به نام پروردگار مهربان

مهروماه

ویرایش جدید

فیزیک جامع

پایهٔ دوازدهم | رشتهٔ تجربی | سؤال + درسنامه

• نصرالله افاضل • یاشار انگوتی • مصطفی کیانی • حسن محمدی

مدیر و ناظر علمی گروه فیزیک: نصرالله افاضل

دکتر ابوالقاسم قلم‌سیاه

در سال ۱۲۹۹ هجری شمسی در یک خانوادهٔ یزدی مقیم کرمان زاده شد. در پنج سالگی وارد مکتب‌خانه شد و گلستان سعدی را آموخت. دورهٔ تحصیلات ابتدایی و متوسطه را در کرمان گذراند. سپس وارد دانشسرای مقدماتی شد و با رتبهٔ شاگرد اولی در سال ۱۳۱۸ برای ادامه تحصیل به دانشسرای عالی تهران رفت. در سال ۱۳۲۲ از این دانشسرا فارغ‌التحصیل شد و به تدریس فیزیک در شهر یزد مشغول شد. در سال ۱۳۲۹ برای ادامه تحصیل به فرانسه رفت و پس از سه سال دکترای علوم فیزیک را اخذ کرد. مرکز اتمی فرانسه به او پیشنهاد شغل با حقوق بسیار بالا کرد اما او نپذیرفت و برای خدمت به کشورش و ادای دین به ایران بازگشت. در سال ۱۳۴۲ در مرکز اتمی دانشگاه تهران مشغول به کار و تدریس شد. ایشان در طول مدت فعالیت‌های علمی در سه زمینهٔ آموزش، پژوهش و تألیف کتاب‌های علمی خدمات شایانی را به جامعه ارائه کرده است.

بسیاری از استادان و دبیران با تجربه از دانشجویان دکتر ابوالقاسم قلم‌سیاه بوده‌اند. ایشان در مصاحبه‌ای فرموده‌اند: «پیام من به جوانان این است که موفقیت در سایه سعی و تلاش و سخت‌کوشی همراه با برنامه منظم به‌دست می‌آید. جوان‌ها باید ببینند چرا مردم ژاپن یا آلمان در جهان امروز موفق‌اند؟ زندگی مردمان این سرزمین‌ها سراسر تلاش و کوشش است. برخی ژاپنی‌ها بیش از ساعت موظف و بدون تقاضای اضافه حقوق، کار می‌کنند. جوانان ما باید مطمئن باشند که مردم به افرادی که به آن‌ها خدمت می‌کنند، رو می‌آورند».

دکتر ابوالقاسم قلم‌سیاه مؤلف بسیاری از کتاب‌ها و مقاله‌های ارزشمند در زمینه‌های آموزشی و پژوهشی بودند. کتاب مکانیک سال چهارم رشته ریاضی ـ فیزیک، نمونه‌ای از ۸ جلد کتاب‌های درسی و آثار بسیار پر محتوا و اثربخش ایشان در نظام آموزش و پرورش ایران بوده است.

ایشان تا آخرین روزهای زندگی پربار خود (در سن ۹۰ سالگی) به تألیف، ترجمه و ویرایش مشغول بودند.

یادشان گرامی

مقدمه

بسیار خوشوقتیم که ویرایش سوم کتاب جامع دوازدهم را تقدیم شما می‌کنیم با طراحی و درج تست‌های جدید؛ بسیار کوشیده‌ایم در این ویرایش هر آنچه که مورد نیاز شما دانش‌آموزان گرامی است را فراهم کرده باشیم. از مطالب اضافی و خارج از کتاب درسی پرهیز کرده‌ایم اما عمق هر مطلب را شکافته‌ایم تا این کتاب برای هر سطحی از دانش‌آموزان کامل و جامع باشد.

ما به این کتاب و به شما دانش‌آموزان پرتلاش و سخت‌کوش و منظم که با کتاب‌های فیزیک مهروماه، یادگیری مفاهیم فیزیک را کامل می‌کنید و فیزیک را با ما می‌بندید، افتخار می‌کنیم. باشد تا شما هم.

برخی ویژگی‌های این کتاب

کتاب جامع دوازدهم مانند کتاب جامع پایه (دهم ـ یازدهم) در دو جلد سؤال و پاسخ تألیف شده است و:

- ساختار آن متناسب با تدریس در کلاس و ترتیب کتاب درسی است.
- درسنامه‌هایی مفهومی و روان همراه با مثال‌های آموزشی متنوع دارد.
- علاوه بر تست‌های کنکورهای سراسری، تست‌های تألیفی ناب و مطابق با استاندارد کنکور سراسری دارد.
- همهٔ تمرینات، تصاویر، فعالیت‌ها و پرسش‌های کتاب درسی را در بر می‌گیرد.
- ترتیب و چیدمان تست‌ها در هر مبحث از ساده به دشوار و مطابق روند آموزشی مبحث است.
- پاسخ‌های آن گام به گام و کاملاً تشریحی همراه با روش‌های گوناگون تستی و مفهومی است.
- در هر فصل آزمون‌های مبحثی و آزمون جامع دارد تا عیار خودتان را در هر مرحله محک بزنید.
- در انتهای هر فصل تست‌هایی دارد به نام هایپرتست، برای آن‌هایی که سرشان برای فیزیک درد می‌کند!

چگونه از این کتاب استفاده کنیم؟

پیشنهاد ما به شما این است که:

۱ درسنامه هر مبحث را مطالعه و مثال‌های آموزشی آن را پاسخ دهید.

۲ تست‌های مبحثی که درسنامهٔ آن را مطالعه کرده اید را پاسخ دهید. توصیهٔ ما این است که حتماً به جلد پاسخ هم نگاهی داشته باشید تا با روش‌های مختلف حل تست‌های هر مبحث آشنا شوید.

۳ اگر وقتتان کم است و یا به دنبال مرور سریع مطالب هستید، می‌توانید فقط تست‌های پرچم‌دار هر مبحث را حل کنید.

۴ در نیمه و انتهای هر فصل آزمون مبحثی را پاسخ دهید.

۵ اگر زورتان زیاد است با تست‌های هایپر دست و پنجه نرم کنید.

۶ آزمون جامع آخر فصل را پاسخ دهید.

پیشنهاد می‌کنیم برای جمع و جور و منظم شدن مطالب درسی، از کتاب‌های لقمه مرور سریع، و جمع‌بندی فیزیک هم استفاده کنید.

۵۷. اگر معادلهٔ مکان ـ زمان متحرکی در SI به‌صورت $x = t^2 - 2t + 6$ باشد، تندی متوسط جسم در ۳ ثانیهٔ اول چند برابر بزرگی سرعت متوسط آن در همین بازهٔ زمانی است؟

۱) ۱ ۲) $\frac{2}{3}$ ۳) $\frac{4}{3}$ ۴) $\frac{5}{3}$

۵۸. معادلهٔ مکان ـ زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند، در SI به‌صورت $x = t^2 - 2t - 3$ است. از لحظهٔ $t = 0\,s$ تا لحظه‌ای که متحرک از مبدأ عبور می‌کند، تندی متوسط آن چند متر بر ثانیه است؟

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

۵۹. معادلهٔ حرکت جسمی روی محور x برحسب زمان، در SI به‌صورت $x = 0/5\cos(10\pi t)$ است. در بازهٔ زمانی $t = 0\,s$ تا $t = \frac{1}{5}\,s$، تندی متوسط جسم چند متر بر ثانیه است؟

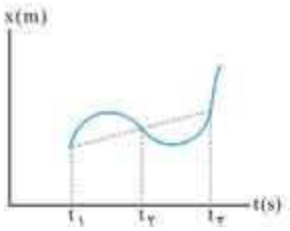
۱) صفر ۲) ۱۰ ۳) ۱۵ ۴) ۲۰

۶۰. معادلهٔ مکان ـ زمان متحرکی در SI به‌صورت $x = 0/5 + \sin(\pi t - \frac{\pi}{2})$ است. بزرگی سرعت متوسط متحرک در ثانیهٔ دوم حرکت چند متر بر ثانیه است؟

۱) صفر ۲) ۰/۵ ۳) ۱ ۴) ۲

تندی متوسط، سرعت متوسط و نمودار مکان ـ زمان

۶۱. نمودار مکان ـ زمان متحرکی که بر روی مسیر مستقیم در حال حرکت است، مطابق شکل است. اگر سرعت متوسط متحرک در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 برابر v_{av_1} و سرعت متوسط آن در بازهٔ زمانی t_2 تا t_3 برابر v_{av_2} باشد، کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

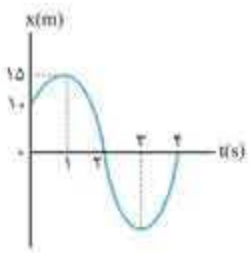


۱) $v_{av_1} > v_{av_2}$ ۲) $v_{av_1} = v_{av_2}$
۳) $v_{av_1} < v_{av_2}$ ۴) $v_{av_1} \le v_{av_2}$

۶۲. نمودار مکان ـ زمان متحرکی به شکل سهمی روبه‌رو است. سرعت متوسط متحرک در کدام بازهٔ زمانی بیشتر است؟ (ریاضی ۸۵)

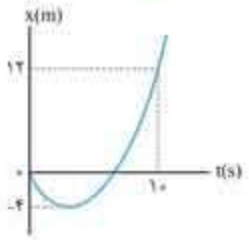
۱) ۰ تا t_1
۲) t_1 تا t_2
۳) t_2 تا t_3
۴) بستگی به اندازهٔ فاصله‌های زمانی دارد.

۶۳. نمودار مکان ـ زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند، مطابق شکل است. در مدت ۴ ثانیهٔ اول، جهت حرکت متحرک ..... بار تغییر کرده است و در بازهٔ زمانی ..... ثانیه علامت سرعت متوسط منفی است.



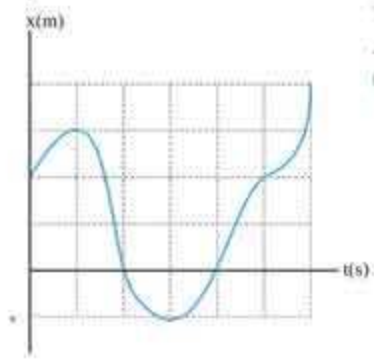
۱) ۱، ۳ تا ۳ ۲) ۳، ۲ تا ۴
۳) ۲، ۲ تا ۴ ۴) ۲، ۱ تا ۳

۶۴. نمودار مکان ـ زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند، مطابق شکل است. تندی متوسط جسم در بازهٔ زمانی $t_1 = 0\,s$ تا $t_2 = 10\,s$، چند کیلومتر بر ساعت است؟



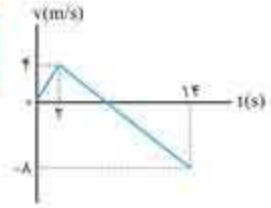
۱) ۱/۶
۲) ۲
۳) ۵/۷۶
۴) ۷/۲

۶۵. نمودار مکان ـ زمان متحرکی که روی مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل است. تندی متوسط متحرک در شش ثانیهٔ اول حرکت چند برابر بزرگی سرعت متوسط متحرک در سه ثانیهٔ دوم حرکت است؟ (هر یک از اضلاع مربع‌های کوچک یک واحد SI است.) (کانون فرهنگی آموزش)



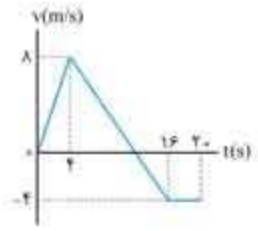
۱) $\frac{3}{5}$
۲) ۱
۳) $\frac{5}{4}$
۴) $\frac{1}{3}$

۱۲۴. متحرکی روی محور x حرکت می‌کند و نمودار سرعت ـ زمان آن مطابق شکل است. متحرک در ۱۴ ثانیهٔ اول، چند ثانیه در سوی مخالف محور x حرکت کرده است؟ (ریاضی ۸۹)



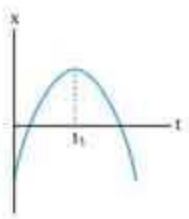
۱) ۴
۲) ۶
۳) ۸
۴) ۱۲

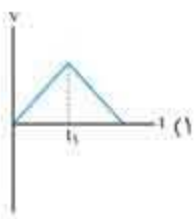
۱۲۵. متحرکی روی محور x حرکت می‌کند و نمودار سرعت ـ زمان آن، مطابق شکل است. متحرک در ۲۰ ثانیهٔ اول، چند ثانیه در جهت مخالف محور x حرکت کرده است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

