -\frac{1}{2} \rightarrow \pi t = 2k\pi \pm \frac{2\pi}{3} \quad (k = 0, 1, \dots)$$

برای دومین بار یعنی $k = 1$ و علامت منفی. پس داریم:

$$\pi t = \frac{4\pi}{3} \rightarrow t = \frac{4}{3} \text{ s}$$



$$\text{پ) } E = 2U \xrightarrow{E=U+K} U = K \rightarrow E = 2K$$

$$\frac{1}{2}mA^2\omega^2 = 2 \times \frac{1}{2}mv^2 \rightarrow v^2 = \frac{A^2\omega^2}{2} \rightarrow v = \frac{A\omega}{\sqrt{2}}$$

$$v = \frac{0.01 \times \pi}{\sqrt{2}} = \frac{\pi}{100\sqrt{2}} \text{ m/s}$$

$$x = A \cos \omega t \xrightarrow[A=2\text{cm}, x=-1.5\text{cm}]{t=1.5\text{s}} \cos 1.5\omega = -\frac{1}{2} \rightarrow 1.5\omega = 2k\pi \pm \frac{2\pi}{3}$$

$$k = 0, \text{ علامت: } + \rightarrow 1.5\omega = \frac{2\pi}{3} \rightarrow \omega = \frac{4\pi}{9}$$

$$E = U + K \xrightarrow{U=\frac{1}{2}K} E = \frac{3}{2}K \xrightarrow[E=\frac{1}{2}m\omega^2 A^2]{K=\frac{1}{2}mv^2} v^2 = \frac{2}{3}\omega^2 A^2$$

$$\rightarrow v = \sqrt{\frac{2}{3}}\omega A = \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{4\pi}{9} \times \frac{3}{100} = \frac{4\pi}{300} \sqrt{\frac{2}{3}} \text{ m/s}$$

$$m = 500\text{g} = 0.5\text{kg}, \quad k = 2 \frac{N}{\text{cm}} = 200 \frac{N}{m}, \quad A = 0.2\text{m}$$

$$\text{الف) } \begin{cases} A = 0.2\text{m}, v_{\max} = A\omega = \frac{2}{10} \times 20 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{200}{0.5}} = 20 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \end{cases}$$

$$\text{ب) } v = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 1^2 = 0.25\text{J} \quad (1)$$

$$E = K_{\max} = \frac{1}{2}mv_m^2 = \frac{1}{2}mA^2\omega^2 \rightarrow E = \frac{1}{2}(0.5)(0.2)^2(20)^2 = \frac{1}{2} \times \frac{4}{100} \times 400 \rightarrow E = 4\text{J} \quad (2)$$

$$(1), (2) \Rightarrow E = U + K \Rightarrow 4 = U + 0.25 \rightarrow U = 3.75\text{J}$$

انرژی پتانسیل زمانی بیشینه می‌شود که انرژی جنبشی کمینه شود؛ یعنی سرعت صفر شود. همان‌طور که می‌دانید، سرعت در نقاط بازگشت صفر می‌شود.

$$x = -1.6\text{m} \Rightarrow -1.6\text{m} = (1.6\text{m}) \cos 50\pi t$$

$$\Rightarrow -1 = \cos 50\pi t \Rightarrow 50\pi t = \pi \Rightarrow t = \frac{1}{50} \text{ s} = 0.02\text{s}$$

انرژی جنبشی نوسانگر زمانی بیشینه می‌شود که جسم از نقطه تعادل عبور کند؛ یعنی $x = 0$ شود:

$$x = 0 \Rightarrow 0 = 1.6 \cos 50\pi t \Rightarrow 50\pi t = \frac{\pi}{2} \Rightarrow t = \frac{1}{100} \text{ s}$$

الف) باتوجه به نمودار و فرم کلی معادله حرکت $x = A \cos \omega t$ با قرار دادن $x = -2\sqrt{2}$ و $t = 1.5\text{s}$ در معادله، مقدار ω را محاسبه می‌نماییم.

$$A = 0.04\text{m} \rightarrow x = 0.04 \cos \omega t \xrightarrow[t=1.5]{x=-2\sqrt{2}} \cos 1.5\omega = -\frac{\sqrt{2}}{2}$$

چون برای اولین بار از چنین مکانی عبور کرده پس داریم: $1.5\omega = \pi - \frac{\pi}{4} = \frac{3\pi}{4}$

بنابراین $\omega = \frac{\pi}{2} \text{ Rad/s}$ پس معادله حرکت می‌شود: $x = 0.04 \cos \frac{\pi}{2} t$

ب) انرژی مکانیکی نوسانگر از رابطه $E = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\omega = \frac{\pi}{2} (\text{Rad/s}), \quad m = 1\text{gr} = 10^{-3}\text{kg}, \quad A = 0.04\text{m} \rightarrow E = \frac{1}{2} \times 10^{-3} \times \frac{\pi^2}{4} \times 16 \times 10^{-4}$$

$$\xrightarrow{\pi^2=10} E = 20 \times 10^{-7} (\text{J}) = 2 \times 10^{-6} (\text{J}) = 2\mu\text{J}$$

ابتدا بسامد زاویه‌ای ω را محاسبه می‌کنیم: ۱۶۸

چون طبق شکل نقطه B مربوط به اولین عبور از -1.5cm می‌باشد، پس داریم:

انرژی مکانیکی برابر است با:

۱۶۹

۱۷۰

الف

اولین نقطه بازگشت پس از لحظه صفر در $x = -A = -1.6\text{m}$ رخ می‌دهد:

ب

۱۷۱



پ) باتوجه به رابطه $E = U + K$ و $U = 2K$ داریم:

$$E = 2K \xrightarrow{E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2} v^2 = \frac{A^2 \omega^2}{2} \rightarrow v = \frac{A \omega}{\sqrt{2}} = \frac{0.04 \times \frac{\pi}{2}}{\sqrt{2}}$$

$$v = \frac{\pi}{50\sqrt{2}} (m/s)$$

۱۷۲) انرژی مکانیکی نوسانگر جرم - فنر از رابطه $E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$ به دست می‌آید. از طرفی انرژی جنبشی بیشینه برابر با انرژی مکانیکی است؛ پس:

$$K_{max} = E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$$

چون نوسانگر بین دو نقطه $x_1 = 20 \text{ cm}$ و $x_2 = -20 \text{ cm}$ نوسان می‌کند، دامنه نوسانگر برابر $A = 20 \text{ cm}$ می‌شود و داریم:

$$K_{max} = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \Rightarrow 20 \text{ J} = \frac{1}{2} \times m \times \left(4\pi \frac{\text{rad}}{s}\right)^2 \times (0.2 \text{ m})^2$$

$$\Rightarrow 20 \text{ J} = \frac{1}{2} \times m \times (16\pi^2 \frac{\text{rad}^2}{s^2}) \times (4 \times 10^{-2} \text{ m}^2)$$

$$\Rightarrow m = \frac{40 \text{ J}}{16 \times 10^{-2} \frac{\text{rad}^2}{s^2} \times 4 \times 10^{-2} \text{ m}^2} = 6.25 \text{ kg}$$

۱۷۳) در حرکت نوسانی هماهنگ ساده، انرژی مکانیکی همواره ثابت است، بنابراین داریم:

$$E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 \xrightarrow{m=20 \text{ g}=2 \times 10^{-2} \text{ kg}} E = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-2} \times 16 \times 10^{-4} \times 4 \times 10^4 = 0.64 \text{ J}$$

$A=0.04 \text{ m}, \omega=200 \frac{\text{rad}}{s}$

۱۷۴)

الف) در حرکت هماهنگ ساده طبق قانون پایستگی انرژی مکانیکی و اینکه اصطکاک نداریم:

$$E = U + K \rightarrow K = E - U \Rightarrow \begin{cases} E = 100 \text{ J} \\ U = 36 \text{ J} \end{cases} \rightarrow K = 100 \text{ J} - 36 \text{ J} \rightarrow \boxed{K = 64 \text{ J}}$$

$$K = \frac{1}{2} m v^2 \rightarrow 64 = \frac{1}{2} \times 2 \times v^2 \rightarrow \boxed{v = 8 \text{ m/s}}$$

ب) می‌دانیم طول پاره خط نوسان برابر $2A$ است:

$$2A = 20 \text{ cm} \rightarrow A = 10 \text{ cm} = \frac{1}{10} \text{ m} \rightarrow \boxed{A = \frac{1}{10} \text{ m}}$$

$$\text{از طرفی می‌دانیم: } \begin{cases} E = U + K \\ K = 0 \rightarrow E = U_{max} = \frac{1}{2} k A^2 \Rightarrow E = \frac{1}{2} k A^2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow 100 = \frac{1}{2} \times k \times \frac{1}{100} \Rightarrow \boxed{K = 20000 \text{ N/m}}$$

پ) دوره تناوب در حرکت هماهنگ ساده، به دامنه نوسان بستگی ندارد. $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$

۱۷۵)

$$\text{با توجه به نمودار} \rightarrow v_{max} = 0.12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$E = U + K \rightarrow E = 600 + 40 = 640 \text{ J}$$

$$\frac{K}{E} = \frac{\frac{1}{2} m v^2}{\frac{1}{2} m v_{max}^2} = \frac{v^2}{(0.12)^2} \rightarrow \frac{40}{640} = \left(\frac{v}{0.12}\right)^2 \xrightarrow{\text{جذر می‌گیریم}} \frac{2}{8} = \frac{V}{0.12} \rightarrow v = 0.03 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۱۷۶) مطابق نمودار در نقطه‌ای که $U = 9 \text{ J}$ است $K = 0.1 \text{ J}$ پس:

$$E = K + U = 1 \text{ J}$$

از طرفی هم می‌دانیم:

$$K_{max} = E = 1 \text{ J}$$

و

$$K_{max} = \frac{1}{2} m v_{max}^2$$



$$\frac{m=125g=125 \times 10^{-3} kg}{1} = \frac{1}{2} \times 125 \times 10^{-3} \times v_{\max}^2 \rightarrow v_{\max}^2 = 16 \Rightarrow v_{\max} = 4 m/s$$

۱۷۷) دورهٔ آونگ با جذر شتاب گرانش نسبت عکس دارد. شتاب گرانش در سطح ماه تقریباً $\frac{1}{6}$ شتاب گرانش در سطح زمین است؛ پس:

$$\frac{T_m}{T_e} = \sqrt{\frac{g_e}{g_m}} \Rightarrow \frac{T_m}{1.8s} = \sqrt{\frac{g_e}{\frac{1}{6}g_e}}$$

$$\Rightarrow \frac{T_m}{1.8s} = \sqrt{6} \Rightarrow T_m = \sqrt{6} \times 1.8 = 4.32s$$

۱۷۸) تغییری نمی‌کند.

۱۷۹) دورهٔ تناوب حرکت آونگ از رابطهٔ $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ به دست می‌آید. هرچه g کوچک‌تر باشد، T بزرگ‌تر شده و در یک زمان مشخص، تعداد نوسان آونگ کمتر می‌شود و

ساعت عقب می‌افتد. در سطح ماه g کوچک‌تر از سطح کرهٔ زمین است، بنابراین وقتی ساعتی که براساس حرکت آونگ در سطح زمین کار می‌کند را به کرهٔ ماه ببریم، عقب می‌افتد.