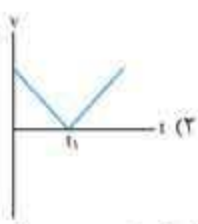


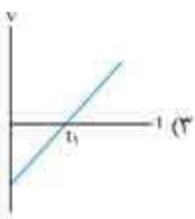
۱) ۴
۲) ۶
۳) ۸
۴) ۱۲

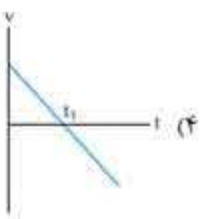
۱۲۶. نمودار مکان ـ زمان جسمی که روی خط راست حرکت می‌کند، مطابق شکل است. کدام گزینه می‌تواند نمودار سرعت ـ زمان جسم باشد؟



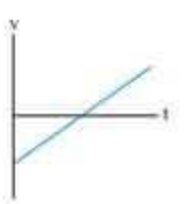
۱) 

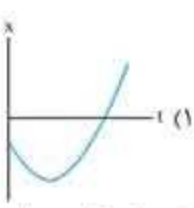
۲) 

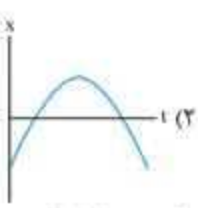
۳) 

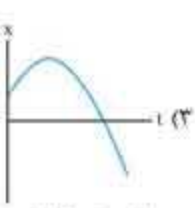
۴) 

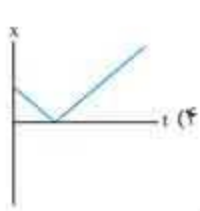
۱۲۷. نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل است. نمودار مکان ـ زمان آن به کدام صورت می‌تواند باشد؟ (تجربی خارج ۸۵)



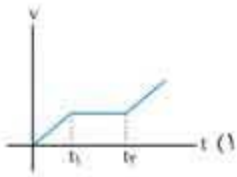
۱) 

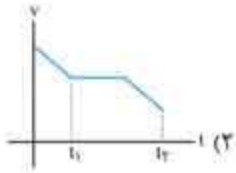
۲) 

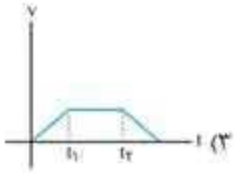
۳) 

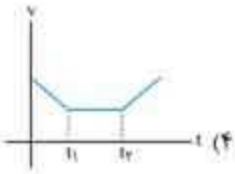
۴) 

۱۲۸. نمودار مکان ـ زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند، مطابق شکل است. کدام گزینه می‌تواند نمودار سرعت ـ زمان جسم باشد؟

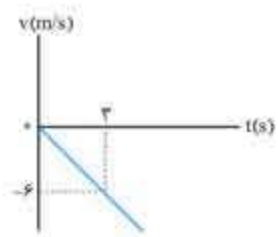
۱) 

۲) 

۳) 

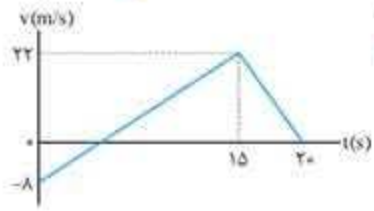
۴) 

۱۲۹. شکل زیر، نمودار سرعت ـ زمان متحرکی است که روی محور x حرکت می‌کند. مسافتی که متحرک در ۵ ثانیهٔ اول پیموده است، چند متر است؟ (ریاضی خارج ۹۸)



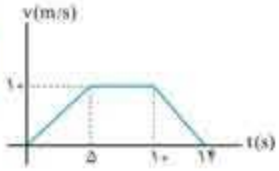
۱) ۱۰
۲) ۲۱
۳) ۲۵
۴) ۲۹

۱۳۰. نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که بر مسیری مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل است. مسافت پیموده شده توسط این متحرک در بازهٔ زمانی صفر تا ۲۰ s، چند متر است؟ (ریاضی ۹۸)



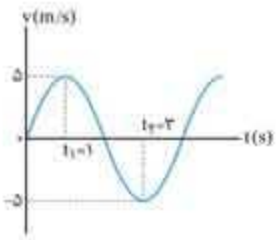
۱) ۱۶۰
۲) ۱۷۶
۳) ۱۸۰
۴) ۱۹۲

۲۰۶. متحرکی بر روی مسیر مستقیم حرکت می‌کند و نمودار سرعت ـ زمان آن مطابق شکل است. شتاب متوسط این متحرک در بازهٔ زمانی $t=2s$ تا $t=12s$، چند متر بر مجذور ثانیه است؟ (تجربی ۹۲)



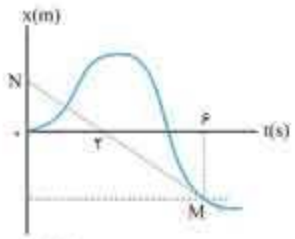
۱) ۰/۱
۲) ۰/۵
۳) ۰/۷
۴) صفر

۲۰۷. نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل روبه‌رو، تابع سینوسی است. در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2، به ترتیب از راست به چپ سرعت متوسط جسم ..... متر بر ثانیه و شتاب متوسط جسم ..... متر بر مجذور ثانیه است.



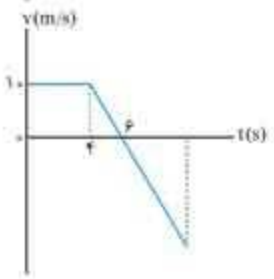
۱) ۵، ۵−
۲) صفر، ۵−
۳) ۵−، صفر
۴) صفر، صفر

۲۰۸. در شکل روبه‌رو پاره‌خط MN در نقطهٔ M بر نمودار مکان ـ زمان متحرک مماس شده است. اگر اندازهٔ سرعت متوسط متحرک از ابتدای حرکت تا لحظهٔ $t=6s$ برابر با $8\,m/s$ باشد، بزرگی شتاب متوسط متحرک در ۶ ثانیهٔ اول حرکت چند متر بر مجذور ثانیه است؟ (کانون فرهنگی آموزش)



۱) ۴
۲) ۲
۳) ۶
۴) ۱۳

۲۰۹. نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند، مطابق شکل است. در مدت زمانی که سرعت متوسط جسم صفر است، شتاب متوسط جسم تقریباً چند متر بر مجذور ثانیه است؟ $(\sqrt{5}\simeq 2/2)$



۱) ۲−
۲) ۳−
۳) ۴−
۴) ۵−

۷ حرکت یکنواخت

در بخش‌های قبل، دربارهٔ جابه‌جایی، تندی و سرعت، مفاهیمی را بیان کردیم که مربوط به حرکت جسم می‌شود. حرکت انواع گوناگونی دارد و از جنبه‌های گوناگونی تقسیم‌بندی می‌شود.

مثلاً از این نظر که جسم در یک راستا و روی یک خط حرکت کند (یک بُعد) یا در صفحه (دو بُعد) یا در فضا (سه بُعد) حرکت کند، می‌توان حرکت را به انواع حرکت‌های یک بُعدی، دو بُعدی و سه بُعدی تقسیم‌بندی کرد.

همچنین حرکت جسم را می‌توان برحسب این که بزرگی سرعت جسم یعنی **تندی** جسم **ثابت** باشد یا متغیر، تقسیم‌بندی کرد. در این تقسیم‌بندی حرکت را به دو نوع: ۱ حرکت یکنواخت و ۲ حرکت شتاب‌دار تقسیم‌بندی می‌کنند. در حرکت یکنواخت، بزرگی سرعت جسم ثابت است؛ **یعنی تندی جسم در هر نقطه از مسیرش ثابت است و تغییر نمی‌کند.**

ممکن است جسم در مسیر مستقیم با تندی ثابت حرکت کند یا در مسیر منحنی (مثلاً دایره‌ای) با تندی ثابت حرکت کند. هر دو حرکت را حرکت یکنواخت می‌نامیم؛ اگر جسم با تندی **ثابت** در مسیر **مستقیم** حرکت کند، آن را **حرکت یکنواخت روی خط راست** می‌نامیم و اگر با تندی ثابت در مسیر دایره‌ای حرکت کند آن را **حرکت یکنواخت دایره‌ای** یا **حرکت دایره‌ای یکنواخت** می‌نامیم.

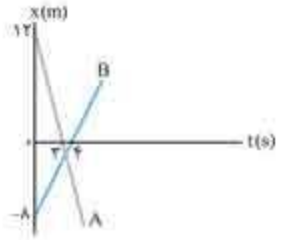
در حرکت یکنواخت روی خط راست، تندی جسم در همهٔ نقاط یکسان است $(|\vec{v}_2|=|\vec{v}_1|)$؛ همچنین سرعت جسم نیز در همهٔ نقاط یکسان است؛ یعنی $\vec{v}_1=\vec{v}_2$. زیرا جهت سرعت و حرکت **تغییر نمی‌کند**؛ به عبارت دیگر در حرکت یکنواخت روی خط راست شتاب صفر است.

در حرکت دایره‌ای یکنواخت، تندی جسم در همهٔ نقاط یکسان است $(v=|\vec{v}_2|=|\vec{v}_1|)$، اما جهت بردار سرعت در هر لحظه **تغییر می‌کند**. از این رو حرکت شتابدار است.

حرکت یکنواخت روی خط راست

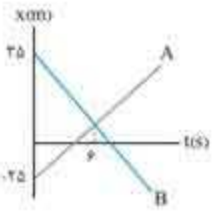
اگر متحرک در مسیر مستقیم به‌گونه‌ای حرکت کند که در **بازه‌های زمانی یکسان، جابه‌جایی‌های یکسان** داشته باشد، حرکتش را حرکت **یکنواخت** روی خط راست می‌نامیم. در این حرکت شتاب صفر است.

۲۵۲. شکل روبه‌رو نمودار مکان ـ زمان دو متحرک A و B را نشان می‌دهد که هم‌زمان در راستای محور x حرکت می‌کنند. به‌ترتیب از راست به چپ، در چه لحظه‌ای برحسب ثانیه و در چه مکانی برحسب متر، دو متحرک به هم می‌رسند؟ (برگرفته از کتاب درسی)



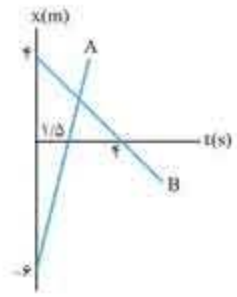
۱) ۱/۵ ، ۳/۵
۲) $\frac{۲}{۳}$ ، ۳/۵
۳) $\frac{۱۰}{۳}$ ، $-\frac{۸}{۳}$
۴) $\frac{۱۰}{۳}$ ، $-\frac{۴}{۳}$

۲۵۳. نمودار مکان ـ زمان دو متحرک A و B که روی محور x در حرکت‌اند مطابق شکل است. اگر تندی متحرک A برابر با ۴m/s باشد، تندی متحرک B، چند متر بر ثانیه است؟



۱) ۲
۲) ۴
۳) ۶
۴) ۸

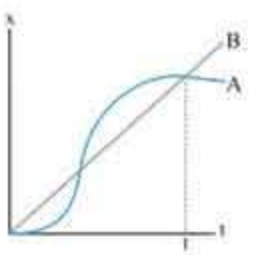
۲۵۴. نمودار مکان ـ زمان دو متحرک A و B مطابق شکل است. از لحظهٔ t = ۰s تا لحظه‌ای که دو متحرک از کنار هم عبور می‌کنند، جابه‌جایی متحرک A چند برابر جابه‌جایی متحرک B است؟



۱) ۳
۲) ۴
۳) −۳
۴) −۴

آزمون مبحثی ۱

۱ ۲۵۵. نمودار مکان ـ زمان دو متحرک A و B که در مسیر مستقیم حرکت می‌کنند، مطابق شکل است. کدام عبارت برای این نمودار درست است؟

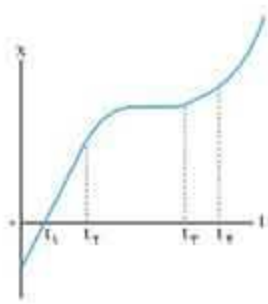


۱) در سه لحظه سرعت دو متحرک برابر است.
۲) در دو لحظه سرعت دو متحرک برابر است.
۳) در لحظه‌هایی که سرعت متحرک‌ها برابر می‌شود، مکان متحرک A بیشتر از مکان متحرک B است.
۴) در بازهٔ زمانی صفر تا t، مسافت طی‌شده توسط متحرک A بیشتر از مسافت طی‌شده توسط متحرک B است.

۲ ۲۵۶. معادلهٔ حرکت جسمی که در خط مستقیم حرکت می‌کند، در SI به‌صورت $x = t^۲ - ۲t + ۵$ است. سرعت متوسط جسم در دو ثانیهٔ دوم حرکت چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۱۸
۲) ۲۶
۳) ۴۰
۴) ۷۲

۳ ۲۵۷. در شکل روبه‌رو، نمودار مکان ـ زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند، نشان داده شده است. کدام عبارت‌ها دربارهٔ این حرکت درست است؟



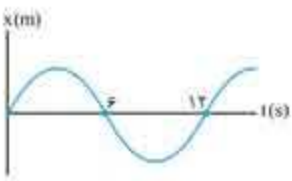
الف) در بازهٔ زمانی ۰ تا $t_۱$، متحرک در جهت منفی محور x حرکت می‌کند.
ب) در بازهٔ زمانی $t_۳$ تا $t_۴$، سرعت متحرک در حال افزایش است.
پ) در لحظهٔ $t_۱$، سرعت متحرک صفر است.