۱۸۰) ابتدا دورهٔ تناوب آونگ را به دست می‌آوریم:

$$T = \frac{t}{n} = \frac{60s}{40} = 1.5s$$

حالا با استفاده از رابطهٔ $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ مقدار g را به دست آوریم.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} = \frac{4 \times (3.14)^2 \times (56 \times 10^{-2} m)}{(1.5s)^2} \approx 9.81 \frac{m}{s^2}$$

۱۸۱)

$$\text{الف) } T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{2}{10}} = \frac{2\sqrt{5}\pi}{5} (s)$$

$$\text{ب) } E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \xrightarrow{\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{5} \left(\frac{rad}{s} \right)} E = \frac{1}{2} \times 0.2 \times 5 \times 10^{-2}$$

$$E = 5 \times 10^{-5} J$$

۱۸۲)

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \xrightarrow{\omega = \frac{2\pi}{T}} \omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \Rightarrow \begin{cases} \omega_1 = 2 \frac{rad}{s} \Rightarrow L_1 = \frac{9.8}{4} = 2.45m \\ \omega_2 = 4 \frac{rad}{s} \Rightarrow L_2 = \frac{9.8}{16} = 0.6125m \end{cases}$$

۱۸۳) برای آنکه آونگی با A به تشدید درآید باید بسامد آن آونگ با بسامد آونگ A یکسان شود. در مورد آونگ‌ها، کافی است طول دو آونگ برابر باشد و جرم تأثیری ندارد. پس آونگ C با آونگ A به تشدید درآمده و با دامنهٔ نوسان قابل توجهی نوسان می‌کند. ولی آونگ B با دامنهٔ کوچکی تکان می‌خورد.

۱۸۴)

$D \leftarrow$ چشمهٔ موج

$E \leftarrow$ طول موج

$F \leftarrow$ بردار سرعت

$A \leftarrow$ درهٔ (پاستیج) موج

$B \leftarrow$ قلهٔ (ستیج) موج

$C \leftarrow$ پرتو موج

۱۸۵)

الف) فاصلهٔ بین جبهه‌های موج متوالی در سطح آب برابر طول موج ($\lambda = 20cm$) است.

$$v = \lambda f = 0.2 \times 2.5 = 0.5 \frac{m}{s}$$

ب)

اگر عمق آب درون تشت را کمی افزایش دهیم، tendy انتشار موج عرضی در سطح آن بیشتر می‌شود.

۱۸۶) سرعت عبور از وضع تعادل $v_{\max}$ است.

با توجه به شکل، $A = 10cm$ است و نصف طول موج $20cm$ است.

$$\frac{\lambda}{2} = 20cm \Rightarrow \lambda = 40cm = 0.4m$$

$$v = 20 \frac{m}{s} \Rightarrow v = \lambda f \Rightarrow 20 = 0.4 \times f \Rightarrow f = 50Hz \Rightarrow \omega = 2\pi f = 100\pi \frac{rad}{s}$$

$$v_{\max} = A\omega = 0.1 \times 100\pi = 10\pi \frac{m}{s}$$

۱۸۷) می‌دانیم که موج در یک محیط همگن با tendy ثابت و به‌طور یکنواخت منتشر می‌شود. بنابراین:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{FL}{m}}$$



$$v_1 = \frac{L_1}{t_1} \rightarrow v_1 = \frac{L}{t}$$

$$\frac{v_r}{v_1} = \sqrt{\frac{F_r}{F_1}} \times \sqrt{\frac{L_r}{L_1}} \times \sqrt{\frac{m_1}{m_r}} = \sqrt{\frac{F_r}{F_1}} \times \sqrt{\frac{L_r}{L_1}} \times \sqrt{\frac{m}{m/2}}$$

$$\frac{v_r}{v_1} = \sqrt{4} \times \sqrt{2} \times \sqrt{2} = 4 \rightarrow v_r = 4v_1$$

$$v_r = \frac{L_r}{\Delta t} \xrightarrow{L_r = 2L} v_r = 4v_1 \rightarrow \frac{2L}{\Delta t} = 4\left(\frac{L}{t}\right) \rightarrow \boxed{\Delta t = \frac{t}{2}}$$

۱۸۸

$$\text{الف) } v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{FL}{m}} = \sqrt{\frac{10 \times 1}{0.02}} = \sqrt{500} = 10\sqrt{5} \text{ m/s}$$

$$\text{ب) } v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow v = \frac{L}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{L}{v} = \frac{1}{10\sqrt{5}} = \frac{\sqrt{5}}{50} \text{ (s)}$$

۱۸۹ چون در این فرآیند جرم ثابت می‌ماند داریم:

$$\frac{v_r}{v_1} = \frac{\sqrt{\frac{F_r L_r}{m}}}{\sqrt{\frac{F_1 L_1}{m}}} = \sqrt{\frac{F_r}{F_1}} \times \sqrt{\frac{L_r}{L_1}} = \sqrt{3} \times \sqrt{3} = 3$$

$$\text{درصد تغییر سرعت موج} = \frac{\Delta v}{v} \times 100 = \frac{v_r - v_1}{v_1} \times 100 = \frac{3v_1 - v_1}{v_1} \times 100 = 200\%$$

۱۹۰ با استفاده از رابطه محاسبه تندی انتشار موج عرضی در طناب داریم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \xrightarrow{\mu = \frac{m}{L}} V = \sqrt{\frac{FL}{m}} = \sqrt{\frac{80 \times 2}{m}} \Rightarrow 2500 = \frac{160}{m} \Rightarrow m = \frac{160}{2500} = 0.064 \text{ kg} = 64 \text{ g}$$

۱۹۱ اول جرم واحد طول سیم را به دست می‌آوریم:

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{1.20 \times 10^{-3} \text{ kg}}{3.0 \times 10^{-2} \text{ m}} = 0.04 \times 10^{-1} \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 4 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

حالا از رابطه تندی انتشار موج عرضی استفاده می‌کنیم و نیروی کشش را برای حالتی که تندی $3 \times 10^2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ است، محاسبه می‌کنیم:

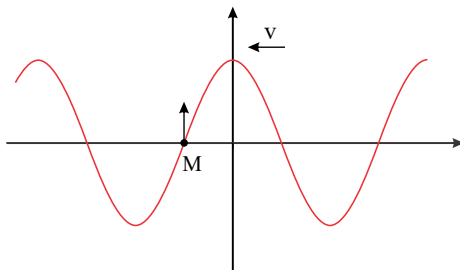
$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow 3 \times 10^2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \sqrt{\frac{F}{4 \times 10^{-3}}} \Rightarrow F = (3 \times 10^2 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \times (4 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m}}) = 360 \text{ N}$$

نیروی کشش سیم باید 360 N باشد در حالی که در ابتدا 240 N بوده است؛ بنابراین نوازنده باید نیروی کشش سیم را 120 N افزایش دهد:

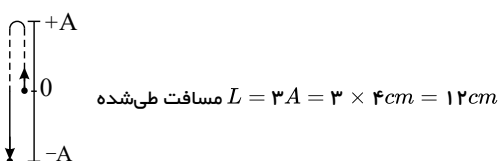
$$\Delta F = 360 \text{ N} - 240 \text{ N} = 120 \text{ N}$$

۱۹۲

الف



در شروع حرکت ذره M در جهت مثبت محور y ها شروع به حرکت می‌کند و پس از $\frac{3T}{4}$ ذره M به مکان $(y = -A)y = -4 \text{ cm}$ می‌رسد:



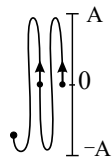
$$\Delta y = y_r - y_1 = (-4 \text{ cm}) - 0 = -4 \text{ cm} \text{ جابه‌جایی}$$

ب در مدت T ، موج به مقدار λ جابه‌جا می‌شود. بنابراین در مدت $\frac{3T}{4}$ به مقدار $\frac{3\lambda}{4}$ را طی می‌کند.

مثل آب خوردن بگیر



پ $\Delta t = \frac{11T}{6} = 2T - \frac{T}{6}$ یعنی ذره M در قسمت $y < 0$ بوده و به سمت مرکز نوسانی خود حرکت می‌کند: بنابراین $\begin{cases} v > 0 \\ a > 0 \end{cases}$ و حرکت ذره M



تندشونده است.

۱۹۳

الف $B -$ طول موج فاصله بین دو قله یا دو دره متوالی است. بین دو دره A ، چهار واحد اختلاف است؛ پس باید دنبال موجی بگردیم که طول موج آن ۴ واحد باشد که در بین دو شکل، طول موج در شکل (B) چهار واحد است.

ب $C -$ دامنه برابر فاصله قله یا دره از وضعیت تعادل است. در شکل (A) این فاصله برابر ۲ واحد است. در بین دو شکل (B) و (C) دامنه شکل (C) دو واحد است.

۱۹۴

الف با توجه به شکل:

$$\lambda + \frac{\lambda}{4} = 50 \Rightarrow \frac{5\lambda}{4} = 50 \Rightarrow \lambda = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}$$

$$v_{\text{موج}} = \lambda f \Rightarrow v_{\text{موج}} = 0.4 \times 200 = 80 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ب بیشینه تندی ذرات محیط از رابطه $v_{\text{max}} = A\omega$ به دست می‌آید.

$$\omega = 2\pi f = 400\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$v_{\text{max}} = A\omega = 0.2 \times 400\pi = 80\pi \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۱۹۵

الف کمتر

ب برابر با (شخص با حرکت خود به طرف چشمه ساکن، فاصله بین جبهه‌های موج را تغییر نمی‌دهد و فقط تعداد جبهه‌های موجی که در هر ثانیه به وی می‌رسد تغییر می‌کند) (بسامد)

پ نادرست

ت عمود بر - عمود بر

ث عرضی

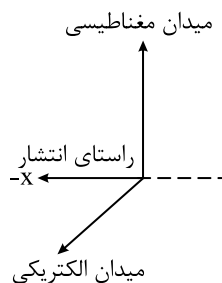
ج پاسخ:

$Z -$ (اگر چهار انگشت دست راست در جهت میدان الکتریکی به‌گونه‌ای قرار گیرد که بردار میدان مغناطیسی از کف دست خارج شود، انگشت شست جهت انتشار موج را نمایش می‌دهد).

۳ ج

$$L = n \frac{\lambda}{2} \rightarrow 0.4 = n \left(\frac{0.4}{2} \right) \Rightarrow n = 2 \Rightarrow \text{تعداد گره} = 3$$

۱۹۶ با در نظر گرفتن جهت‌های $+x$ ، $+y$ و $+z$ مطابق شکل داده‌شده، طبق قاعده دست راست، جهت انتشار موج در جهت $-x$ است.



۱۹۷ جدول زیر نحوه تولید، آشکارسازی و کاربرد طیف موج‌های الکترومغناطیسی را بیان می‌کند.



نام و حدود طول موج	چشمه	وسایل آشکارسازی	بعضی از ویژگی‌های خاص و کاربرد
پرتو گاما (γ) $1pm = 10^{-12}m$	هسته مواد رادیواکتیو و پرتوهای کیهانی	شمارشگر گایگر - مولر و فیلم عکاسی	ویژگی‌ها: فوتون‌های با انرژی بسیار بالا و با قدرت نفوذ بسیار زیاد، خیلی خطرناک کاربرد: بافت‌های سرطانی را از بین می‌برد. برای پیدا کردن ترک در فلزات، برای ضد عفونی کردن تجهیزات و وسایل
پرتو ایکس (X) $100pm = 10^{-10}m$	لامپ پرتو X	فیلم عکاسی و صفحه فلونورسان	ویژگی‌ها: فوتون‌های بسیار پرانرژی و با قدرت نفوذ زیاد، خیلی خطرناک کاربرد: استفاده در پرتونگاری، استفاده در مطالعه ساختار بلورها، معالجه بیماری‌های پوستی، استفاده در پرتودرمانی
فرابنفش (UV) $10nm = 10^{-8}m$	خورشید، جسم‌های خیلی داغ، جرقه الکتریکی، لامپ بخار جیوه	فیلم عکاسی، فوتوسل	ویژگی: توسط شیشه جذب می‌شود، سبب بسیاری از واکنش‌های شیمیایی می‌شود، یاخته‌های زنده را از بین می‌برد، کاربرد: لامپ‌های UV در پزشکی
نور مرئی $0.4\mu m = 4 \times 10^{-7}m$ (سبز)	خورشید، جسم‌های داغ، لیزرها	چشم، فیلم عکاسی، فوتوسل	ویژگی: در دیدن اجسام نقش اساسی دارد. برای رشد گیاهان و عمل فتوسنتز نقش حیاتی دارد. کاربرد: در سیستم‌های مخابراتی (لیزر و تارهای نوری) مورد استفاده قرار می‌گیرد.
فروسرخ (IR) $100\mu m = 10^{-4}m$	خورشید، جسم‌های گرم و داغ	فیلم‌های مخصوص عکاسی	ویژگی: هنگامی که جذب می‌شود پوست را گرم می‌کند. کاربرد: برای گرم کردن برای فیلم‌برداری و عکاسی در مه و تاریکی، عکاسی IR توسط ماهواره‌ها
رادیویی $3m(VHF)$	اجاق‌های مایکروویو، آنتن‌های رادیویی و تلویزیونی	رادیو و تلویزیون	کاربرد: در آشپزی، رادیو، تلویزیون، مخابرات ماهواره‌ای و در رادارها برای آشکارسازی هواپیما، موشک و کشتی

۱۹۸

الف) متغیر

ب) هم‌گام

پ) پرتوهای X - امواج فرابنفش

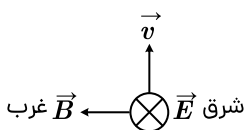
ت) طولی - عرضی

ث) دارد

ج) آستانه شناویی

۱۹۹

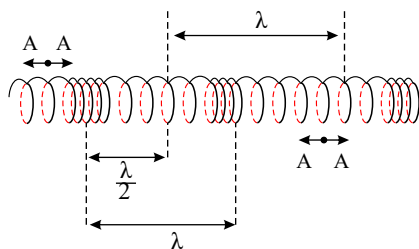
از دید روبه‌رو، شمال درون‌سو و جنوب برون‌سو است. در این صورت، با رسم یک شکل ساده و استفاده از قاعده دست راست، جهت میدان مغناطیسی به سمت غرب به دست می‌آید.



۲۰۰

الف)

فرض کنیم یک موج طولی در طول فتری مطابق شکل زیر ایجاد شده و در حال انتشار است.



مشاهده می‌شود دامنه نوسانی در محاسبه λ تاثیری ندارد.

$$\begin{cases} f = 20Hz \\ v = 300m/s \end{cases} \rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{300}{20} = 15m \rightarrow \boxed{\lambda = 15m}$$

فاصله وسط دو تراکم متوالی = فاصله وسط دو انبساط متوالی = λ



$$\Rightarrow \text{فاصله دو تراکم متوالی} = \lambda = 15m$$

$$\text{فاصله وسط یک تراکم و یک انبساط متوالی} = \frac{\lambda}{2} = 7,5m$$

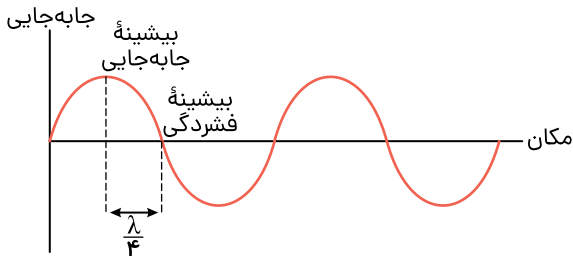
۲۰۱) فاصله بین دو نقطه پشت سرهم که بیشترین بازشدگی را دارند، برابر یک طول موج است. بنابراین:

$$v = \lambda f \Rightarrow 1 = 0,2 \times f \Rightarrow f = 5Hz$$

۲۰۲) مطابق شکل، فاصله گفته شده در صورت سؤال، برابر $\frac{\lambda}{4}$ است. بنابراین می توان نوشت:

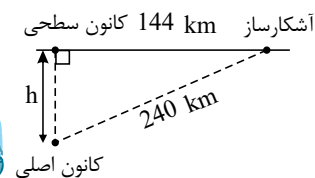
$$\frac{\lambda}{4} = 2,5 \Rightarrow \lambda = 10cm = 0,1m$$

$$v = \lambda f = 0,1 \times 10 = 1 \frac{m}{s}$$



۲۰۳) در یک لحظه از زمان، در مکان هایی که بیشترین جمع شدگی یا بیشترین بازشدگی حلقه ها رخ می دهد، جابه جایی هر جزء فنر از وضعیت تعادل برابر صفر است. بنابراین بین دو نقطه نشان داده شده در شکل، نقطه b معادل نقطه ای است که در آنجا بیشترین جمع شدگی حلقه ها رخ داده است.

۲۰۴) اختلاف زمانی رسیدن دو موج را می توان به صورت زیر محاسبه کرد:



$$\Delta t = \frac{(v_p - v_s)\Delta x}{v_s v_p}$$

$$\begin{cases} 30 = \frac{(\lambda - 4) \times \Delta x_1}{\lambda \times 4} \Rightarrow \Delta x_1 = 240 km \\ 18 = \frac{(\lambda - 4) \times \Delta x_2}{\lambda \times 4} \Rightarrow \Delta x_2 = 144 km \end{cases}$$

$$h = \sqrt{240^2 - 144^2} = 48 \times \sqrt{5^2 - 3^2} = 48 \times 4 = 192 km$$

۲۰۵) الف)

$$\begin{aligned} \text{زمان رسیدن صوت از فلز: } t_{\text{فلز}} &= \frac{L}{v_{\text{فلز}}} \quad \Delta t = t_{\text{هوا}} - t_{\text{فلز}} \\ \text{زمان رسیدن صوت از هوا: } t_{\text{هوا}} &= \frac{L}{v_{\text{هوا}}} \end{aligned} \quad \longrightarrow \quad \Delta t = L \left(\frac{1}{v_{\text{هوا}}} - \frac{1}{v_{\text{فلز}}} \right)$$

ب)

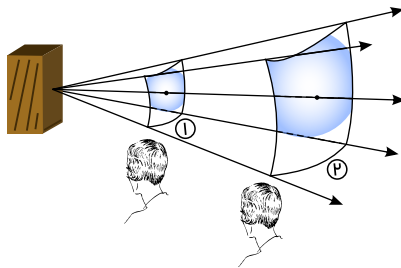
$$v_{\text{فولاد}} = 5941 \frac{m}{s}, \quad v_{\text{هوا}} = 340 \frac{m}{s}$$

$$\Delta t = 1s \rightarrow 1 = L \left(\frac{1}{340} - \frac{1}{5941} \right)$$

$$L = \frac{5941 \times 340}{5941 - 340} = 360,63 m$$

$$\omega = 2\pi f = 2 \times 3,14 \times 6,7 \times 10^6 = 42,076 \times 10^6 \frac{rad}{s}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1500 \frac{m}{s}}{6,7 \times 10^6 Hz} = 2,24 \times 10^{-4} m$$



$$P_1 = P_2 = 1/2 \times 10^{-6} W, \quad A_1 = 4m^2, \quad A_2 = 12m^2$$

$$I_1 = \frac{P_1}{A_1} = \frac{1/2 \times 10^{-6}}{4} = 3 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2}, \quad I_2 = \frac{P_2}{A_2} = \frac{1/2 \times 10^{-6}}{12} = 10^{-8} \frac{W}{m^2}$$

از آنجا که بلندی صدا در گوش انسان به شدت صوت مربوط است و $I_1 > I_2$ ، بدیهی است که شنونده در محل صفحه دوم صدا را آهسته‌تر می‌شنود.

با توجه به رابطه $v = \frac{x}{t}$ و از $v = 340 m/s$ و $t = 2 s$ می‌توان فاصله از چشمه را پس از 2 ثانیه برابر $x = vt = 680 m$ به دست آورد. از رابطه شدت صوت یعنی $I = \frac{P}{A}$ که P توان و A مساحت سطح است و با توجه به اینکه $A = 4\pi r^2$ که r فاصله گیرنده از چشمه است می‌توان نوشت:

$$P = 3.14 \times 10^{-6}, \quad A = 4\pi(4)^2 = 64\pi \rightarrow I = \frac{3.14 \times 10^{-6}}{64\pi}$$

$$\rightarrow I = \frac{10^{-6}}{64} (W/m^2)$$

از آنجا که برای تراز شدت صوت داریم: $\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$

پس برای اختلاف دو تراز خواهیم داشت:

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} - 10 \log \frac{I_1}{I_0} = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \quad (a)$$

از طرفی چون توان با مجذور دامنه و بسامد متناسب است پس شدت نیز طبق رابطه $I = \frac{P}{A}$ با مجذور این دو کمیت متناسب است، لذا نسبت دو شدت برابر است با:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{A_1^2 f_1^2}{A_2^2 f_2^2} = \frac{(1mm)^2 (1000Hz)^2}{(4cm)^2 (1000Hz)^2} = \frac{1600}{10^{-2}} = 16 \times 10^4$$

با قرار دادن در (a) خواهیم داشت:

$$\Delta\beta = 10 \log(16 \times 10^4) = 10 \log 16 + 10 \log 10^4$$

$$\rightarrow \Delta\beta = 12 + 40 = 52 (dB)$$

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} - 10 \log \frac{I_1}{I_0} \Rightarrow \text{تغییر تراز } \beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$\rightarrow \Delta\beta = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \xrightarrow{\Delta\beta=10} 10 = 10 \log \frac{4t+3}{3}$$

$$\rightarrow \log \frac{4t+3}{3} = 1 \rightarrow \frac{4t+3}{3} = 10 \rightarrow 4t = 27 \rightarrow t = \frac{27}{4} (s)$$

(الف ۲۱۱)

$$\text{تراز صوت } \beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \xrightarrow{I=2^2=4W/m^2} \beta = 10 \log \frac{4}{10^{-12}}$$

$$\rightarrow \beta = 10 \log(4 \times 10^{12}) = 10[\log 4 + \log 10^{12}]$$

$$= 10[2 \log 2 + 12] = 10[2 \times 0.3 + 12] = 126 dB$$

(ب)

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \xrightarrow{\beta=226} \log \frac{I}{I_0} = 22.6 = 22 + 2 \times 0.3$$

$$= \log 10^{22} + 2 \log 2 = \log(4 \times 10^{22})$$

$$\rightarrow \frac{I}{I_0} = 4 \times 10^{22} \times I = 4 \times 10^{+10} W/m^2 \rightarrow I^t = 4 \times 10^{+10}$$

$$\rightarrow \log I^t = \log(4 \times 10^{+10}) \rightarrow t \log 2 = \log 4 + 10$$

$$\rightarrow t = \frac{2 \log 2 + 10}{\log 2} = \frac{10.6}{0.3} = \frac{106}{3} s$$



$$\log 2 = 0.3 \Rightarrow 10^{0.3} = 2$$

$$\beta_r - \beta_i = 10 \log\left(\frac{I_r}{I_i}\right) \Rightarrow 12 = 10 \log\frac{I_r}{I_i} \Rightarrow \log\frac{I_r}{I_i} = 1.2 \Rightarrow \frac{I_r}{I_i} = 10^{1.2} = (10^{0.3})^4 = 2^4 = 16$$

۲۱۳) خیر، بلندی علاوه بر شدت به بسامد صوت نیز بستگی دارد. یعنی دو صوت با شدت یکسان و بسامدهای متفاوت، با بلندیهای متفاوتی حس می‌شوند.