۱) الف
۲) ب
۳) پ
۴) الف، ب و پ

۴ ۲۵۸. متحرکی در مسیر مستقیم با سرعت ثابت حرکت می‌کند و در لحظهٔ $t_۱ = ۲s$ از مکان $x_۱ = +۱۰m$ و در لحظهٔ $t_۲ = ۵s$ از مکان $x_۲ = -۵m$ عبور می‌کند. معادلهٔ حرکت متحرک در SI کدام است؟

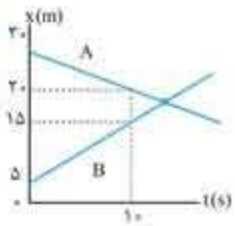
۱) $x = -۵t + ۲۰$
۲) $x = -۵t + ۱۰$
۳) $x = -۳t + ۵$
۴) $x = -۳t + ۱۰$

۵ ۲۵۹. ذره‌ای روی خط راست حرکت می‌کند و نمودار مکان ـ زمان آن مطابق شکل است. در بازهٔ زمانی صفر تا ۱۲s، جهت بردارهای مکان، سرعت و شتاب ذره به‌ترتیب از راست به چپ چند بار تغییر می‌کند؟



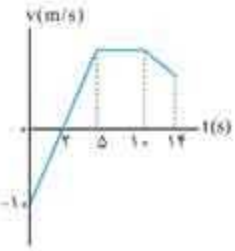
۱) ۳، ۱، ۱
۲) ۱، ۲، ۱
۳) ۲، ۲، ۱
۴) ۱، ۲، ۲

۶ ۲۶۰. نمودار مکان ـ زمان دو متحرک A و B مطابق شکل است. دو متحرک در چه لحظه‌ای برحسب ثانیه به یکدیگر می‌رسند؟



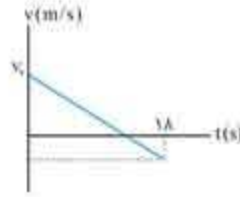
۱) ۱۰
۲) ۱۲/۵
۳) ۸
۴) ۱۵

۷ ۲۶۱. متحرکی در مسیر مستقیم حرکت می‌کند و نمودار سرعت ـ زمان آن مطابق شکل است. در بازهٔ صفر تا ۱۰s، شتاب متوسط متحرک چند متر بر مجذور ثانیه است؟



۱) ۱/۵
۲) ۲
۳) ۲/۵
۴) ۳

۸ ۲۶۲. نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل است. اگر سرعت متحرک در $t=9s$ برابر $10m/s$ باشد، جابه‌جایی متحرک از $t=0s$ تا $t=18s$ چند متر است؟



۱) ۱۸۰
۲) ۳۶۰
۳) ۱۲۰
۴) ۱۰۰

۹ ۲۶۳. متحرکی روی زمین از نقطه‌ای شروع به حرکت می‌کند و با سرعت متوسط $10m/s$ در مسیر مستقیم ۲۰۰ متر به طرف شمال می‌رود و ۵ ثانیه می‌ایستد؛ سپس با سرعت متوسط $5m/s$ در مدت زمان ۳۰ ثانیه به طرف غرب حرکت می‌کند. در کل این مدت زمان تندی متوسط متحرک چند برابر بزرگی سرعت متوسط آن است؟

۱) ۱
۲) $\frac{7}{5}$
۳) $\frac{4}{3}$
۴) $\frac{5}{3}$

۱۰ ۲۶۴. از فاصلهٔ ۲۰ متری یک دیوار جسمی با سرعت ثابت $5m/s$ به طرف دیوار حرکت می‌کند و در لحظهٔ برخورد به آن متوقف می‌شود. ۲ ثانیه بعد از آن از همان نقطه جسم دیگری با سرعت ثابت $4m/s$ به طرف دیوار حرکت می‌کند. بیشترین فاصلهٔ دو جسم چند متر خواهد بود؟

۱) ۴
۲) ۸
۳) ۱۰
۴) ۱۲

۹ حرکت با شتاب ثابت

دیدیم که اگر سرعت جسم تغییر کند، حرکت را شتاب‌دار می‌نامیم. به عبارت دیگر **آهنگ تغییر سرعت** را **شتاب متوسط** نامیدیم. ساده‌ترین نوع حرکت شتاب‌دار، حرکت در مسیر مستقیم با **شتاب ثابت** است، یعنی آهنگ تغییر سرعت جسم در هر بازهٔ زمانی دلخواه، یکسان است. به بیان دیگر «در حرکت با شتاب ثابت، در هر بازهٔ زمانی دلخواه شتاب متوسط مقدار ثابتی است.»

به شکل زیر توجه کنید تا مفهوم حرکت با شتاب ثابت را بهتر درک کنید؛ این شکل، اتومبیلی را نشان می‌دهد که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند و در لحظه‌های معین ۰، ۱، ۲ و ۳ ثانیه سرعت اتومبیل نشان داده شده است.

با توجه به شکل، مشخص است که سرعت اتومبیل در هر ثانیه $2m/s$ افزایش یافته است و این افزایش سرعت در هر ثانیه (آهنگ تغییر سرعت) همواره مقداری ثابت است.

اگر شتاب متوسط اتومبیل را در بازه‌های زمانی (۰s تا ۱s)، (۰s تا ۲s)، (۰s تا ۳s)، (۱s تا ۳s) و ... حساب کنیم، درمی‌یابیم که در همهٔ بازه‌های زمانی، شتاب متوسط مقداری ثابت است:

$$t=2s \text{ تا } t=0s \Rightarrow a_{av}=\frac{6-2}{2-0}=2m/s^2 \qquad t=1s \text{ تا } t=0s \Rightarrow a_{av}=\frac{4-2}{1-0}=2m/s^2$$

$$t=3s \text{ تا } t=1s \Rightarrow a_{av}=\frac{8-4}{3-1}=2m/s^2 \qquad t=3s \text{ تا } t=0s \Rightarrow a_{av}=\frac{8-2}{3-0}=2m/s^2$$

رابطهٔ شتاب

از آنجا که در حرکت با شتاب ثابت، شتاب متوسط در همهٔ بازه‌های زمانی دلخواه، یکسان و ثابت است؛ می‌توان از رابطهٔ شتاب متوسط استفاده کرده و برای بازهٔ زمانی دلخواه t_1 تا t_2، رابطهٔ شتاب را به‌صورت روبه‌رو نوشت:

$$a=\frac{v_2-v_1}{t_2-t_1}$$

۱۰ معادلهٔ حرکت (معادلهٔ مکان ـ زمان)

در حرکت با شتاب ثابت، معادلهٔ مکان ـ زمان جسم را می‌توان از رابطه‌های $\Delta x = \frac{v+v_0}{2}t$ ، $v = at + v_0$ به‌دست آورد.

معادلهٔ جابه‌جایی ـ زمان: $\Delta x = \frac{v+v_0}{2}t \xrightarrow{v=at+v_0} \Delta x = \frac{(at+v_0)+v_0}{2}t \Rightarrow \Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t$

اگر از $\Delta x = x - x_0$ استفاده کنیم، **معادلهٔ مکان ـ زمان** (یا معادلهٔ حرکت) جسم را به‌دست می‌آوریم: $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0$

مثال: متحرکی با شتاب ثابت $2m/s^2$ از مکان $x=-5m$ با سرعت $10m/s$ در جهت مثبت محور حرکت می‌کند. اگر حرکت جسم کندشونده باشد، سه ثانیهٔ بعد، متحرک در چه مکانی برحسب متر قرار دارد؟

۱) ۱۶ ۲) ۲۰ ۳) ۲۵ ۴) ۱۷

پاسخ: گزینه ۱

گام اول: در حرکت با شتاب ثابت، معادلهٔ حرکت به‌صورت $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0$ است و توجه دارید که هنگام جای‌گذاری مقادیر کمیت‌های برداری، باید علامت آن‌ها را در نظر بگیریم. همان‌طور که پیش از این دیدیم، چون حرکت کندشونده است، علامت شتاب و سرعت اولیه مخالف یکدیگرند، پس اگر $v_0 = 10m/s$ باشد، باید $a = -2m/s^2$ در نظر گرفته شود.

گام دوم: مقادیر معلوم و ثابت را در معادلهٔ حرکت قرار می‌دهیم و معادلهٔ حرکت را می‌نویسیم:

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

گام سوم: لحظهٔ $t = 3s$ را در معادله قرار می‌دهیم تا مکان جسم را پس از سه ثانیه (از صفر تا $3s$) به‌دست آوریم:

$$t = 3s \Rightarrow x = -3^2 + 10 \times 3 - 5 \Rightarrow x = 16m$$

نکته:

۱ در حرکت با شتاب ثابت، معادلهٔ مکان ـ زمان و معادلهٔ جابه‌جایی زمان، تابعی **درجهٔ دوم** از زمان هستند.

۲ در معادلهٔ مکان ـ زمان، کمیت‌های a، v_0 و x_0 مقدارهای ثابتی‌اند. $x = \underbrace{\frac{1}{2}}_{\text{(ثابت)}}\underbrace{a}_{\text{(ثابت)}}t^2 + \underbrace{v_0}_{\text{(ثابت)}}t + \underbrace{x_0}_{\text{(ثابت)}}$

۳ در معادلهٔ مکان ـ زمان، منظور از t بازهٔ زمانی صفر تا t است.

مثال: معادلهٔ حرکت جسمی در SI، به‌صورت $x = 4t^2 - 5t + 10$ است. سرعت جسم در لحظهٔ $t = 2s$، چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۲۱ ۲) ۱۶ ۳) ۱۱ ۴) ۵

پاسخ: گزینه ۳

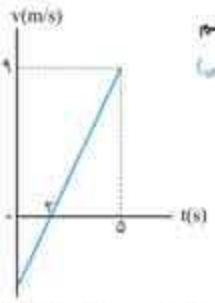
گام اول: معادله برحسب زمان، تابع درجهٔ دوم است و می‌توان نتیجه گرفت این معادله مربوط به جسمی است که با شتاب ثابت حرکت می‌کند و از مقایسهٔ این معادله با معادلهٔ کلی حرکت با شتاب ثابت می‌توان شتاب و سرعت اولیهٔ جسم را به‌دست آورد:

$$\left.\begin{array}{l} x = 4t^2 - 5t + 10 \\ x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0 \end{array}\right\} \Rightarrow a = 8m/s^2 \ , \ v_0 = -5m/s \ , \ x_0 = 10m$$

گام دوم: از رابطهٔ سرعت ـ زمان (یعنی $v = at + v_0$)، استفاده می‌کنیم و با قرار دادن مقدارهای شتاب و سرعت اولیه در این معادله، سرعت متحرک را در لحظهٔ $t = 2s$ به‌دست می‌آوریم: $v = at + v_0 \xrightarrow[v_0 = -5m/s]{a = 8m/s^2} v = 8t + (-5) \xrightarrow{t=2s} v = 16 - 5 = 11m/s$

مثال: نمودار سرعت ـ زمان جسمی که روی خط راست حرکت می‌کند، مطابق شکل است. معادلهٔ جابه‌جایی ـ زمان جسم در SI کدام است؟

(برگرفته از کتاب درسی)



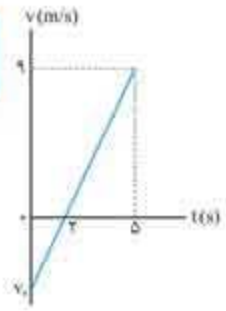
۱) $\Delta x = 1/5t^2 + 6t$

۲) $\Delta x = 3t^2 + 6t$

۳) $\Delta x = 1/5t^2 - 6t$

۴) $\Delta x = 3t^2 - 6t$

پاسخ: گزینه ۳ باید توجه داشته باشیم که چون نمودار سرعت ـ زمان یک خط شیبدار با شیب ثابت است، پس حرکت شتاب‌دار با شتاب ثابت است. همان‌طور که می‌دانید، معادلهٔ جابه‌جایی ـ زمان حرکت با شتاب ثابت به‌صورت $\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t$ است؛ بنابراین باید شتاب و سرعت اولیهٔ حرکت را به‌دست آوریم.