۲۱۴)

الف)

طرح معادل دیگری است (به جز روش استفاده از جبهه‌های موج) برای نشان دادن رفتار موج استفاده از نمودار پرتویی است. یک پرتو، پیکان مستقیمی عمود بر جبهه‌های موج است که جهت انتشار موج را نشان می‌دهد.

ب)

بنابه این قانون برای هر وضعیت مانع، و همه انواع موج، مانند امواج دایره‌ای یا کروی، همواره زاویه بازتابش (θ_r) با زاویه تابش (θ_i) برابر است $\theta_i = \theta_r$ که به آن قانون بازتاب عمومی گفته می‌شود.

پ)

در حالت‌های دو یا سه بعدی با عبور موج از یک مرز و ورود آن به محیط دیگر، تندی موج تغییر می‌کند و ممکن است جهت انتشار موج نیز تغییر کند. در این صورت اصطلاحاً می‌گوییم «شکست» یافته است.

۲۱۵)

الف)

نادرست زیرا اگر امواج تخت به یک سطح خمیده برخورد کنند، دیرگ به صورت تخت بازتاب نمی‌شوند. مثلاً اگر یک موج صوتی تخت به یک سطح کاو بتابد، پس از بازتابش در یک نقطه جمع می‌شود و دیگر موج تخت نیست. بنابراین نادرست است.

ب)

درست

پ)

درست

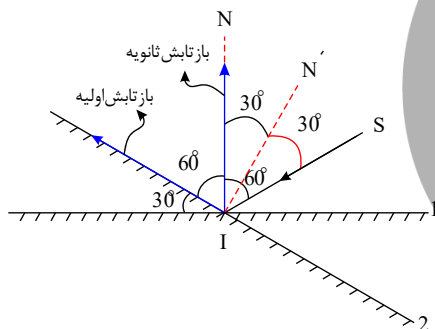
ت)

نادرست - در سطوح خمیده می‌توان نشان داد، خط عمود بر سطح و پرتوهای تابش، زاویه‌های متفاوتی می‌سازند و در نتیجه، زاویه‌های تابش در نقاط مختلف می‌تواند متفاوت باشد.

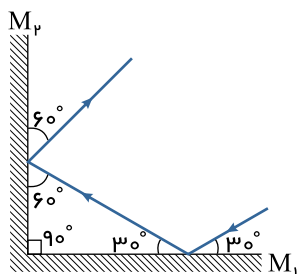
۲۱۶) پژواک صدا، تولید صدا در آلات موسیقی، دیدن ماه و گرم شدن مواد غذایی در اجاق‌های خورشیدی از کاربردهای بازتاب موج است.

۲۱۷)

وقتی آینه 30° بچرخد راستای خط عمود بر آن نیز (یعنی N') 30° می‌چرخد، بنابراین زاویه تابش نسبت به راستای عمود جدید 30° و زاویه بازتاب هم 30° است. پس پرتو بازتاب جدید بر راستای خط عمود اول (یعنی N) باز می‌گردد که با راستای بازتاب اول زاویه 60° دارد.



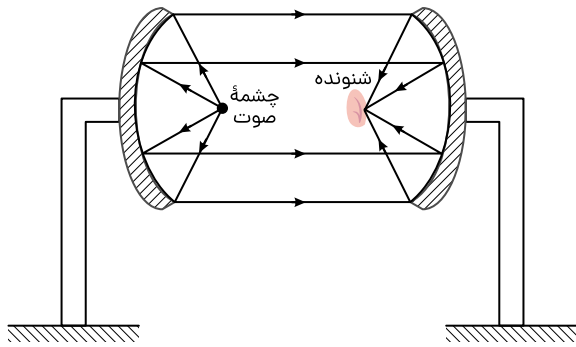
۲۱۸)



۲۱۹)

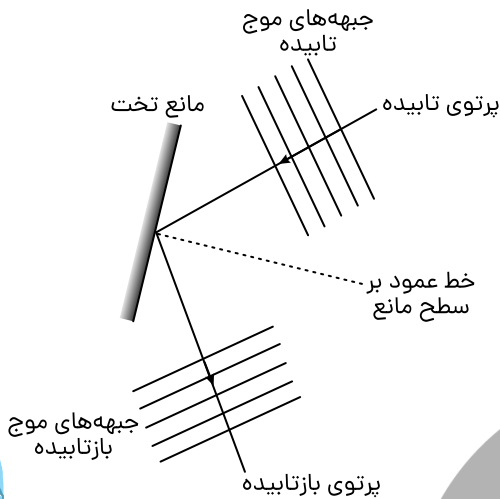
میکروفون سهموی، دارای یک منعکس‌کننده با سطح کاو است، که برای تجمع و متمرکز کردن امواج صوتی بر روی گیرنده که در کانون سطح کاو قرار دارد استفاده می‌شود. این میکروفون که می‌تواند صدا را از چند متر دورتر دریافت کند، برای کارهایی از جمله ضبط صدای طبیعت، یا صداهای ضعیف، استراق سمع و حتی جاسوسی کاربرد دارد. دستگاه لیتوتریپسی سنگ‌شکنی به کمک امواج است که نیازی به جراحی ندارد. در این روش امواج پرقدرت از بدن عبور داده می‌شود تا سنگ‌ها را خرد کرده تا به قطعات کوچکی به اندازه دانه‌های شن شکسته شوند. این امواج با انرژی بالا به وسیله بازتابنده‌های بیضوی در کانون متمرکز می‌شوند و باعث خرد شدن سنگ‌ها می‌شوند.

۲۲۰)



امواج صوتی مانند هر نوع موج دیگر می‌توانند از سطوح خمیده بازتابیده شوند. به همین خاطر آنچه که در علوم هشتم در مورد آینه‌های کاو و نور خوانده‌اید، در مورد این سطوح و صوت هم رخ می‌دهد. وقتی چشمه در کانون سطح خمیده قرار می‌گیرد، پرتوها از این سطح به صورت موازی بازتاب می‌شوند. چون این پرتوها موازی هستند، وقتی به سطح مقابل می‌رسند، طوری بازتاب می‌شوند که در کانون سطح خمیده جمع شوند.

۲۲۱



الف) طبق فرمول نسبت سرعت‌ها در دو محیط داریم:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 60^\circ} \rightarrow \frac{v_2}{1.5 \times 10^8} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} \rightarrow v_2 = 0.5\sqrt{3} \times 10^8 \text{ m/s}$$

ب) اگر مجدداً از فرمول نسبت سرعت‌ها برای دو محیط ۲ و ۳ استفاده کنیم، خواهیم داشت:

$$\frac{v_3}{v_2} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{2} \rightarrow v_3 = 0.5\sqrt{6} \times 10^8 \text{ m/s}$$

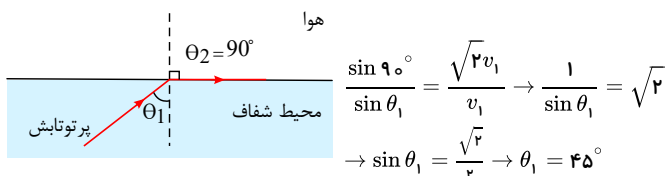
و از رابطه $v = \frac{c}{n}$ خواهیم داشت:

$$n_3 = \frac{c}{v_3} = \frac{3 \times 10^8}{0.5\sqrt{6} \times 10^8} = \sqrt{6}$$

۲۲۳) مطابق شکل در صورت اینکه پرتو شکست مماس بر سطح خارج شود $\theta_2 = 90^\circ$

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} \rightarrow \frac{\sin 90^\circ}{\sin \theta_1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \rightarrow \sin \theta_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} \rightarrow \theta_1 = 45^\circ$$

اگر $\theta_2 = 90^\circ$ و $v_2 = \sqrt{2}v_1$



بنابراین پرتو شکست به اندازه $90^\circ - 45^\circ = 45^\circ$ $\theta_2 - \theta_1$ منحرف می‌شود.

۲۲۴

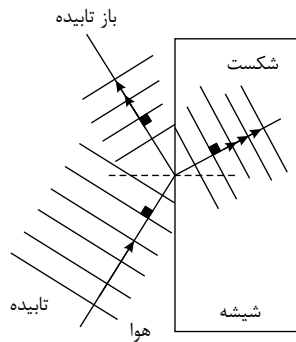
الف)

بسماد موج تابیده، بازتابیده و شکست‌یافته با هم برابر است. (چون فقط به چشمه بستگی دارد). - موج تابیده و بازتابیده چون هر دو در یک محیط هستند؛ با هم برابر است - سرعت موج شکست‌یافته در شیشه $v = \frac{c}{n}$ برای امواج مرئی نیز به دلیل افزایش ضریب شکست کاهش می‌یابد. طول موج نیز:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda = \frac{v}{f} \\ v = \frac{c}{n} \end{array} \right. \rightarrow \begin{array}{l} \lambda_{\text{شیشه}} < \lambda_{\text{هوا}} \\ \lambda_{\text{بازتابیده}} = \lambda_{\text{تابیده شده}} \\ \lambda_{\text{شکست‌یافته}} = \lambda_{\text{بازتابیده}} = \lambda_{\text{تابیده}} \end{array}$$

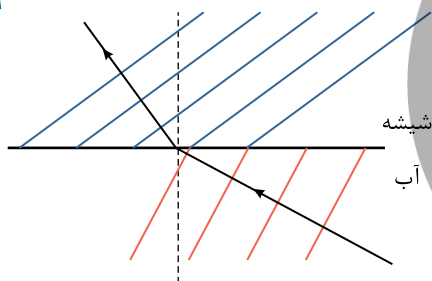
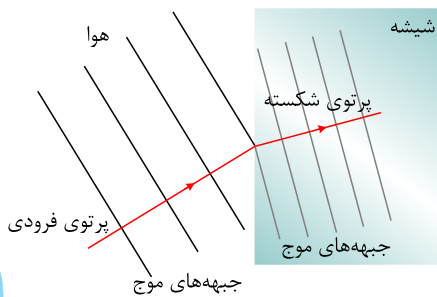
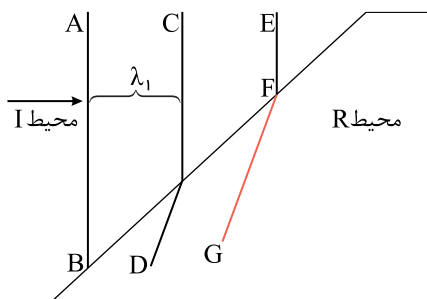
**ب**

اگر جبهه موج تابیده شده مانند آنچه در کتاب درسی آمده تخت باشد (که البته جای تردید است!) داریم:

**۲۲۵**

(۱) برابر هستند.

(۲)

**۲۲۶****۲۲۷****الف**

ب چون بسامد موج در عبور از محیط‌ها تغییر نمی‌کند، تندی موج با طول موج آن رابطه مستقیم دارد. از طرفی می‌دانیم که فاصله دو جبهه موج متوالی برابر طول موج است؛ بنابراین در محیط I که فاصله جبهه‌های موج بیشتر است، تندی موج نیز بیشتر است.

پ بله. با توجه به رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ و ثابت بودن f ، داریم:

$$\frac{\lambda_I}{\lambda_R} = \frac{v_I}{v_R}$$

با توجه به اینکه طول موج در هر محیط برابر با فاصله دو جبهه موج متوالی است، با اندازه‌گیری فاصله جبهه‌های موج در هر دو محیط، می‌توان نسبت تندی دو محیط را به دست آورد.

۲۲۸ جرم واحد طول



(μ) طناب نازک، کوچکتر از طناب ضخیم است پس طبق رابطه $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ تندی موج عبوری از قسمت نازک بیشتر از تندی موج ورودی از قسمت ضخیم است.

بسامد موج عبوری و ورودی برابرند. ($f_{\text{نازک}} = f_{\text{ضخیم}}$)

طبق رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ ، چون $v_{\text{نازک}} > v_{\text{ضخیم}}$ است، طول موج در طناب نازک بزرگتر از طول موج در طناب ضخیم است، یعنی: $\lambda_{\text{نازک}} > \lambda_{\text{ضخیم}}$

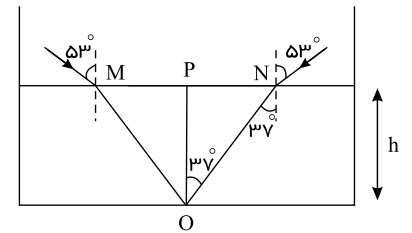
۲۲۹) بسامد موج ثابت می‌ماند، از طرفی فاصله دو برآمدگی متوالی همان طول موج است. پس داریم:

$$f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow \frac{v_{\text{عمیق}}}{\lambda_{\text{عمیق}}} = \frac{v_{\text{کم عمیق}}}{\lambda_{\text{کم عمیق}}} \Rightarrow \frac{v_{\text{عمیق}}}{\lambda_{\text{عمیق}}} = \frac{0.4v_{\text{عمیق}}}{\lambda_{\text{کم عمیق}}} \Rightarrow \lambda_{\text{کم عمیق}} = 0.4\lambda_{\text{عمیق}} = 0.4 \times 10 = 4 \text{ cm}$$

۲۳۰) طبق قانون اسنل داریم:

$$\sin 53^\circ = n \sin r \rightarrow 0.8 = \frac{4}{3} \sin r \rightarrow \sin r = 0.6 \rightarrow r = 37^\circ$$

$$MN = 2PN = 2h \tan 37^\circ \xrightarrow{MN=15 \text{ cm}} 15 = \frac{3}{2}h \rightarrow h = 10 \text{ cm}$$



۲۳۱) از قانون اسنل برای شکست نور داریم:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \xrightarrow{n_1 = \sqrt{2}, n_2 = 1} \sqrt{2} \sin \theta_1 = 2 \sin \theta_2 \cos \theta_1$$

$$\rightarrow \cos \theta_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} \rightarrow \theta_1 = 45^\circ \text{ زاویه تابش}$$

$$\rightarrow \theta_2 = 2\theta_1 \rightarrow \theta_2 = 90^\circ \text{ زاویه شکست}$$

۲۳۲

الف

می‌دانیم با افزایش دمای هوا ضریب شکست هوا کاهش می‌یابد، یعنی $n_p < n_1$.

از طرفی در مرز دو محیط (۱) و محیط (۲) پرتو شکسته که وارد محیط (۲) شده به خط عمود نزدیکتر شده؛ بنابراین: $n_p > n_1$ در نتیجه: $n_p > n_1 > n_2$

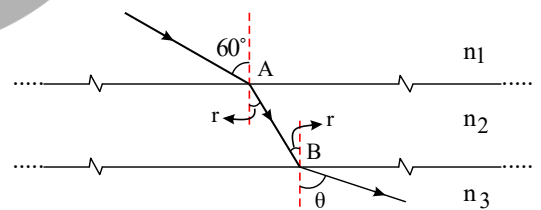
ب) طبق رابطه $v = \frac{c}{n}$ ، سرعت با ضریب شکست رابطه عکس دارد؛ بنابراین: $v \propto \frac{1}{n}$ ، یعنی: $v_p < v_1 < v_2$

پ

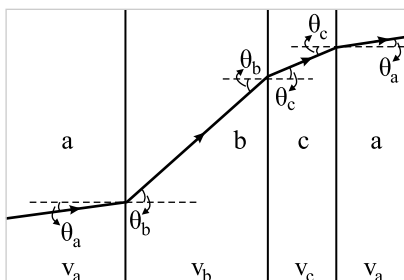
$$A : n_1 \sin 60^\circ = n_p \sin r \Rightarrow n_1 \sin 60^\circ = n_p \sin \theta$$

$$B : n_p \sin r = n_p \sin \theta$$

$$n_p < n_1 \rightarrow \sin \theta > \sin 60^\circ \Rightarrow \theta > 60^\circ$$



۲۳۳) شکل را مجدداً رسم کرده و زاویه‌های تابش و شکست را نامگذاری می‌کنیم.



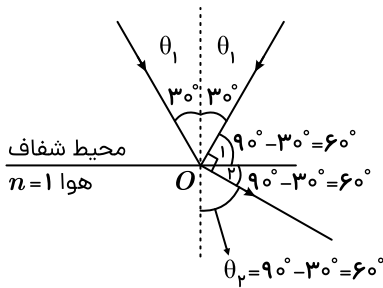
طبق قانون شکست عمومی ($\frac{\sin \theta_r}{\sin \theta_i} = \frac{v_r}{v_i}$)، زاویه در هر محیطی که بزرگتر باشد، تندی موج در آن محیط بیشتر است، یعنی:

$$\theta_b > \theta_c > \theta_a \Rightarrow v_b > v_c > v_a$$

۲۳۴) شکل کامل مسیر پرتو شکست و پرتویی که از سطح جداکننده دو محیط باز می‌تابد را رسم می‌کنیم.



دقت کنید که طبق گفته مسئله پرتو شکست و پرتو بازتاب باید بر هم عمود باشند و چون نور از محیطی با تندی انتشار نور کمتر به محیطی با تندی انتشار نور بیشتر (هوا) می‌تابد، پرتو شکست از خط عمود دور می‌شود؛ زاویه بازتاب برابر با زاویه تابش و مساوی 30° است. از طرفی داریم:



$$\hat{O}_1 + \hat{\theta}_1 = 90^\circ \Rightarrow \hat{O}_1 = 60^\circ$$

و چون پرتو شکست و بازتاب بر هم عمودند:

$$\hat{O}_1 + \hat{O}_p = 90^\circ \Rightarrow 60^\circ + \hat{O}_p = 90^\circ \Rightarrow \hat{O}_p = 30^\circ$$

زاویه $\hat{O}_p$ و زاویه شکست (θ_p) متمم هستند؛ یعنی:

$$\hat{\theta}_p + \hat{O}_p = 90^\circ \Rightarrow \hat{\theta}_p + 30^\circ = 90^\circ \Rightarrow \hat{\theta}_p = 60^\circ$$

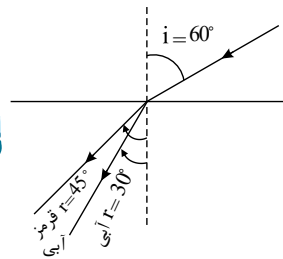
حالا قانون اسنل را می‌نویسیم:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_p \sin \theta_p \Rightarrow n_1 \times \sin 30^\circ = 1 \times \sin 60^\circ \Rightarrow n_1 \times \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow n_1 = \sqrt{3}$$

۲۳۵ طبق قانون اسنل، هنگامی که نور از محیط غلیظ‌تر به محیط رقیق‌تر وارد می‌شود، از خط عمود دور می‌شود. همچنین نور آبی بیشتر از نور قرمز می‌شکند؛ بنابراین شکل (ت) صحیح است.

۲۳۶

با توجه به رابطه $\sin i \times n_1 = \sin r \times n_p$ تعداد زاویه شکست هر دو نور را پیدا می‌کنیم.



$$\sin 60^\circ \times 1 = \sin r \times \sqrt{\frac{3}{2}} \Rightarrow \text{قرمز}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = \sin r \times \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \Rightarrow r_{\text{قرمز}} = 45^\circ$$

$$\sin 30^\circ \times 1 = \sin r \times \sqrt{\frac{3}{2}} \Rightarrow \text{آبی}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \times 1 = \sin r \times \sqrt{\frac{3}{2}} \rightarrow r_{\text{آبی}} = 30^\circ$$

$$15^\circ = 45^\circ - 30^\circ = \text{زاویه پرتو شکست قرمز و آبی}$$

۲۳۷ الف) مورد اول: وقتی موج در عبور از یک شکاف با پهنایی از مرتبه طول موج (یا یک روزنه) به اطراف گسترده می‌شود.

مورد دوم: وقتی موج از لبه‌های مانعی که ابعاد آن در حدود طول موج باشد نیز رخ می‌دهد.

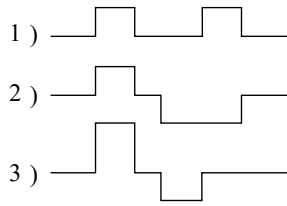
ب) پراش برای همه انواع موج قابل انجام دادن است.

پ) می‌دانیم که اگر لبه‌های مانعی که ابعاد آن در حدود طول موج باشد، در موج قرار گیرد پدیده پراش بهتر صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر اگر ابعاد مانع تغییر نکنند، هرچه λ کمتر باشد، ابعاد مانع در مقایسه با λ ، بزرگتر شده و پدیده پراش تضعیف و شاید به صفر میل نماید. بنابراین با افزایش فرکانس طبق رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ (و ثابت ماندن تندی انتشار موج که فقط به محیط انتشار بستگی دارد) λ کاهش یافته (و گویی λ ثابت و ابعاد مانع زیاد شده) و پدیده پراش تضعیف شده و اگر روند افزایش فرکانس ادامه‌دار باشد ابتدا شخص A و سپس شخص B سیگنالی دریافت نخواهد نمود.

۲۳۸ از آنجا که تپ ۲ مربع بالای تپ ۱ و تپ ۳ مربع پایینی را به‌طور کامل ویران می‌کند، پس نتیجه برهم نهی یک طناب بدون تپ است.

4) _____

۲۳۹ شکل ۳ پاسخ مسئله است.