گام اول: می‌دانیم شیب نمودار سرعت ـ زمان برابر شتاب است. مقدار این شیب برابر است با: $a=\frac{۹-۰}{۵-۲}=۳\,m/s^۲$

گام دوم: از تشابه دو مثلث با قاعده‌های (۰ s تا ۲ s) و (۲ s تا ۵ s)، سرعت اولیهٔ جسم را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{v_0-۰}{۹-۰}=\frac{۲-۰}{۲-۵}\Rightarrow v_0=-۶\ m/s$$

برای یافتن v_0 می‌توانیم از معادله $v=at+v_0$ هم استفاده کنیم: $۹=۳\times۵+v_0\Rightarrow v_0=-۶\,m/s$

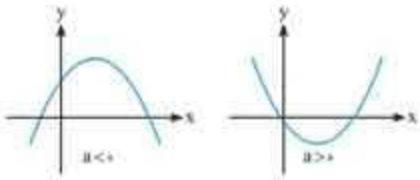
گام سوم: حال معادلهٔ جابه‌جایی ـ زمان جسم را می‌نویسیم:

$$\Delta x=\frac{۱}{۲}at^۲+v_0t\Rightarrow \Delta x=\frac{۱}{۲}\times۳t^۲+(-۶)t\Rightarrow \Delta x=۱/۵t^۲-۶t$$

نکته: در حرکت شتاب ثابت، رابطهٔ جابه‌جایی زمان را برای یک بازهٔ زمانی دلخواه t ثانیه‌ای به‌صورت $\Delta x=\frac{۱}{۲}at^۲+v_1t$ می‌نویسیم. دقت کنید که در این رابطه v_1، سرعت در ابتدای بازهٔ زمانی موردنظر است و با سرعت اولیه (v_0) فرق می‌کند و همچنین t برابر با طول بازهٔ زمانی (یعنی Δt) است. به‌عنوان مثال برای به‌دست آوردن جابه‌جایی جسم در بازهٔ زمانی $t_1=۲s$ تا $t_2=۵s$، v_1 برابر با سرعت در لحظهٔ $t_1=۲s$ و $t=۵-۲=۳\,s$ می‌باشد.

نمودار مکان ـ زمان

دیدیم که در حرکت با شتاب ثابت، رابطهٔ جبری مکان برحسب زمان (معادلهٔ مکان ـ زمان) به‌صورت $x=\frac{۱}{۲}at^۲+v_0t+x_0$ و تابعی درجهٔ دوم از زمان است.



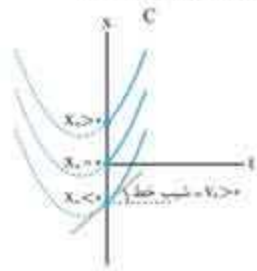
یادآوری: نمودار تابع جبری درجهٔ دومی مانند $f(x)=y=ax^۲+bx+c$ به‌صورت سهمی است. در این نمودار، اگر $a>۰$ (مثبت) باشد نمودار دارای **مینیمم (کمینه)** و اگر $a<۰$ (منفی) باشد، نمودار دارای **ماکزیمم (بیشینه)** است.

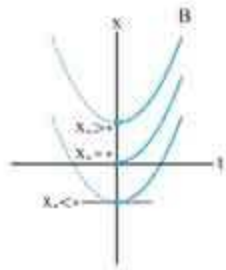
در حرکت با شتاب ثابت، تابع مکان برحسب زمان، درجهٔ دوم و نمودار آن سهمی است. در این حرکت، اگر علامت شتاب مثبت باشد ($a>۰$) نمودار قسمتی از سهمی است که دارای مینیمم (کمینه) است و اگر علامت شتاب منفی باشد ($a<۰$)، نمودار قسمتی از سهمی است که دارای ماکزیمم (بیشینه) است.

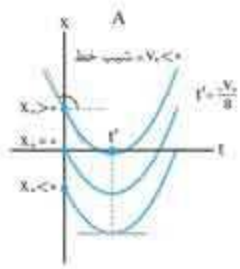
با توجه به این‌که در حرکت با شتاب ثابت ممکن است $v_0<۰\,m/s$ ،$v_0>۰\,m/s$ یا $v_0=۰\,m/s$ باشد و همچنین ممکن است $x_0<۰\,m$ ،$x_0>۰\,m$ یا $x_0=۰\,m$ باشد و با در نظر گرفتن این‌که علامت شتاب نیز ممکن است مثبت یا منفی باشد، نمودار مکان ـ زمان این حرکت، شکل‌های متنوع و گوناگونی می‌تواند داشته باشد.

در شکل‌های زیر این حالت‌ها را بررسی کرده و نشان می‌دهیم:

الف) علامت شتاب مثبت است:

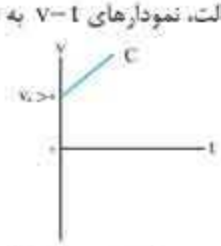


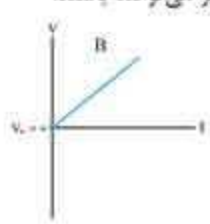


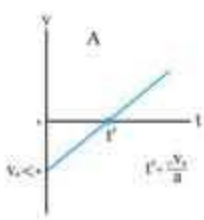


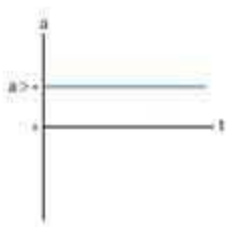
در هر سه دسته نمودار و در هر سه حالت فوق، $a>۰$ است.

یادآوری: در این حالت، نمودارهای $v-t$ به شکل‌های زیر می‌توانند باشند.









در هر سه نمودار و در هر سه حالت فوق، $a>۰$ است.

در همهٔ حالت‌های A، B و C نمودار شتاب ـ زمان به‌صورت روبه‌رو است.

۶۴۹ جسمی را در هوا به طرف بالا پرتاب می‌کنیم. اگر مقاومت هوا در برابر حرکت جسم مقداری ثابت باشد، کدام گزینه رابطهٔ اندازهٔ شتاب جسم هنگام بالارفتن (a) با شتاب جسم هنگام پایین آمدن (a') را به درستی نشان می‌دهد؟

۱) $a = a'$ ۲) $a < a'$

۳) $a > a'$ ۴) بسته به جرم جسم، ممکن است هر سه گزینه «۱»، «۲» و «۳» درست باشند.

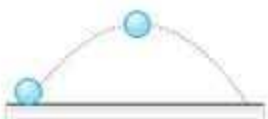
۶۵۰ جسمی به جرم ۱kg را در هوا و با تندی اولیهٔ ۶۰ m/s، در راستای قائم به طرف بالا پرتاب می‌کنیم. اگر جسم بعد از ۴s به نقطهٔ اوج خود برسد، اندازهٔ متوسط نیروی مقاومت هوا حین بالا رفتن جسم، چند نیوتون است؟ ($g = ۱۰ N/kg$) (کانون فرهنگی آموزش)

۱) ۲۰ ۲) ۵ ۳) ۱۵ ۴) ۳۰

۶۵۱ جسمی را در هوا به طرف بالا (در راستای قائم) پرتاب می‌کنیم. اگر نیروی مقاومت هوا مقداری ثابت و $\frac{۱}{۴}$ وزن جسم باشد، شتاب جسم هنگام پایین‌آمدن چند برابر شتاب آن هنگام بالارفتن جسم است؟

۱) ۱ ۲) $\frac{۱}{۴}$ ۳) $\frac{۳}{۵}$ ۴) $\frac{۵}{۴}$

۶۵۲ توپی به جرم ۰/۴kg را با سرعت اولیهٔ v با زاویهٔ α بالاتر از افق پرتاب می‌کنیم. اگر در بالاترین نقطه از مسیر حرکت، نیروی مقاومت هوا برابر ۳ N باشد، بزرگی شتاب جسم در این نقطه چند متر بر مجذور ثانیه است؟ ($g = ۱۰ m/s^۲$) (برگرفته از کتاب درسی)

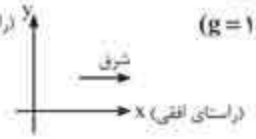


۱) ۱۷/۵ ۲) ۱۲/۵ ۳) ۷/۵ ۴) ۲/۵

۶۵۳ هواپیمایی در حالی که با سرعت ثابتی به‌صورت افقی پرواز می‌کند، بسته‌ای به جرم ۴۰kg را رها می‌کند. اگر نیروی مقاومت هوا بر بسته در لحظهٔ رها شدن آن ۳۰۰ N باشد، شتاب بسته در این لحظه چند متر بر مجذور ثانیه است؟ ($g = ۱۰ m/s^۲$)

۱) صفر ۲) ۷/۵ ۳) ۱۰ ۴) ۱۲/۵

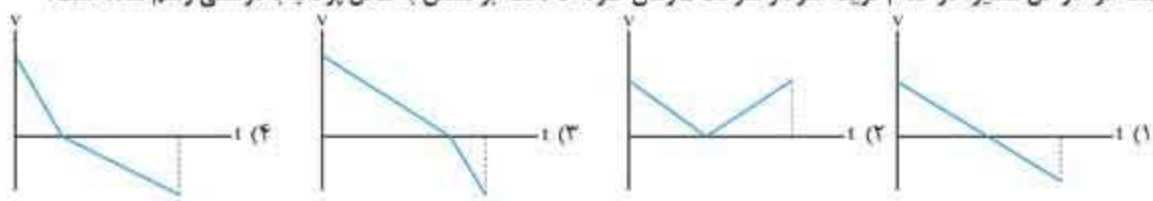
۶۵۴ از یک هواپیما که با سرعت ثابتی به‌طور افقی و به سمت شرق پرواز می‌کند، بسته‌ای به جرم ۲۰kg رها می‌شود. اگر شتاب وزنه بلافاصله پس از جدا شدن از هواپیما $۱۲/۵ m/s^۲$ باشد، نیروی خالص وارد بر جسم در این لحظه چند نیوتون است؟ ($g = ۱۰ m/s^۲$)



۱) $-۱۵\vec{i} - ۲۰\vec{j}$ ۲) $-۱۵۰\vec{i} - ۲۰۰\vec{j}$

۳) $۱۵\vec{i} - ۲۰\vec{j}$ ۴) $۱۵۰\vec{i} - ۲۰۰\vec{j}$

۶۵۵ گلوله‌ای را از سطح زمین در راستای قائم رو به بالا پرتاب می‌کنیم. اگر جهت رو به بالا را مثبت در نظر بگیریم، با فرض ثابت بودن نیروی مقاومت هوا در کل مسیر، در کدام گزینه نمودار سرعت ـ زمان گلوله تا لحظه برگشتن به محل پرتاب به‌درستی رسم شده است؟

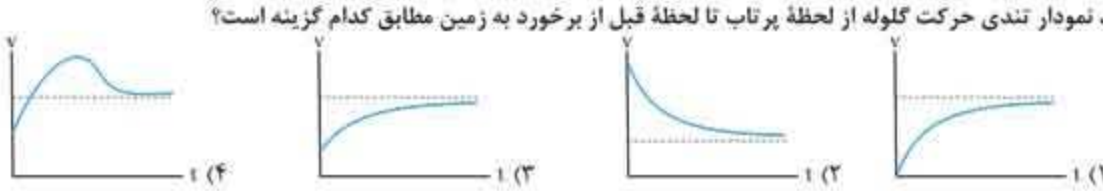


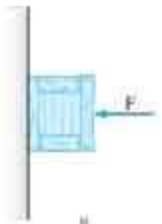
۶۵۶ جسمی به جرم ۱kg در هوا از ارتفاع زیاد رها می‌شود. اگر نیروی مقاومت هوا در مقابل حرکت این جسم برحسب تندی حرکت آن در SI به‌صورت $f_D = \frac{v^۲}{۱۰}$ باشد، بیشینهٔ تندی جسم در طی این سقوط چند متر بر ثانیه است؟ ($g = ۱۰ m/s^۲$) (کانون فرهنگی آموزش)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۱۰ ۴) ۲۰

۶۵۷ گلوله‌ای از یک نقطهٔ مرتفع در هوا از حال سکون رها می‌شود. نمودار تندی این گلوله از لحظهٔ رها شدن تا لحظهٔ قبل از برخورد به زمین برحسب زمان مطابق کدام گزینه است؟

۶۵۸ گلوله‌ای را از بالای یک برج با تندی $v_۰$ در راستای قائم رو به پایین پرتاب می‌کنیم. تندی حدی این گلوله در هوا $v_{حدی}$ می‌باشد. اگر $v_{حدی} > v_۰$ باشد، نمودار تندی حرکت گلوله از لحظهٔ پرتاب تا لحظهٔ قبل از برخورد به زمین مطابق کدام گزینه است؟



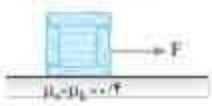


۷۸۲. در شکل روبه‌رو، جسم با نیروی افقی F_1 در آستانهٔ حرکت قرار می‌گیرد و با نیروی افقی F_2 با سرعت ثابت به طرف پایین می‌لغزد. اگر نیروی اصطکاک در این دو حالت به ترتیب f_1 و f_2 باشد، کدام مورد درست است؟ $(\mu_s > \mu_k)$ (ریاضی ۹۵)

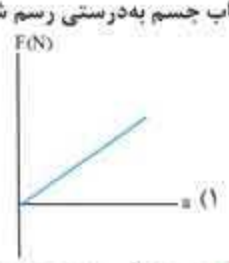
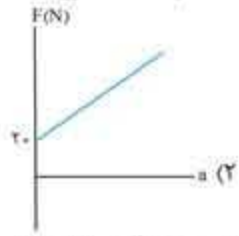
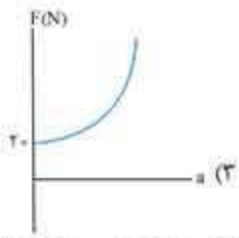
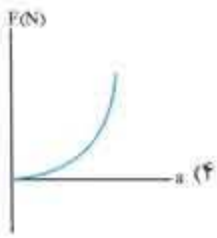
۱) $f_1 > f_2 \ , \ F_1 > F_2$
۲) $f_1 > f_2 \ , \ F_1 = F_2$
۳) $f_1 = f_2 \ , \ F_1 < F_2$
۴) $f_1 = f_2 \ , \ F_1 = F_2$

۷۸۳. در شکل مقابل جسمی به جرم $4kg$ را با نیروی عمودی F به دیوارهٔ اتاقک آسانسور نگه داشته‌ایم. اگر آسانسور با شتاب $2m/s^2$ تندشونده به طرف پایین حرکت کند و ضریب اصطکاک ایستایی جسم با دیواره $0/4$ باشد، حداقل نیروی F چند نیوتون باشد تا جسم روی دیواره ساکن بماند؟ $(g = 10N/kg)$

۱) ۱۲۰
۲) ۱۰۰
۳) ۸۰
۴) ۶۰

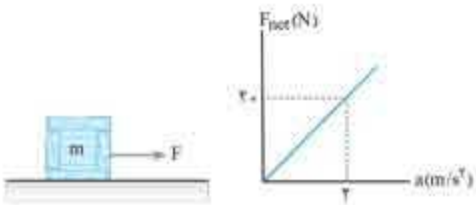


۷۸۴. مطابق شکل جسمی به جرم $5kg$ روی سطح افقی قرار دارد. اگر نیروی افقی F که برحسب زمان در SI به‌صورت $F = t^2 + 5$ می‌باشد، بر این جسم اثر کند، در کدام گزینه نمودار نیروی F برحسب شتاب جسم به‌درستی رسم شده است؟ $(g = 10m/s^2)$

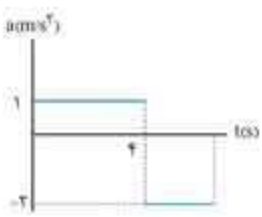
۱) 
۲) 
۳) 
۴) 

۷۸۵. در شکل روبه‌رو جسمی روی سطح افقی قرار دارد. نیروی افقی F به جسم شتاب a می‌دهد. نمودار نیروی خالص وارد بر جسم برحسب شتاب آن مطابق شکل است. در لحظه‌ای که شتاب جسم $4m/s^2$ است، نیروی F چند نیوتون است؟ $(g = 10m/s^2 , \mu_k = \frac{1}{2})$

۱) ۴۰
۲) ۵۰
۳) ۷۰
۴) ۹۰



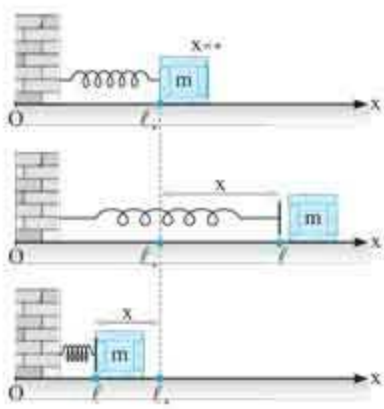
۷۸۶. جسمی به جرم $3kg$ روی سطح افقی با ضریب اصطکاک $\mu_s = \mu_k = \mu$ قرار دارد. نیروی افقی F بر این جسم اثر می‌کند و جسم شروع به حرکت می‌کند. پس از مدتی F قطع می‌شود تا در نهایت جسم متوقف شود. نمودار شتاب ـ زمان حرکت این جسم به شکل مقابل است. کدام گزینه نادرست است؟ $(g = 10m/s^2)$



۱) ضریب اصطکاک برابر با $\mu = 0/2$ است.
۲) بزرگی نیروی F، برابر با $9N$ است.
۳) بزرگی جابه‌جایی جسم $24m$ است.
۴) تندی متوسط در کل حرکت $2m/s$ است.

۱۰ نیروی کشسانی فنر

همان‌طور که در ویژگی‌های نیرو مطرح کردیم، نیرو می‌تواند سبب تغییر شکل اجسام شود. نیرویی که به یک خط‌کش فلزی وارد می‌کنیم و آن را خم می‌کنیم مثالی از این ویژگی است. اگر نیرو قطع شود و جسم دوباره به شکل اولیه‌اش برگردد می‌گوییم جسم «کشسان» است. مثلاً فنری را در نظر بگیرید که در حالتی که نیرو بر آن وارد نشده است، طول طبیعی‌اش ℓ_0 است.



اگر بر آن نیرو وارد کنیم، آن را فشرده کنیم یا بکشیم و طول فنر به ℓ برسد، تغییر طول فنر را x می‌نامیم. آزمایش نشان می‌دهد که نیرویی که باید بر فنر وارد کنیم و آن را به اندازهٔ x فشرده کنیم یا افزایش طول دهیم از رابطهٔ روبه‌رو به دست می‌آید:

$$F_e = k \cdot x \quad \leftarrow \text{نیروی کشسانی فنر}$$
$$(N) \quad (N/m)\ (m)$$

که در آن k ثابتی است که به جنس و ضخامت و شکل فنر بستگی دارد.

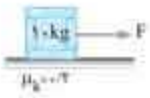
نکته:

۱ یکای k در SI، N/m است، اما گاهی N/cm هم به‌کار می‌رود.

$$100\,N/m = 1\,N/cm$$

۲ هرگاه فنری در طول یک طناب قرار گیرد، نیروی کشش طناب برابر همان نیروی کشسانی فنر است.

۷۶۰. مطابق شکل جسم با نیروی $F=۳۰N$ روی سطح افقی حرکت می‌کند. F را چند نیوتون کاهش دهیم تا شتاب حرکت جسم نصف شود؟



۱) ۱۵ ۲) ۱۰ ۳) ۵ ۴) ۲/۵

۷۶۱. رانندهٔ خودرویی به جرم ۲ تن که با سرعت $۳۶\,km/h$ در یک مسیر مستقیم و افقی در حرکت است، با دیدن مانعی ترمز می‌کند. در اثر ترمز، خودرو با طی مسافت ۴ متر می‌ایستد. نیروی اصطکاک وارد شده بر خودرو چند نیوتون است؟ (ریاضی ۹۸)

۱) ۷۵۰۰ ۲) ۱۲۵۰۰ ۳) ۱۵۰۰۰ ۴) ۲۵۰۰۰

۷۶۲. اتومبیلی در مسیر افقی با سرعت $۵۴\,km/h$ در حرکت است. راننده ترمز می‌کند. اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین جاده و لاستیک اتومبیل ۰/۲ باشد، اتومبیل تقریباً پس از طی چند متر متوقف می‌شود؟ $(g=۱۰\,m/s^۲)$ (ریاضی ۸۷)

۱) ۵۶ ۲) ۶۲ ۳) ۱۱۲ ۴) جرم اتومبیل باید معین شود.

۷۶۳. دو وزنهٔ A و B با سرعت اولیهٔ یکسان، مماس بر یک سطح افقی پرتاب می‌شوند. اگر جرم وزنهٔ A نصف جرم وزنهٔ B و ضریب اصطکاک آن ۲ برابر ضریب اصطکاک وزنهٔ B باشد، مسافتی که وزنهٔ A طی می‌کند تا بایستد چند برابر مسافتی است که وزنهٔ B طی می‌کند تا بایستد؟ (ریاضی ۹۵)

۱) ۲ ۲) ۱ ۳) $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$ ۴) $\frac{۱}{۲}$

۷۶۴. جسمی را روی سطح افقی پرتاب می‌کنیم و جسم در یک ثانیهٔ آخر حرکتش ۲m جابه‌جا می‌شود. ضریب اصطکاک جنبشی جسم با سطح چقدر است؟ $(g=۱۰\,m/s^۲)$

۱) ۰/۱ ۲) ۰/۲ ۳) ۰/۳ ۴) ۰/۴

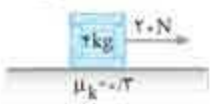
۷۶۵. مطابق شکل، با نیروی $F=۲۰N$ جسمی به جرم ۵kg را روی سطح افقی از حالت سکون به حرکت در می‌آوریم. جسم پس از ۳s، ۹m روی سطح جابه‌جا می‌شود. اگر نیروی F قطع شود، بزرگی شتاب حرکت جسم چند متر بر مجذور ثانیه خواهد شد؟

۱) صفر ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۷۶۶. جسمی را با سرعت افقی $v_۰$ روی سطح افقی پرتاب می‌کنیم. جسم ۳s پس از پرتاب می‌ایستد و در ثانیهٔ دوم به اندازهٔ ۳m جابه‌جا می‌شود. ضریب اصطکاک جنبشی جسم با سطح چقدراست؟

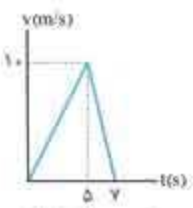
۱) ۰/۱ ۲) ۰/۲ ۳) ۰/۳ ۴) ۰/۴

۷۶۷. در شکل زیر جسم از حال سکون، در مسیر افقی و در لحظهٔ $t=۰s$ تحت نیروی ثابت به حرکت در می‌آید و بعد از ۲s نخ بسته شده به جسم پاره می‌شود. کل مسافتی که جسم از شروع حرکت تا لحظهٔ ایستادن طی می‌کند، چند متر است؟ $(g=۱۰\,m/s^۲)$ (ریاضی خارج ۸۷)



۱) ۹ ۲) ۱۲ ۳) ۱۵ ۴) ۱۸

۷۶۸. جسمی به جرم ۳kg روی سطح افقی، توسط نیروی افقی F، در لحظهٔ $t_۰=۰s$ از حال سکون شروع به حرکت می‌کند. این نیرو در لحظهٔ $t=۵s$ قطع می‌شود. اگر نمودار سرعت ـ زمان این جسم به شکل مقابل باشد، نیروی F چند نیوتون است؟ $(g=۱۰\,N/kg)$



۱) ۱۵ ۲) ۱۸ ۳) ۲۱ ۴) ۲۴

۷۶۹. جسمی به جرم ۲kg روی سطح افقی توسط نیروی F از حال سکون با شتاب ثابت $۴\,m/s^۲$ شروع به حرکت می‌کند. نیروی F پس از ۳ ثانیه قطع می‌شود تا در نهایت جسم متوقف شود. سرعت متوسط جسم در کل این حرکت چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۴ ۲) ۶ ۳) ۸ ۴) ضریب اصطکاک جنبشی باید مشخص باشد.

۷۷۰. مطابق شکل با نیروی افقی F، جسمی را روی سطح افقی به اندازهٔ 5m از حالت سکون می‌کشیم، سپس نیرو را قطع می‌کنیم. کل مسافت طی‌شده توسط متحرک از ابتدای حرکت تا زمان توقف، چند متر است؟ $(g=۱۰\,N/kg)$

۱) ۱۵ ۲) ۱۲/۵ ۳) ۱۰ ۴) ۷/۵

۷۷۱. جسمی به جرم ۵kg را روی سطح افقی با ضریب اصطکاک ۰/۱ با نیروی افقی ۱۵N از حالت سکون به حرکت درمی‌آوریم و بعد از ۴m جابه‌جایی نیرو را قطع می‌کنیم. جسم در کل چند متر جابه‌جا می‌شود؟ $(g=۱۰\,m/s^۲)$ (کانون فرهنگی آموزش)

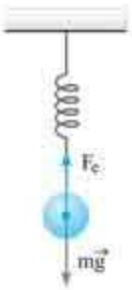
۱) ۱۲ ۲) ۱۰ ۳) ۸ ۴) ۶

۷۷۲. جسمی به جرم $m=۲kg$ روی سطح افقی به ضریب اصطکاک $\mu_k=۰/۴$ قرار دارد. این جسم تحت تأثیر نیروی افقی F شروع به حرکت می‌کند. اگر معادلهٔ شتاب ـ زمان جسم در SI به‌صورت $a=۲t^۲$ باشد، در کدام لحظه برحسب ثانیه، نیروی F برابر با ۶۶N است؟ $(g=۱۰\,m/s^۲)$

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

مثال: جسمی به جرم ۵kg را به یک فنر می‌بندیم و آن را از سقف اتاق آویزان می‌کنیم تا به حالت تعادل قرار گیرد. اگر ثابت فنر $k=1000\,N/m$ باشد، تغییر طول فنر چند سانتی‌متر خواهد شد؟ $(g=10\,N/kg)$

۱) ۴ ۲) ۵ ۳) ۶ ۴) ۱۰



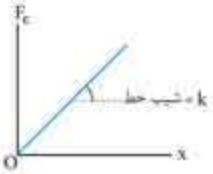
پاسخ: (گزینه ۲) **گام اول:** نیروهای وارد بر جسم عبارتند از نیروی وزن جسم و نیروی کشسانی فنر.