۲۴۰ از رابطه سرعت موج در سیم داریم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \xrightarrow{\mu = \frac{m}{L}} v = \sqrt{\frac{FL}{m}}$$

بنابراین $v_1 = \sqrt{\frac{FL_1}{m}}$ و $v_2 = \sqrt{\frac{FL_2}{m}}$ از آنجا خواهیم داشت:

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = \sqrt{16} = 4$$

سیم چهارم قبل از کشیده شدن سیم : $n = 4 \rightarrow f_1 = 4 \frac{v_1}{2L_1} = 2 \frac{v_1}{L_1}$

سیم اصلی بعد از کشیده شدن سیم : $f_2 = \frac{v_2}{2L_2}$

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{\frac{2v_1}{L_1}}{\frac{v_2}{2L_2}} = \frac{4L_2}{L_1} \times \frac{v_1}{v_2} = 4 \times 16 \times \frac{1}{4} = 16 \xrightarrow{f_2 = 400} f_1 = 6400 \text{ Hz}$$

۲۴۱ الف چون جرم ثابت است داریم:

$$m_1 = m_2 \rightarrow \rho V_1 = \rho V_2 \xrightarrow{V=AL} A_1 L_1 = A_2 L_2 \rightarrow \frac{A_2}{A_1} = \frac{L_1}{L_2} = \frac{1}{9}$$

ب) برای رابطه تندی موج بر سیم با جرم سیم (m) نیروی کشش (f) و طول سیم (L) داریم:

$$v = \sqrt{\frac{FL}{m}}$$

بنابراین نسبت بسامد هماهنگ دوم بعد از کشیده شدن به بسامد هماهنگ سوم (سه شکم) قبل از کشیده شدن را از رابطه $f = n \frac{v}{2L}$ برای بسامد سیم مرتعش به صورت زیر محاسبه می‌نماییم:

$$\begin{aligned} \frac{f_2}{f_1} &= \frac{\frac{2v_2}{2L_2}}{\frac{3v_1}{2L_1}} = \frac{2}{3} \times \frac{L_1}{L_2} \times \frac{v_2}{v_1} = \frac{2}{3} \times \frac{L_1}{L_2} \times \frac{\sqrt{\frac{FL_2}{m}}}{\sqrt{\frac{FL_1}{m}}} \\ \frac{f_2}{f_1} &= \frac{2}{3} \times \frac{L_1}{L_2} \times \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = \frac{2}{3} \times \frac{1}{9} \times \sqrt{9} = \frac{2}{9} \\ f_1 &= 1500 \rightarrow f_2 = \frac{2}{9} \times 1500 = \frac{3000}{9} = \frac{1000}{3} \text{ Hz} \end{aligned}$$

۲۴۲ الف فاصله یک گره و یک شکم متوالی ربع طول موج است، بنابراین:

$$\frac{\lambda}{4} = 20 \text{ cm} \rightarrow \lambda = 80 \text{ cm}$$

ب) با توجه به رابطه $L = n \frac{\lambda}{2}$ که n عدد هماهنگ است می‌توان نوشت:

$$L = 80 \text{ cm} \rightarrow 80 = n \frac{80}{2} \rightarrow n = 2$$

پ) بسامد هماهنگ پنجم برابر است با:

$$f_n = n \frac{v}{2L} \xrightarrow{n=5, v=340 \text{ m/s}, L=0.8 \text{ m}} f_5 = 5 \times \frac{340}{0.8} = 2125 \text{ Hz}$$

۲۴۳ الف فاصله گره و شکم متوالی ربع طول موج است پس داریم:

$$\frac{\lambda}{4} = 15 \text{ cm} \rightarrow \lambda = 60 \text{ cm}$$

از طرفی رابطه طول طناب با طول موج به صورت زیر است:

$$L = n \frac{\lambda}{2} \quad (n = \text{یکی کمتر از عدد هماهنگ}) \rightarrow 120 = n \frac{60}{2} \rightarrow n = 4 \rightarrow n + 1 = 5 = \text{تعداد گره}$$

ب) بسامد هماهنگ سوم از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$f_n = n \frac{v}{2L} \xrightarrow{n=3, v=?, L=120 \text{ cm}=1.2 \text{ m}} f_3 = 3 \frac{1200}{2 \times 1.2} = 1500 \text{ Hz}$$

۲۴۴ الف رابطه طول موج با طول طناب:



$$L = n \frac{\lambda}{2}$$

چون n یکی کمتر از تعداد گره است بنابراین $2 = 3 - 1$; بنابراین داریم:

$$L = 2 \frac{\lambda}{2} = \lambda \xrightarrow{L=3m} \lambda = 3m$$

(ب) بسامد از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$f_n = n \frac{v}{2L} \xrightarrow{n=2} f_n = \frac{500}{3} = \frac{500}{3} \text{ Hz}$$

۲۴۵

الف

پدیده تشدید بین تار ویولن و صوت منتشره از بلندگو (هم‌بسامد شدن آن‌ها).

ب

دو بسامد 720 Hz و 1320 Hz تنها بسامدهای بین $1400 - 600 \text{ Hz}$ هستند، بنابراین این دو بسامد قطعاً دو بسامد متوالی تار مرتعش محسوب می‌شوند. می‌دانیم بسامد صوت n ام در تار مرتعش از رابطه $f_n = n f_1 = n \frac{v}{2L}$ (تار مرتعش دو انتها بسته) محاسبه می‌شود.

بنابراین خواهیم داشت:

$$\begin{cases} f_{(n+1)} = (n+1)f_1 = 1320 \text{ Hz} \\ f_n = n f_1 = 720 \text{ Hz} \end{cases} \Rightarrow f_{(n+1)} - f_n = (n+1)f_1 - n f_1 = f_1 = 1320 - 720 \rightarrow \boxed{f_1 = 600 \text{ Hz}}$$

پ

$$f_1 = \frac{v}{2L} \rightarrow 600 = \frac{v}{2(\frac{1}{10})} \rightarrow \boxed{v = 120 \text{ m/s}}$$

$$\begin{cases} v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \rightarrow v^2 = \frac{F}{\mu} \rightarrow F = \mu v^2 = 0.0012 \times 120^2 \rightarrow \boxed{F \approx 17.3 \text{ N}} \\ \mu = 1.2 \text{ g/m} = 0.0012 \text{ kg/m} \end{cases}$$

۲۴۶ زیرا زمانی که گیتار نواخته می‌شود گرم می‌شود و افزایش طول پیدا می‌کند که باعث کاهش نیروی کشش و در نتیجه کاهش بسامدهای تولیدی می‌شود. بنابراین قبل از آمدن روی صحنه نمایش آنقدر می‌نوازند تا سیم‌ها گرم شوند و کشش سیم‌ها را تنظیم کنند تا روی سن کوک بماند.

۲۴۷

الف درست

ب نادرست - دو گره و یک شکم دارد.

پ درست

ت نادرست - در این لوله‌ها تعداد شکم‌ها یک واحد بیشتر است.

۲۴۸ به علت تشدید در این صدف مانند تشدیدگر هلمهولتز، هرگاه بسامد یک صوت با یکی از بسامدهای تشدیدی صدف برابر شود، صدای قوی‌تری در صدف ایجاد می‌شود و صدف مانند یک بلندگو عمل می‌کند.

۲۴۹ لیوان مانند لوله صوتی یک انتها باز است که در هنگام ریختن آب، طول لوله کاهش می‌یابد. با کاهش طول لوله، طول موج‌های تشدیدی کوتاه‌تر و بسامد ایجادشده افزایش می‌یابد؛ در نتیجه صدای زیرتر و زیرتری می‌شنویم.

۲۵۰ هریک از بطری‌ها مانند یک لوله صوتی با یک انتهای باز هستند که اگر بسامد صوت حاصل از دمیدن آنها با بسامدهای تشدیدی آنها یکسان باشد در آنها تشدید رخ می‌دهد؛ بنابراین چون سطوح مایع در بطری‌های شکل متفاوت است تشدیدهای مختلفی رخ می‌دهد. همچنین با تغییر دمیدن هم می‌توانیم بسامدهای متفاوتی ایجاد کنیم.

۲۵۱ تعداد فوتون‌ها - تعداد فوتوالکترون‌ها

۲۵۲

بیشینه طول موجی که بتواند الکترون‌ها را از سطح فلز جدا کند، همان طول موج آستانه است. یعنی:

$$\lambda_0 = \lambda_{max}$$

$$W_0 = 4 \text{ eV} \rightarrow h \frac{c}{\lambda_{max}} = W_0 \rightarrow \lambda_{max} = \frac{hc}{W_0} \rightarrow \lambda_{max} = \frac{4 \times 10^{-15} (\cancel{\text{eV}} \cdot \text{s}) \times 3 \times 10^8 (\text{m/s})}{4 (\cancel{\text{eV}})}$$

$$\rightarrow \lambda_{max} = 3 \times 10^{-7} (\text{m}) \rightarrow \lambda_{max} = 300 \text{ nm}$$

$$K_{max} = h \underbrace{f}_{\frac{c}{\lambda}} - W_0 \rightarrow 4 \text{ eV} = \frac{(4 \times 10^{-15}) \times (3 \times 10^8)}{\lambda} - 4 \text{ eV}$$

$$\rightarrow \lambda = \frac{12 \times 10^{-7}}{12} \rightarrow \lambda = 10^{-7} \text{ m} = 100 \text{ nm}$$

۲۵۳

ابتدا با استفاده از معادله فوتوالکتریک، تابع کار و پس از آن بسامد آستانه را محاسبه می‌کنیم.

$$\lambda = 420 \text{ nm}, K_{max} = 0.50 \text{ eV}, K_{max} = hf - W_0 \xrightarrow{f = \frac{c}{\lambda}} K_{max} = \frac{hc}{\lambda} - W_0$$



$$\phi_0 = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{220 \text{ nm}} - W_0 \quad W_0 = 2,45 \text{ eV}$$

$$f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{2,45 \text{ eV}}{4,14 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}} \rightarrow f_0 = 0,59 \times 10^{15} \left(\frac{1}{\text{s}}\right) \rightarrow f_0 = 5,9 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,00 \times 10^8 \text{ m/s}}{240 \times 10^{-9} \text{ m}} = 1,25 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

$$f_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{2,45 \text{ eV}}{4,14 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}} = 5,9 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

چون بسامد نور فرودی بیشتر از بسامد آستانه است ($f > f_0$) برهم‌کنش فوتون‌های نور فرودی با الکترون‌های سطح تنگستن، سبب جدا شدن و فوتوالکترون‌هایی از سطح آن می‌شود.

(ب) ابتدا بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های گسیل‌شده را از رابطه زیر می‌یابیم:

$$K_{\max} = hf - W_0 = \frac{hc}{\lambda} - W_0$$

$$\Rightarrow K_{\max} = \frac{1,24 \times 10^3 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{240 \text{ nm}} - 2,45 \text{ eV}$$

$$\rightarrow K_{\max} = 0,646 \text{ eV} = 1,035 \times 10^{-19} \text{ J}$$

برای تعیین بیشینه تندی فوتوالکترون‌های جدا شده، باید یکای انرژی جنبشی برحسب ژول باشد، بنابراین داریم:

$$K_{\max} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 \rightarrow v_{\max} = \sqrt{\frac{2K_{\max}}{m}} \rightarrow v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \times 1,035 \times 10^{-19}}{9,11 \times 10^{-31} \times 1,6 \times 10^{-19}}} \rightarrow v_{\max} = 4,75 \times 10^5 \text{ m/s}$$

۲۵۴

۲۵۵

الف درست

ب درست

پ نادرست؛ طبق نظر اینشتین در توضیح اثر فوتوالکتریک نور از بسته‌های انرژی (فوتون) تشکیل شده است.

ت نادرست؛ طبق رابطه $W_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$ ، طول موج آستانه فوتوالکترون‌ها با تابع کار فلز نسبت وارون دارد.

ث درست

۲۵۶

الف خیر، در آزمایش فوتوالکتریک اگر بسامد نور فرودی از بسامد آستانه، کمتر باشد، الکترون از سطح فلز جدا نمی‌شود و گالوانومتر جریانی را آشکار نمی‌کند.

ب خیر، اگر بسامد نور فرودی از بسامد آستانه فوتوالکترون‌ها کمتر باشد، با افزایش شدت نور فرودی نیز گالوانومتر عبور جریانی را نشان می‌دهد.

۲۵۷

الف فرابنفش

ب ثابت پلانک (h)

پ در هر دهایی

ت پیوسته

ث کوتاه‌تر

۲۵۸

الف کاتوره‌ای

ب خط‌های تاریکی

پ نمی‌تواند

ت الکترون

ث متفاوت

۲۵۹

می‌دانیم هر چه الکترون به ترازهای انرژی پایین‌تر سقوط کند، انرژی و در نتیجه بسامد فوتون تابش‌شده بیشتر خواهد بود، بنابراین از: $n = 3$ به $n = 1$ بیشترین بسامد و از $n = 3$ به $n = 2$ کمترین بسامد را فوتون تابشی خواهد داشت.

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda} \rightarrow f \propto \frac{1}{\lambda} \rightarrow \frac{f_{\max}}{f_{\min}} = \frac{\frac{1}{\lambda_{\min}}}{\frac{1}{\lambda_{\max}}}$$



$$\rightarrow \frac{f_{max}}{f_{min}} = \frac{R(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2})}{R(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2})} = \frac{\frac{8}{9}}{\frac{5}{36}} = \frac{8}{9} \times \frac{36}{5} = \frac{32}{5} = 6,4$$

توجه: می‌دانیم الکترونی که در مدار $n = 3$ است با گذار به ترازهای انرژی پایین‌تر، تابش می‌کند و هر چه به لایه‌های پایین گذار انجام پذیرد، انرژی و در نتیجه بسامد فوتون تابشی بیشتر است. پس:

$$if: n_1 = 3 \rightarrow n_2 = 1 \Rightarrow E = E_{max} \text{ و } f = f_{max} \text{ و } \lambda = \lambda_{min}$$

$$if: n_1 = 3 \rightarrow n_2 = 2 \Rightarrow E = E_{min} \text{ و } f = f_{min} \text{ و } \lambda = \lambda_{max}$$

۲۶۰ لیمان

۲۶۱ پفوند.

۲۶۲

الف

در رشته لیمان $n' = 1$ است؛ پس وقتی می‌خواهیم بلندترین طول موج این رشته را حساب کنیم، باید به جای n ، کوچک‌ترین عدد ممکن یعنی $n = 2$ را قرار دهیم.

$$\frac{1}{\lambda_{max}} = R_H \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) = (0,01(nm)^{-1}) \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{1,0 \cdot nm} = \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{4} \right) = \frac{1}{1,0 \cdot nm} \left(\frac{3}{4} \right) = \frac{3}{4,0 \cdot nm}$$

$$\Rightarrow \lambda_{max} = \frac{4,0}{3} nm = 1,33,3 nm$$

برای اینکه کوتاه‌ترین طول موج را حساب کنیم، باید $n = \infty$ را در رابطه قرار دهیم:

$$\frac{1}{\lambda_{min}} = R_H \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) = (0,01(nm)^{-1}) \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{min}} = (0,01(nm)^{-1})(1) \Rightarrow \lambda_{min} = 1,0 \cdot nm$$

گستره طول موجی برابر است با:

$$\lambda_{max} - \lambda_{min} = 1,33,3 nm - 1,0 \cdot nm = 33,3 nm$$

ب برای به‌دست آوردن گستره فرکانسی باید فرکانس مربوط به λ_{min} و λ_{max} را حساب کنیم. چون فرکانس با طول موج رابطه عکس دارد. فرکانس مربوط به λ_{min} بیشینه فرکانس (f_{max}) می‌شود:

$$f_{max} = \frac{c}{\lambda_{min}} = \frac{3 \times 10^8}{1,0 \times 10^{-9}} = 3 \times 10^{15} Hz$$

و فرکانس مربوط به λ_{max} کمینه فرکانس (f_{min}) می‌شود. مقدار $\lambda_{max} = \frac{4,0}{3} nm$ را در رابطه $f_{min} = \frac{c}{\lambda_{max}}$ قرار می‌دهیم. که کارمان آسان‌تر می‌شود:

$$f_{min} = \frac{c}{\lambda_{max}} = \frac{3 \times 10^8}{\frac{4,0}{3} \times 10^{-9}} = 2,25 \times 10^{15} Hz$$

پس گستره فرکانسی برابر:

$$f_{max} - f_{min} = 3 \times 10^{15} Hz - 2,25 \times 10^{15} Hz = 7,5 \times 10^{14} Hz$$

می‌شود.

۲۶۳ وقتی الکترون‌ها با بسامدهای معینی حول وضع تعادلشان نوسان می‌کند این نوسان سبب تابش امواج الکترومغناطیسی از اتم می‌شود. یکی از ناکامی‌های مدل تامسون این بود که بسامدهای تابش گسیل‌شده از اتم، که این مدل پیش‌بینی کرده بود، با نتایج تجربی سازگار نبود.

۲۶۴ رادفورد مشاهده کرد که تعداد بسیار زیادی از ذره‌ها بدون انحراف از صفحه‌های طلا عبور می‌کنند و از این موضوع فهمید که قسمت زیادی از فضای داخلی اتم خالی است. از طرفی او مشاهده کرده که تعداد کمی از ذرات انحراف بسیار زیادی دارند و یا به عقب برمی‌گردند. او از این موضوع فهمید که این ذره‌ها باید با هسته‌ای چگال و با بار مثبت در مرکز اتم برخورد کرده باشند.

۲۶۵ با استفاده از رابطه انرژی الکترون و مدارهای الکترون در اتم هیدروژن داریم:

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \Rightarrow -\frac{13,6}{n^2} \Rightarrow n = 2$$

$$r_n = a_0 n^2 \Rightarrow r_2 = 0,5 \times 2^2 \Rightarrow r_2 = 2A \text{ (انگستروم)}$$

۲۶۶

ابتدا انرژی فوتون گسیل‌شده را محاسبه می‌کنیم:

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{4,136 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{660 \times 10^{-9}} = 1,88 eV$$

حال باید اختلاف انرژی لایه‌های مختلف را با انرژی فوتون مقایسه کنیم. چون اختلاف انرژی لایه‌های $n = 3$ و $n = 2$ برابر $1,88 eV$ است، پس الکترون از لایه سوم به دوم رفته است:

$$E = E_3 - E_2 = -1,51 - (-3,39) = 1,88 eV$$

۲۶۷ روش اول: استفاده از رابطه ریدبرگ - بالمر

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right)$$



$$\frac{1}{\lambda} = 0.0109 (nm)^{-1} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{5}{36} \times 0.0109 (nm)^{-1} = \frac{5}{36 (nm)} \times 0.0109 \rightarrow \lambda \cong 660 nm$$

روش دوم: در این روش کافی است ابتدا به کمک رابطه بور انرژی فوتون گسیل شده را بیابیم. پس به کمک رابطه $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ مقدار λ را محاسبه کنیم:

$$E = E_U - E_L = \left(-\frac{13.6 eV}{3^2} \right) - \left(-\frac{13.6 eV}{2^2} \right)$$

$$\rightarrow E = \frac{5}{36} \times 13.6 eV \cong 1.88 eV$$

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{hc}{E} = \frac{1240 (eV \cdot nm)}{1.88 eV} \rightarrow \lambda \cong 660 nm$$

۲۶۸ (۱) هم در طیف گسیلی و هم در طیف جذبی اتم‌های گاز هر عنصر، طول موج‌های معینی وجود دارد که از مشخصه‌های آن عنصر است. یعنی طیف گسیلی و طیف جذبی هیچ دو گازی همانند یکدیگر نیست.

۲۶۹ (۲) اتم‌های هر گاز دقیقاً همان طول موج‌هایی را از نور سفید جذب می‌کنند که اگر دمای آنها به اندازه کافی بالا رود و یا به هر صورت دیگر برانگیخته شوند، آنها را تابش می‌کنند.

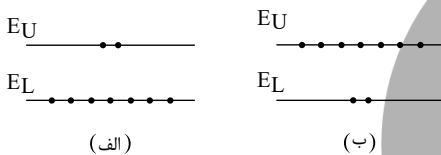
۲۶۹ (الف) در فرایند جذب فوتون، الکترون با دریافت یک فوتون از تراز انرژی پایین‌تر به تراز انرژی بالاتر گذار می‌کند. انرژی فوتون باید دقیقاً برابر با اختلاف انرژی دو تراز باشد.

(ب) الکترون با دریافت فوتون‌های با طول موج مشخص در فرایند جذب فوتون و گذار از تراز پایین‌تر به تراز بالاتر، خط‌های تاریکی در طیف جذبی ایجاد می‌کند.

(پ) در بسیاری از مواد با دریافت نور فرابنفش، الکترون‌ها برانگیخته می‌شوند و هنگام برگشت به حالت پایه، نور مرئی گسیل می‌کنند. در این نوع مواد، الکترون با دریافت فوتون فرابنفش به چند تراز انرژی بالاتر می‌رود و هنگام برگشت، با پرش‌های کوتاه‌تر، فوتون‌هایی با انرژی کمتر و طول موج بیشتر از خود گسیل می‌کند که معمولاً در محدوده نور مرئی هستند.

۲۷۰ (۲) در گسیل القایی هنگامی که توسط یک چشمه انرژی خارجی مناسب به الکترون‌ها انرژی می‌دهیم تا به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته شوند، اگر انرژی کافی به اتم‌ها داده شود، الکترون‌های بیشتری به تراز انرژی بالاتر برانگیخته خواهند شد به این حالت، وارونی جمعیت گویند. به عبارت دیگر:

وارونی جمعیت الکترونی در یک محیط لیزری، مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون‌ها در ترازهایی موسوم به «ترازهای شبه پایدار» نسبت به تراز پایین‌تر بسیار بیشتر باشد.



۲۷۱

الکترون در حالت عادی در تراز انرژی اول قرار دارد. بنابراین الکترون اکنون برانگیخته شده و برای گسیل القایی کافی است فوتونی به آن تابیده شود که الکترون را تحریک کند به تراز اول برود. بنابراین انرژی فوتونی که بتواند گسیل القایی را ایجاد کند برابر است با:

$$h_f = E' - E$$

۲۷۲ (الف) فوتون‌های گسیل شده از لیزر، هم‌بسامد (هم‌انرژی)، هم‌جهت و هم‌فازند. اما فوتون‌های گسیل شده از لامپ رشته‌ای، متنوع با بسامدها و انرژی‌های متفاوت هستند و هم‌بسامد، هم‌جهت و هم‌فاز نمی‌باشند. در چراغ قوه هم از لامپ رشته‌ای استفاده شده، اما به دلیل سطوح آینه‌ای داخل چراغ قوه، تا حدودی فوتون‌های خروجی هم‌جهت هستند. (یا بهتر است بگوییم هم‌جهت می‌شوند).

(ب) چون باریکه لیزر حامل انرژی زیاد و متمرکزی است که باعث آسیب دیدن سلول‌های بینایی می‌شود.

۲۷۳ (۲) در گسیل القایی یک چشمه انرژی خارجی مناسب باید وجود داشته باشد تا الکترون‌ها را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته کند. این انرژی به روش‌های متعددی از جمله درخش‌های شدید نور معمولی و یا تخلیه‌های ولتاژ بالا فراهم شود.

۲۷۴

الف) گسیل القایی

ب) دو فوتون

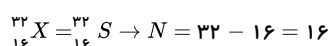
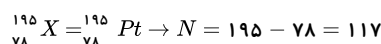
پ) وارونی جمعیت

ت) خودبه‌خودی

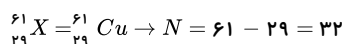
۲۷۵ نوترون‌ها

۲۷۶

الف) عنصر پلاتین (Pt)



(ب) عنصر گوگرد (S)



(پ) عنصر مس (Cu)



۲۷۷ در حالت کلی نمی‌توان ایزوتوپ‌های یک عنصر را به روش شیمیایی از هم جدا کرد. $^{12}_6Z$ و $^{13}_6X$ عدد اتمی یکسانی دارند و ایزوتوپ یک عنصر هستند، بنابراین نمی‌توان به روش شیمیایی آنها را از هم جدا کرد. ولی به روش شیمیایی می‌توان $^{13}_7Y$ را از $^{13}_6X$ و $^{12}_6Z$ جدا کرد.