گام دوم: چون جسم در تعادل است، برایند نیروهای وارد بر آن صفر است و با استفاده از نیروی کشسانی فنر یعنی kx می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} F_e - mg = 0 \\ F_e = kx \end{cases} \Rightarrow x = \frac{mg}{k} \xrightarrow[m=5\,kg]{k=1000\,N/m} x = \frac{5\times 10}{1000} = 0/05\,m \Rightarrow x = 5\,cm$$

نکته: ۱ رابطهٔ نیروی کشسانی فنر را می‌توان بر حسب طول فنر به‌صورت زیر نوشت:

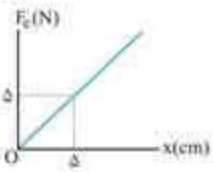
$$F_e = kx \xrightarrow{x=\ell-\ell_0} F_e = k|(\ell-\ell_0)|$$



علامت قدرمطلق به این دلیل است که در رابطهٔ نیروی کشسانی فنر، کمیت x و F_e بزرگی جابه‌جایی و بزرگی نیروی کشسانی هستند.

۲ نمودار نیروی کشسانی فنر بر حسب تغییر طول آن مطابق شکل روبه‌رو است:

هر قدر شیب خط بیشتر باشد، ضریب k یعنی ثابت فنر بیشتر خواهد بود (و بالعکس).



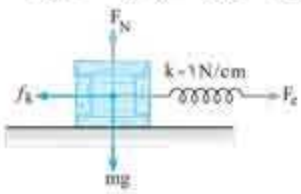
مثال: نمودار نیروی کشسانی فنری بر حسب تغییر طول آن، مطابق شکل روبه‌رو است. اگر با این فنر جسمی به جرم ۲kg و ضریب اصطکاک ۰/۲ را روی سطح افقی با سرعت ثابت بکشیم، تغییر طول آن چند سانتی‌متر خواهد شد؟ $(g=10\,N/kg)$

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۸ ۴) ۱۲

پاسخ: (گزینه ۲) **گام اول:** با استفاده از شیب خط نمودار داده شده یا رابطهٔ $k=\frac{F_e}{x}$ ثابت فنر را به‌دست می‌آوریم:

$$k = \frac{5\,N}{5\,cm} = 1\,N/cm$$

گام دوم: چون جسم با سرعت ثابت حرکت می‌کند، برایند نیروهای وارد بر جسم برابر صفر است. و در راستای موازی سطح و عمود بر سطح، برایند نیروها را برابر صفر قرار می‌دهیم.



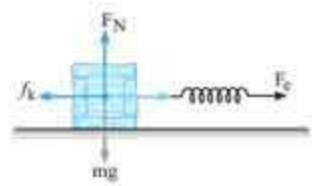
$$\begin{cases} F_e - f_k = 0 \\ F_N - mg = 0 \end{cases} \Rightarrow F_e = f_k$$

$$F_e = \mu_k F_N \xrightarrow[F_e=kx]{F_N=mg} kx = \mu_k mg \Rightarrow x = \frac{\mu_k mg}{k} \Rightarrow x = \frac{0/2\times 20\,(N)}{1\,(N/cm)} \Rightarrow x = 4\,cm$$

مثال: جسمی به جرم ۵kg با یک فنر با ثابت $100\,N/m$ روی سطح افقی با شتاب ثابت $2\,m/s^2$ کشیده می‌شود. اگر تغییر طول فنر از حالت عادی ۳۰cm باشد، ضریب اصطکاک جنبشی جسم با سطح چقدر است؟

۱) ۰/۱ ۲) ۰/۲ ۳) ۰/۳ ۴) ۰/۴

پاسخ: (گزینه ۴) **گام اول:** نیروهای وارد بر جسم را مشخص می‌کنیم.



گام دوم: از قانون دوم نیوتون استفاده می‌کنیم و برای راستای موازی سطح (افقی) و عمود بر سطح می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} F - f_k = ma \\ F_N = mg \end{cases} \xrightarrow[f_k=\mu_k F_N]{F=kx} kx - \mu_k mg = ma$$

با جایگذاری در رابطهٔ فوق، ضریب اصطکاک جنبشی را حساب می‌کنیم:

$$100\times 0/3 - \mu_k \times 50 = 5\times 2 \Rightarrow \mu_k = 0/4$$

مثال: با فنری به طول ۲۵cm با ثابت $2\,N/cm$ جسمی را به سقف یک آسانسور آویزان کرده‌ایم و طول فنر به ۳۰cm رسیده است. اگر آسانسور با شتاب ثابت و رو به بالای $1\,m/s^2$ به طرف بالا حرکت کند، جرم جسم چند کیلوگرم است؟

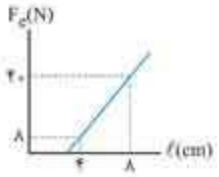
۱) $\frac{10}{11}$ ۲) $\frac{10}{9}$ ۳) $\frac{1000}{11}$ ۴) $\frac{1000}{9}$

پاسخ: (گزینه ۱) **گام اول:** نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم.

گام دوم: شتاب آسانسور رو به بالاست. قانون دوم نیوتون را در راستای حرکت (راستای قائم) برای جسم می‌نویسیم و جرم آن را حساب می‌کنیم:

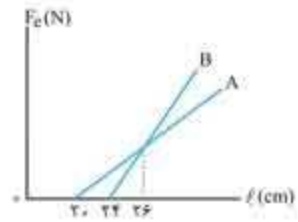
$$F_e - mg = ma \xrightarrow{F_e=kx} kx - mg = ma$$

$$\xrightarrow[x=0/3-0/25=0/05\,m]{k=200\,N/m} 200\times 0/05 = m(10+1) \Rightarrow m = \frac{10}{11}\,kg$$



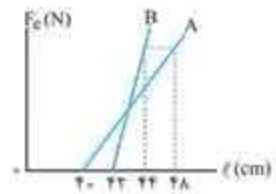
۷۹۶ نمودار اندازهٔ نیروی کشسانی فنر برحسب طول آن، مطابق شکل است. اگر این فنر را از دو طرف با نیروی افقی ۲۴ N بکشیم، طول آن چند سانتی‌متر می‌شود؟ (جرم فنر ناچیز فرض شود) (کانون فرهنگی آموزش)

۱) ۳
۲) ۶
۳) ۸
۴) ۱۰



۷۹۷ شکل روبه‌رو، نیروی کشسانی فنرهای A و B را بر حسب طول آن‌ها نشان می‌دهد. اگر نیروی F، طول فنر A را به ۳۰ cm برساند، همین نیرو طول فنر B را تقریباً به چند سانتی‌متر می‌رساند؟

۱) ۲۷/۳
۲) ۳/۳
۳) ۶/۶
۴) ۳۰/۶



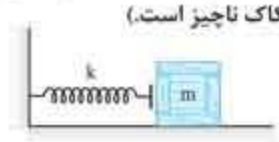
۷۹۸ در شکل روبه‌رو، نمودار نیروی کشسانی وارد بر دو فنر A و B برحسب طول فنرها نشان داده شده است. ثابت فنر A چند برابر ثابت فنر B است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) $\frac{۱}{۸}$
۲) $\frac{۱}{۶}$
۳) $\frac{۱}{۴}$
۴) $\frac{۱}{۲}$

۷۹۹ در شکل زیر، جسمی به جرم m را با یک فنر با ثابت k فشرده کرده‌ایم و آن را از حالت سکون رها می‌کنیم. اگر اصطکاک ناچیز باشد، کدام گزینه دربارهٔ حرکت جسم از لحظهٔ رها شدن تا لحظهٔ جدا شدن از فنر درست است؟

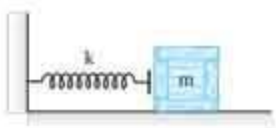
۱) حرکت با شتاب ثابت است.
۲) حرکت با شتاب متغیر است و بزرگی شتاب در حال افزایش است.
۳) حرکت با شتاب متغیر است و بزرگی شتاب در حال کاهش است.
۴) حرکت با سرعت ثابت است.

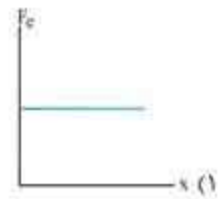
۸۰۰ مطابق شکل زیر اصطکاک ناچیز است و با جسمی به جرم m، یک فنر با ثابت k را به اندازهٔ x فشرده می‌کنیم و سپس آن را روی سطح افقی رها می‌کنیم. شتاب جسم در لحظهٔ رها کردن و در لحظهٔ جدا شدن از فنر به‌ترتیب از راست به چپ کدام است؟ (اصطکاک ناچیز است.)

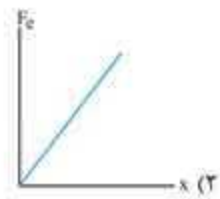


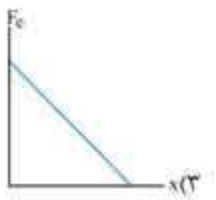
۱) $\frac{kx}{m}$ ، $\frac{kx}{m}$
۲) $\frac{kx}{m}$ ، صفر
۳) $\frac{kx}{m}$ ، بیشتر از $\frac{kx}{m}$
۴) صفر ، $\frac{kx}{m}$

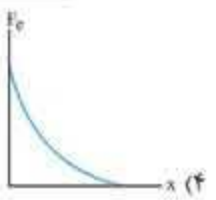
۸۰۱ در شکل روبه‌رو، با جسمی به جرم m فنری با ثابت k را به اندازهٔ x فشرده کرده‌ایم. سپس جسم را رها می‌کنیم تا از فنر جدا شود. در این حالت، کدام گزینه نیروی کشسانی فنر را برحسب تغییر طول فنر درست نشان می‌دهد؟



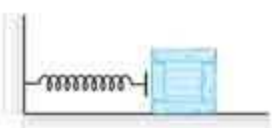
۱) 

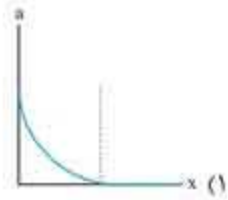
۲) 

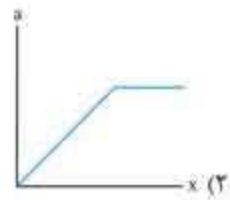
۳) 

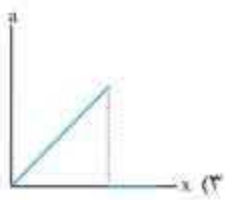
۴) 

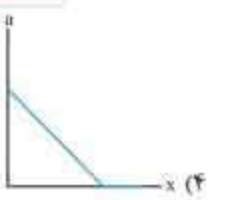
۸۰۲ مطابق شکل روبه‌رو جسمی به جرم m را با یک فنر افقی فشرده می‌کنیم و سپس آن را رها می‌کنیم. اگر اصطکاک جسم با سطح ناچیز باشد، از لحظه‌ای که جسم را رها می‌کنیم، نمودار شتاب جسم بر حسب جابه‌جایی آن کدام است؟



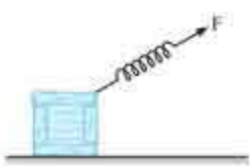
۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۸۰۳ در شکل روبه‌رو ثابت فنر ۱۰۰ N/m است و جسم با شتاب ثابت روی سطح افقی حرکت می‌کند. اگر $\vec{F}=۴\vec{i}+۳\vec{j}$ (در SI) باشد، تغییر طول فنر از حالت عادی‌اش چند سانتی‌متر است؟



۱) ۴
۲) ۳
۳) ۱
۴) ۵

۸۸۳. در شکل مقابل توپی به جرم ۱۰۰g را از یک نقطه بالاتر از سطح زمین رها می‌کنیم. این توپ با تندی ۱۰m/s به سطح زمین برخورد کرده و با تندی ۸m/s بازمی‌گردد. اگر در مدت‌زمان برخورد توپ با سطح زمین، نیروی خالصی به بزرگی ۱۰۰N بر توپ وارد شود، مدت‌زمان برخورد توپ با سطح زمین چند میلی‌ثانیه است؟

۱) ۲ ۲) ۱۸ ۳) ۲۰ ۴) ۱۸۰

۸۸۴. در شرایط خلأ گلوله‌ای به جرم ۱۰۰g از ارتفاع ۴۵ متری سطح زمین رها می‌شود و پس از برخورد به زمین تا ارتفاع ۵ متری بالا می‌رود. اگر مدت زمان برخورد گلوله با زمین برابر با ۰/۱s باشد، اندازهٔ نیروی خالص متوسط وارد بر گلوله در این برخورد چند نیوتون است؟ (g = ۱۰N/kg) (کانون فرهنگی آموزش)

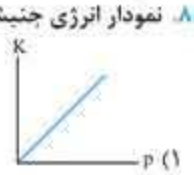
۱) ۲۰ ۲) ۴۰ ۳) ۵۰ ۴) ۳۰

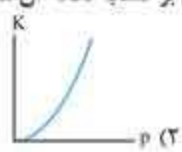
تکانه و انرژی جنبشی

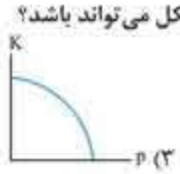
۸۸۵. اگر m، v و p، به‌ترتیب جرم، سرعت و تکانهٔ یک جسم باشند، کدام رابطه نشان‌دهندهٔ انرژی جنبشی آن جسم است؟ (ریاضی ۹۳)

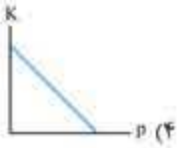
۱) $\frac{mv}{2p}$ ۲) $\frac{pv}{2m}$ ۳) $\frac{p^2}{2m}$ ۴) $\frac{mp^2}{2}$

۸۸۶. نمودار انرژی جنبشی جسم برحسب تکانهٔ آن مطابق کدام شکل می‌تواند باشد؟

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۸۸۷. بزرگی اندازه حرکت (تکانهٔ) جسمی به جرم ۲kg برابر ۶kg.m/s است. انرژی جنبشی جسم چند ژول است؟ (ریاضی ۹۶)

۱) ۳ ۲) ۶ ۳) ۹ ۴) ۱۲

۸۸۸. دو گلوله A و B تکانهٔ یکسانی دارند. اگر جرم گلولهٔ B سه برابر جرم گلولهٔ A باشد و انرژی جنبشی گلولهٔ A برابر ۱۸J باشد، انرژی جنبشی گلولهٔ B چند ژول است؟ (ریاضی خارج ۹۰)

۱) ۲ ۲) ۶ ۳) ۱۲ ۴) ۴۸

۸۸۹. دو جسم A و B با سرعت‌های ثابت در حرکت‌اند و تکانهٔ آن‌ها با یکدیگر برابر است. اگر انرژی جنبشی جسم B، ۵ برابر انرژی جنبشی جسم A باشد، نسبت جرم A به جرم B کدام است؟ (تجربی خارج ۹۸)

۱) $\frac{1}{5}$ ۲) ۱ ۳) $\sqrt{5}$ ۴) ۵

۸۹۰. تکانهٔ اتومبیلی به جرم یک تن با تکانهٔ کامیونی به جرم پنج تن برابر است. انرژی جنبشی کامیون چند برابر انرژی جنبشی اتومبیل است؟ (ریاضی ۸۹)

۱) ۵ ۲) ۲۵ ۳) $\frac{1}{5}$ ۴) $\frac{1}{25}$

۸۹۱. جسمی به جرم ۴kg با سرعت ۱۰m/s در حرکت است. اگر با تغییر سرعت جسم، انرژی جنبشی آن ۹ برابر شود، بزرگی تکانهٔ آن در SI چقدر افزایش می‌یابد؟ (ریاضی خارج ۹۱)

۱) ۸۰ ۲) ۱۲۰ ۳) ۳۲۰ ۴) ۳۶۰

۸۹۲. تکانهٔ جسم A برابر با تکانهٔ جسم B است. اگر جرم جسم A دو برابر جسم B باشد، انرژی جنبشی آن چند برابر انرژی جنبشی جسم B است؟ (ریاضی ۸۷)

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

۸۹۳. انرژی جنبشی یک دوندهٔ ۴۰ کیلوگرمی با انرژی جنبشی یک گلولهٔ ۱۰۰ گرمی برابر است. در این حالت، بزرگی تکانهٔ دونده چند برابر بزرگی تکانهٔ گلوله است؟ (تجربی خارج ۹۱)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۵ ۴) ۲۰

۸۹۴. اگر تکانهٔ گلوله‌ای در SI از ۲۰ به ۲۲ برسد، انرژی جنبشی گلوله چند درصد افزایش می‌یابد؟ (ریاضی ۹۸)

۱) ۱۰ ۲) ۱۲ ۳) ۲۱ ۴) ۴۲

۸۹۵. اگر تکانهٔ جسمی ۲۰ درصد افزایش یابد، انرژی جنبشی جسم چند درصد تغییر می‌کند؟

۱) ۱/۴۴ ۲) ۱/۲ ۳) ۴۴ ۴) ۳۰

۸۹۶. اگر با ثابت ماندن جرم یک گلوله، انرژی جنبشی آن ۷۵ درصد کاهش یابد، اندازهٔ تکانهٔ آن گلوله چند درصد کاهش می‌یابد؟ (تجربی خارج ۸۹)

۱) ۲۰ ۲) ۲۵ ۳) ۵۰ ۴) ۷۵

۸۹۷. اگر تکانهٔ جسمی به جرم ۲kg، ده درصد افزایش یابد، انرژی جنبشی جسم ۲J زیاد می‌شود. تکانهٔ اولیهٔ جسم تقریباً چند ژول بوده است؟

۱) ۷ ۲) ۶/۳ ۳) ۸/۲ ۴) ۵

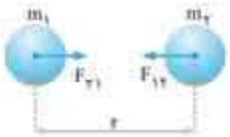
۸۹۸. در شکل روبه‌رو از یک ارتفاع معین توپی به جرم ۵۰۰g را رها می‌کنیم و با سرعت ۱۰m/s به زمین برخورد می‌کند و بر می‌گردد. اگر در این برخورد ۱۹٪ انرژی جنبشی توپ تلف شود، اندازهٔ تغییر تکانهٔ توپ چند واحد SI است؟

۱) ۰/۵ ۲) ۰/۹ ۳) ۴/۵ ۴) ۹/۵

۱۴ نیروی گرانشی

نیروی جاذبه‌ای است که به سبب جرم اجسام پدید می‌آید. نیروی گرانشی یکی از چهار نیروی بنیادی است که در طبیعت وجود دارد و این نیرو بین هر دو ذره مانند پروتون‌ها و نوترون‌ها، اجسام عادی مانند میز و صندلی و اتومبیل‌ها و حتی آدم‌ها! وجود دارد. زیرا همهٔ این‌ها جرم دارند. همهٔ اجسام بر هم نیروی گرانشی وارد می‌کنند؛ چه نزدیک به هم باشند و چه در فاصله دور مانند خورشید و سیارات و کهکشان‌ها.

بزرگی نیروی گرانشی بین دو ذره به جرم‌های m_1 و m_2 که در فاصلهٔ r از یکدیگرند از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:



$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$G = 6/67\times10^{-11}\ N.m^2/kg^2$ ثابت جهانی گرانش

تذکر: رابطهٔ $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$ برای اجسام ذره‌ای صدق می‌کند.

نکته: نیروی گرانشی بین دو جسم، کنش و واکنش یکدیگرند و اندازهٔ یکسان و جهتی مخالف یکدیگر دارند. مثلاً نیروی گرانشی زمین بر یک توپ فوتبال برابر نیروی گرانشی است که توپ بر زمین وارد می‌کند.

$$F_{21} = F_{12} = F \quad , \quad \vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$$

مثال: دو جسم کوچک (ذره) هر دو به جرم ۱۰۰kg در فاصلهٔ ۱ متری از یکدیگر قرار دارند. نیروی گرانشی بین آن‌ها چند نیوتون است؟

۱) $6/67\times10^{-9}$ ۲) $6/67\times10^{-7}$ ۳) $66/7\times10^{-7}$ ۴) $66/7\times10^{-9}$

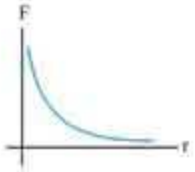
پاسخ: گزینه ۲

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2} = 6/67\times10^{-11}\times\frac{100\times100}{1^2} = 6/67\times10^{-7}\ N$$

نکته:

۱ ثابت جهانی گرانش $G = 6/67\times10^{-11}\ N.m^2/kg^2$ مقدار بسیار کوچکی است. از این‌رو نیروی گرانشی بین اجسامی که با آن‌ها سر و کار داریم بسیار کم و ناچیز است.

۲ نمودار نیروی گرانش بین دو ذره بر حسب فاصله آن‌ها مطابق شکل روبه‌رو است.



مثال: اگر نیروی گرانشی خورشید بر سیارهٔ A در فاصلهٔ R برابر F باشد، نیروی گرانشی خورشید بر سیارهٔ B که ۱۰ برابر جرم سیاره A را دارد و در فاصلهٔ ۴R از خورشید است چند F می‌باشد؟

۱) ۲/۵ ۲) ۱/۲ ۳) $\frac{5}{8}$ ۴) ۱/۶

پاسخ: گزینه ۳ از رابطهٔ نیروی گرانشی استفاده می‌کنیم و نسبت نیروها را در دو حالت می‌نویسیم:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2} \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{m_1' m_2'}{m_1 m_2}\times(\frac{r}{r'})^2$$

اگر $m_1 = m_A$ و $m_1' = m_B$ و $m_2' = m_2 = m_S$ (جرم خورشید) باشد داریم $m_B = 10m_A$، پس می‌توان نوشت:

$$\frac{F'}{F} = \frac{10m_A m_S}{m_A m_S}\times(\frac{R}{4R})^2 \Rightarrow \frac{F'}{F} = \frac{10}{16} = \frac{5}{8}$$

نیروی گرانشی زمین بر جسم m

۱ اگر جسمی به جرم m در ارتفاع h از سطح زمین (با جرم M_e و شعاع R_e) باشد، نیروی گرانشی زمین بر جسم را می‌توان از رابطهٔ روبه‌رو حساب کرد:

$$F = G\frac{m M_e}{(R_e + h)^2} \quad (1)$$

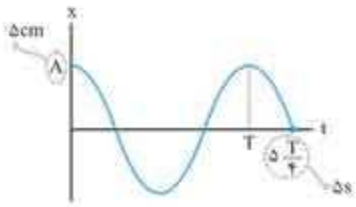
نکته: نیروی گرانشی زمین به همهٔ اجسامی که دور زمین می‌چرخند، مانند ماه و ماهواره‌ها از رابطهٔ (1) به‌دست می‌آید.

۲ **نیروی وزن جسم در سطح زمین:** اگر جسم روی سطح زمین قرار داشته باشد ($h = 0$) یا خیلی نزدیک به سطح زمین باشد ($h \simeq 0$)، نیروی گرانشی زمین بر جسم برابر نیروی وزن جسم است و به صورت زیر نیز به‌دست می‌آید:

$$h \simeq 0 \Rightarrow F = G\frac{m M_e}{R_e^2} \xrightarrow{F=W} W = G\frac{m M_e}{R_e^2} \quad (2)$$

۳ از رابطهٔ (2) و رابطهٔ وزن جسم یعنی $W = mg$ می‌توان مقدار شتاب گرانشی در سطح زمین را به‌صورت زیر نیز حساب کرد:

$$\left.\begin{matrix} W = mg \\ F = G\frac{m M_e}{R_e^2} \end{matrix}\right\} \xrightarrow{W=F} g = \frac{G M_e}{R_e^2}$$



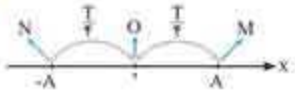
گام دوم: طول پاره‌خط نوسان دو برابر دامنهٔ نوسان است، در نتیجه داریم: $۲A = ۱۰\,cm \Rightarrow A = ۵cm$

گام سوم: معادلهٔ مکان ـ زمان حرکت هماهنگ ساده به‌صورت $x = A\cos\omega t$ است. حال با داشتن اطلاعات لازم می‌توانیم این نمودار را رسم کنیم. در شکل مقابل $A = ۵\,cm$ و لحظهٔ مشخص شده برابر با $t = \frac{\Delta T}{۴}$ است:

$$t = \frac{\Delta T}{۴} = ۵ \times \frac{۴}{۴} = ۵\,s$$

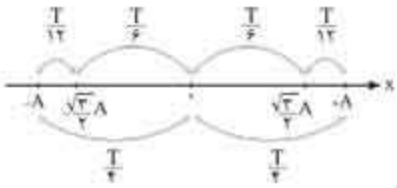
مدت زمان جابه‌جایی نوسانگر بین نقاط خاص (الگوهای زمانی)

از آنجایی که حرکت هماهنگ ساده یک حرکت با شتاب متغیر است و معادلهٔ مکان ـ زمان آن نیز به‌صورت کسینوسی است، برای فرار از حل معادلات مثلثاتی و پاسخ‌گویی سریع‌تر به برخی از تست‌های نوسان زمانی، از الگوهای زمانی زیر برای تعیین مدت زمان جابه‌جایی بین نقاط خاص استفاده می‌کنیم (T دورهٔ تناوب نوسانگر است):

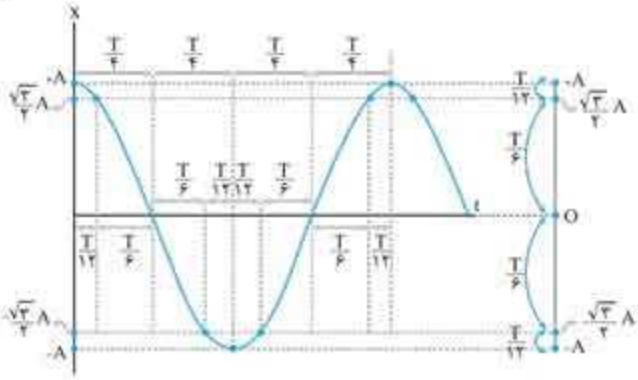


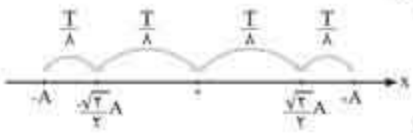
۱ $x = \pm A$

یعنی اگر یک نوسان کامل را به چهار قسمت یا ربع (OM , NO , ON , MO) تقسیم کنیم، نوسانگر هر ربع را در مدت زمان $\frac{T}{۴}$ طی می‌کند.