۲۷۸

الف نادرست - حجم هسته $\frac{1}{10^{15}}$ برابر حجم اتم است. شعاع هسته تقریباً $\frac{1}{10^5}$ برابر شعاع اتم است.

ب درست

پ نادرست - «کربن - ۱۴» در طبیعت یافت نمی‌شود.

ت نادرست - پلوتونیم در طبیعت یافت نمی‌شود.

ث نادرست - هسته‌های سبک‌تر پایدارتر هستند.

۲۷۹ نیروی جاذبه‌ای که بین نوکلئون‌ها وجود دارد و مانع از فروپاشی هسته می‌شود.

۲۸۰

$$E = mc^2 = (1 \times 10^{-3}) \times (3 \times 10^8)^2 = 9 \times 10^{13} J$$

$$E = \Delta U_g = mgh \Rightarrow 9 \times 10^{13} = m \times 10 \times 100 \Rightarrow m = 9 \times 10^{11} kg$$

$$\xrightarrow{\div 1000} m = 9 \times 10^8 tan$$

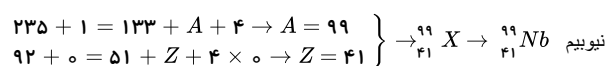
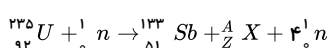
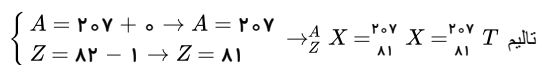
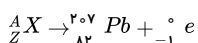
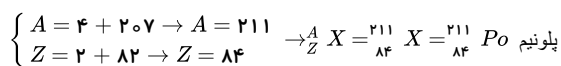
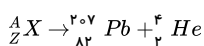
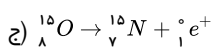
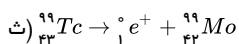
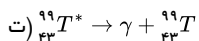
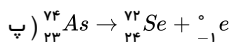
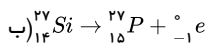
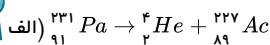
۲۸۱ الف $\alpha > \beta > \gamma$ (ب α پ γ ت β^- ث β)

۲۸۲ الف) واپاشی بتا (الکترون)

ب) عنصر جدید پروتکتیم است. $^{234}_{90}Th \rightarrow ^{234}_{91}Pa + ^0_{-1}e$

پ) $Z = 91$ و $N = 143 - 91 = 52$

۲۸۳



۲۸۴

۲۸۵

۲۸۶

الف درست است. پرتوهای آلفا کمترین نفوذ را دارند.



- ب نادرست - در فرایند شکافت $^{235}_{92}\text{U}$ ، ترکیب‌های مختلفی از هسته‌های کوچکتر همراه با تعداد متفاوتی بین ۲ تا ۵ نوترون به وجود می‌آید.
- پ نادرست - اورانیم 235 ، نوترون‌های کند را راحت‌تر جذب می‌کند. نوترون‌های تند با احتمال بیشتر جذب اورانیم - 238 می‌شوند.
- ت نادرست - اینجا هم جرم هسته تولیدشده کمتر از مجموع جرم هسته‌های اولیه است و در نتیجه مقدار زیادی انرژی آزاد می‌شود.

۲۸۷

الف

نادرست - واپاشی α در هسته‌های سنگین صورت می‌گیرد.

ب

نادرست - ذرات آلفا هسته اتم هلیم هستند (^4_2He) و از ذره‌های β که الکترون یا پوزیترون هستند، سنگین‌ترند.

پ

درست

ت

درست - این هسته‌های برانگیخته یا گسیل فوتون‌های پر انرژی گاما به حالت پایه برمی‌گردند.

۲۸۸ روش اول:

۳ دقیقه و ۲۰ ثانیه برابر است با ۲۰۰ ثانیه که معادل ۵ نیمه عمر ($200 \div 40 = 5$) است.

$$N_0 \xrightarrow{40 \text{ ثانیه}} \frac{N_0}{2} \xrightarrow{40 \text{ ثانیه}} \frac{N_0}{4} \xrightarrow{40 \text{ ثانیه}} \frac{N_0}{8} \xrightarrow{40 \text{ ثانیه}} \frac{N_0}{16} \xrightarrow{40 \text{ ثانیه}} \frac{N_0}{32}$$

۱ هسته‌های اولیه باقی می‌ماند و $\frac{31}{32}$ هسته‌های اولیه متلاشی می‌شود. این مقدار بر حسب درصد برابر است با:

$$\frac{N_0 - N}{N_0} = \frac{31}{32} \xrightarrow{\times 100} \frac{3100}{32} = \%96,875$$

روش دوم:

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{200}{40}} = \frac{1}{32} \Rightarrow \frac{N_0 - N}{N_0} = \frac{31}{32} \xrightarrow{\times 100} \%96,875$$

۲۸۹ روش اول:

$$N_0 = 24 \times 10^{14} \xrightarrow{\text{نیمه عمر 1}} 12 \times 10^{14} \xrightarrow{\text{نیمه عمر 1}} 6 \times 10^{14} \xrightarrow{\text{نیمه عمر 1}} 3 \times 10^{14}$$

۳ نیمه عمر طول می‌کشد.

روش دوم:

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow 3 \times 10^{14} = 24 \times 10^{14} \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow \frac{1}{8} = \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \left(\frac{1}{2}\right)^n \Rightarrow n = 3$$

۲۹۰ روش اول:

$\frac{7}{8}$ هسته‌ها واپاشی می‌شود و $\frac{1}{8}$ هسته‌ها باقی می‌ماند.

$$N_0 \xrightarrow{T} \frac{N_0}{2} \xrightarrow{T} \frac{N_0}{4} \xrightarrow{T} \frac{N_0}{8}$$

یعنی ۳ نیمه عمر سپری شده که برابر ۱۱۱ روز می‌باشد. یعنی هر نیمه عمر این ماده ۳۷ روز است.

روش دوم:

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_1}} \Rightarrow \frac{1}{8} N_0 = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_1}} \Rightarrow \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_1}} \Rightarrow \frac{111}{T_1} = 3 \Rightarrow T_1 = 37 \text{ روز}$$

۲۹۱ الف) با توجه به نمودار، مدت زمانی که طول می‌کشد، تا ۲ نیمه عمر طی شود ($250 \rightarrow 500 \rightarrow 1000$) برابر ۴ ساعت است. (۴ - ۰ = ۴) یعنی ۱ نیمه عمر برابر ۲ ساعت است.

(ب)

$$N_0 \xrightarrow{2 \text{ ساعت}} \frac{N_0}{2} \xrightarrow{2 \text{ ساعت}} \frac{N_0}{4} = 1000 \rightarrow \frac{N_0}{4} = 1000 \Rightarrow N_0 = 4000$$

(ج)

$$N_0 \xrightarrow{2 \text{ ساعت}} \frac{N_0}{2} \xrightarrow{2 \text{ ساعت}} \frac{N_0}{4} \xrightarrow{2 \text{ ساعت}} \frac{N_0}{8} \xrightarrow{2 \text{ ساعت}} \frac{N_0}{16} \xrightarrow{2 \text{ ساعت}} \frac{N_0}{32}$$



یعنی $\frac{1}{32}$ هسته‌های اولیه باقی مانده و $\frac{31}{32}$ هسته‌های اولیه واپاشیده می‌شود.

۲۹۲ روش اول:

الف) ۸ ساعت معادل ۴ نیمه عمر (۲ ساعت) است.

$$N_0 \xrightarrow{2 \text{ ساعت}} \frac{N_0}{2} \xrightarrow{2 \text{ ساعت}} \frac{N_0}{4} \xrightarrow{2 \text{ ساعت}} \frac{N_0}{8} \xrightarrow{2 \text{ ساعت}} \frac{N_0}{16} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = \frac{1}{16}$$

ب)

$$\frac{N}{16 \times 10^5} = \frac{1}{16} \Rightarrow N = 10^5$$

روش دوم:

الف)

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

ب)

$$\frac{N}{16 \times 10^5} = \frac{1}{16} \Rightarrow N = 10^5$$

۲۹۳ روش اول:

الف) مدت زمان سپری شده (۴۸ روز) معادل ۶ نیمه عمر ($n = \frac{48}{8} = 6$) است. با رسم نمودار زیر، می‌توان کسر هسته‌های پرتوزای باقیمانده را به دست آورد:

$$N_0 \xrightarrow{8 \text{ روز}} \frac{N_0}{2} \xrightarrow{8 \text{ روز}} \frac{N_0}{4} \xrightarrow{8 \text{ روز}} \frac{N_0}{8} \xrightarrow{8 \text{ روز}} \frac{N_0}{16} \xrightarrow{8 \text{ روز}} \frac{N_0}{32} \xrightarrow{8 \text{ روز}} \frac{N_0}{64}$$

یعنی پس از گذشت ۴۸ روز، $\frac{1}{64}$ هسته‌های اولیه باقی می‌ماند.

ب) با کم کردن کسر هسته‌های باقی‌مانده از کسرهای اولیه، کسر هسته‌های واپاشیده به دست می‌آید:

$$\text{تعداد هسته‌های واپاشیده} = N_0 - N = N_0 - \frac{N_0}{64} = \frac{63}{64} N_0$$

پس $\frac{63}{64}$ هسته‌های اولیه، واپاشیده است.

روش دوم:

از رابطه مربوط به نیمه عمر استفاده می‌کنیم.

$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{48}{8}} = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^6 = N_0 \left(\frac{1}{64}\right) = \left(\frac{N_0}{64}\right)$$

$$\rightarrow \frac{N}{N_0} = \frac{1}{64} \quad \text{کسر هسته‌های باقی‌مانده}$$

$$N' = N_0 - \frac{N_0}{64} = \frac{63}{64} N_0 \Rightarrow \frac{N'}{N_0} = \frac{63}{64} \quad \text{کسر هسته‌های واپاشی شده}$$

۲۹۴

$$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2^n} = 1.56\% = \frac{1}{64} = \frac{1}{2^6} \rightarrow n = 6$$

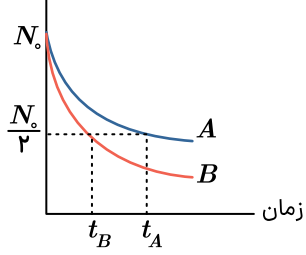
$$n = \frac{t}{T_{1/2}} \rightarrow 6 = \frac{t}{5730 \text{ (year)}} \rightarrow t = 34380 \text{ (year)}$$

مثل آب خوردن ۲۰ بگیر

۲۹۵



هسته‌های
باقی‌مانده



اگر مطابق شکل $\frac{N_0}{2}$ را مشخص کنیم، ملاحظه می‌کنیم که مدت زمان بیشتری طول کشیده تا عنصر A یک نیمه‌عمر را طی کند. بنابراین نیمه‌عمر A بزرگتر از B است.

۲۹۶ باریوم

۲۹۷ ^{235}U

۲۹۸ $^{200}\text{MeV} - ^8\text{O}$

۲۹۹ الف (واکنش زنجیره‌ای)

ب) زیرا نوترون‌ها بار الکتریکی ندارند. هسته آن‌ها را دفع نمی‌کند و به راحتی و بدون برخورد با مانع در هسته نفوذ می‌کنند و باعث شکافت هسته اورانیوم می‌شوند.

۳۰۰

الف درست

ب نادرست

پ درست