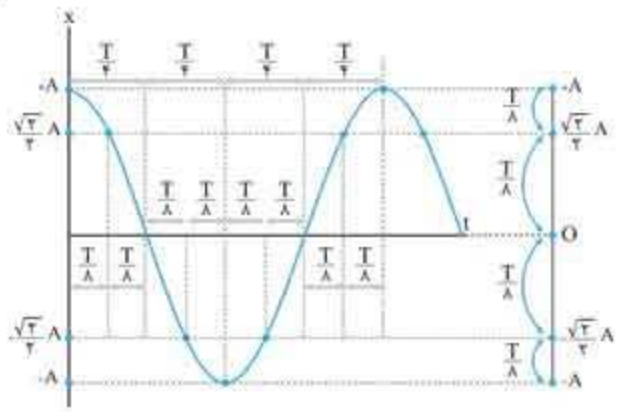


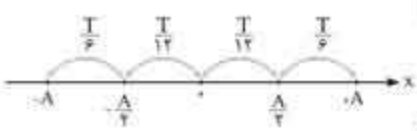
۲ $x = \pm\frac{\sqrt{۳}}{۲}A$



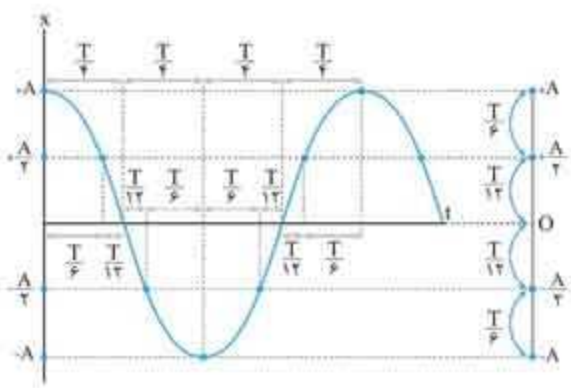


۳ $x = \pm\frac{\sqrt{۲}}{۲}A$

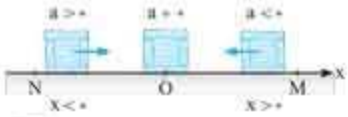




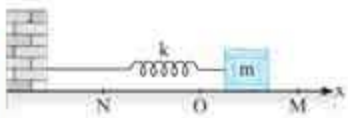
۴ $x = \pm\frac{۱}{۲}A$

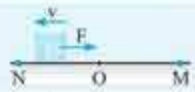


رابطهٔ به‌دست آمده، معادلهٔ شتاب ـ مکان نوسانگر هماهنگ ساده است. مشاهده می‌کنید که همواره علامت شتاب و مکان نوسانگر مخالف یکدیگر است. مطابق شکل، شتاب نوسانگر همواره به سمت مرکز نوسان است، یعنی جهت حرکت تأثیری در علامت شتاب ندارد و فقط علامت مکان جسم مهم است.



نکته: مطابق شکل مقابل، نوسانگر جرم و فنری را در نظر بگیرید که حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. در جدول زیر در چهار وضعیت، پارامترهای مربوط به نوسانگر را تحلیل کرده‌ایم:



وضعیت نوسانگر	شکل	مکان x	سرعت v	نیروی F	شتاب a	نوع حرکت
نوسانگر در مسیر MO در حال نزدیک شدن به مبدأ است.		+	−	−	−	تندشونده
نوسانگر در مسیر ON در حال نزدیک شدن به انتهای مسیر است.		−	−	+	+	کندشونده
نوسانگر در مسیر NO در حال نزدیک شدن به مبدأ است.		−	+	+	+	تندشونده
نوسانگر در مسیر OM در حال نزدیک شدن به انتهای مسیر است.		+	+	−	−	کندشونده

* در جدول فوق هم مشاهده می‌کنید که در لحظهٔ عبور نوسانگر از مرکز نوسان (نقطهٔ O) علامت نیرو و شتاب تغییر می‌کند.

مثال: نوسانگر هماهنگ ساده‌ای با دورهٔ تناوب $\frac{1}{3}s$ در حال نوسان است. بزرگی شتاب نوسانگر در مکان $x=5cm$ چند متر بر مجذور ثانیه است؟ ($\pi^2 \simeq 10$)

۱) ۶ ۲) ۹ ۳) ۱۲ ۴) ۱۸

پاسخ: (گزینه ۴) گام اول: با استفاده از رابطهٔ $\omega = \frac{2\pi}{T}$، بسامد زاویه‌ای را محاسبه می‌کنیم:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \xrightarrow{T=\frac{1}{3}s} \omega = \frac{2\pi}{\frac{1}{3}} = 6\pi \, rad/s$$

گام دوم: شتاب نوسانگر در مکان $x=5cm$ را از رابطهٔ $a=-\omega^2 x$ به‌دست می‌آوریم:

$$a=-\omega^2 x \xrightarrow[x=5cm=5\times10^{-2}m]{\omega=6\pi \, rad/s} a=-(6\pi)^2\times(5\times10^{-2}) = -36\pi^2\times5\times10^{-2} \xrightarrow{\pi^2=10} a=-18\,m/s^2$$

بزرگی شتاب در این مکان $18\,m/s^2$ است.

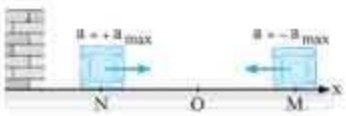
نکته: ۱ نوسانگر هماهنگ ساده‌ای را در نظر بگیرید. اگر شتاب آن در مکان x_1 را a_1 و شتاب آن در مکان x_2 را a_2 بنامیم، با استفاده از رابطهٔ $a=-\omega^2 x$ می‌توان نوشت:

$$\left.\begin{matrix} a_1=-\omega^2 x_1 \\ a_2=-\omega^2 x_2 \end{matrix}\right\} \Rightarrow \frac{a_2}{a_1}=\frac{-\omega^2 x_2}{-\omega^2 x_1} \Rightarrow \frac{a_2}{a_1}=\frac{x_2}{x_1}$$

۲ طبق رابطهٔ $a=-\omega^2 x$ مشخص است که هر چه‌قدر اندازهٔ x بزرگ‌تر باشد، اندازهٔ شتاب نوسانگر بزرگ‌تر است. می‌دانیم که حداکثر x برابر با دامنهٔ نوسان است؛ بنابراین بیشینهٔ شتاب نوسانگر در دو سر پاره خط نوسان رخ می‌دهد و برابر است با:

$$a=-\omega^2 x \xrightarrow[a_{max}=|a|]{x=\pm A} a_{max}=A\omega^2$$

مطابق شکل، وقتی نوسانگر به دو سر پاره‌خط نوسان می‌رسد، بزرگی شتاب آن بیشینه است.



مثال: دورهٔ تناوب و دامنهٔ نوسان حرکت هماهنگ ساده‌ای به ترتیب ۲s و ۱۰cm است. بیشینه شتاب این نوسانگر چند متر بر مجذور ثانیه است؟ ($\pi^2 \simeq 10$)

۱) ۰/۱ ۲) ۱ ۳) ۰/۲ ۴) ۲

پاسخ: (گزینه ۲) گام اول: با استفاده از رابطهٔ $\omega = \frac{2\pi}{T}$، بسامد زاویه‌ای را محاسبه می‌کنیم:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \xrightarrow{T=2s} \omega = \frac{2\pi}{2} = \pi \, rad/s$$

گام دوم: بیشینهٔ شتاب نوسانگر هماهنگ ساده از رابطهٔ $a_{max}=A\omega^2$ به‌دست می‌آید:

$$a_{max}=A\omega^2 \xrightarrow[\omega=\pi \, rad/s]{A=10cm=0/1m} a_{max}=0/1\times\pi^2 \xrightarrow{\pi^2=10} a_{max}=1\,m/s^2$$

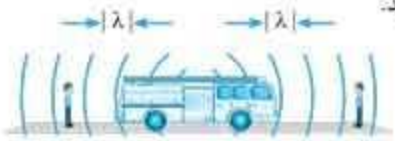
۲۰ اثر دوپلر

تغییر بسامد صوت به علت حرکت چشمهٔ صوت و ناظر (شنونده) را اثر دوپلر می‌نامند. احتمالاً تا به حال به صدای ماشین‌های خیابان دقت کرده‌اید، صدایی که هنگام نزدیک‌شدن ماشین می‌شنوید، با صدایی که هنگام دور شدن آن می‌شنوید، کاملاً متفاوت است. علت این اتفاق، اثر دوپلر است.

نکته: طبق اثر دوپلر، هنگامی که چشمهٔ صوت و شنونده به هم نزدیک شوند، بسامد صوت دریافتی توسط شنونده بیشتر از بسامد چشمهٔ صوت بوده و هنگامی که چشمهٔ صوت و شنونده از هم دور می‌شوند، بسامد صوت دریافتی توسط شنونده کم‌تر از بسامد چشمهٔ صوت می‌باشد. در ادامه اثر دوپلر را در دو حالت خاص بررسی می‌کنیم:

چشمهٔ موج متحرک و ناظر (شنونده) ساکن

۱ در شکل (الف)، جبهه‌های موج حاصل از صدای آژیر یک ماشین آتش‌نشانی ساکن را مشاهده می‌کنید. در این حالت، فاصلهٔ جبهه‌های موج در جلو و عقب ماشین یکسان است.



(الف)

۲ در شکل (ب)، ماشین آتش نشانی به سمت راست حرکت می‌کند. مشاهده می‌کنید که در این حالت فاصلهٔ جبهه‌های موج در جلو و عقب ماشین، یکسان نیست.

(ب)

۳ وقتی ماشین آتش‌نشانی به سمت راست حرکت می‌کند، فاصلهٔ جبهه‌های موج در جلوی آن کم‌تر می‌شود و این یعنی طول موج صوت دریافتی توسط ناظری که در جلوی ماشین قرار دارد، نسبت به حالت سکون ماشین، کاهش می‌یابد و طبق رابطهٔ $\lambda = \frac{v}{f}$، بسامد صوت دریافتی توسط این ناظر افزایش می‌یابد.

۴ با حرکت ماشین آتش‌نشانی به سمت راست، فاصلهٔ جبهه‌های موج در پشت آن افزایش می‌یابد و این یعنی طول موج صوت دریافتی توسط ناظری که در پشت ماشین قرار دارد، نسبت به حالت سکون ماشین، افزایش می‌یابد و طبق رابطهٔ $\lambda = \frac{v}{f}$، بسامد صوت دریافتی توسط این ناظر کاهش می‌یابد.

مثال: **در شکل زیر دو ناظر A و B ساکن هستند و ماشین پلیس با آژیر روشن در حال نزدیک شدن به ناظر A است. اگر بسامد و طول موج صوت دریافتی توسط ناظر A را به ترتیب با f_A و λ_A و بسامد و طول موج صوت دریافتی توسط ناظر B را با f_B و λ_B نشان دهیم، کدام گزینه درست است؟**

۱) $\lambda_A > \lambda_B \quad , \quad f_A > f_B$

۲) $\lambda_A < \lambda_B \quad , \quad f_A < f_B$

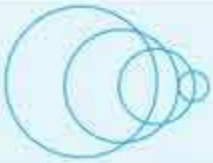
۳) $\lambda_A < \lambda_B \quad , \quad f_A > f_B$

۴) $\lambda_A > \lambda_B \quad , \quad f_A < f_B$

پاسخ: **گزینه ۳** **گام اول:** چشمهٔ صوت در حال حرکت به سمت راست است و طبق اثر دوپلر می‌دانیم طول موج در جلوی چشمهٔ موج متحرک، کم‌تر از طول موج در پشت آن است: $\lambda_A < \lambda_B$

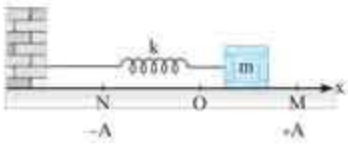
گام دوم: چشمهٔ صوت در حال نزدیک شدن به ناظر A است و طبق اثر دوپلر بسامد صوت برای ناظر A افزایش می‌یابد، همچنین چون چشمهٔ صوت در حال دور شدن از ناظر B است، بسامد صوت دریافتی توسط ناظر B کم‌تر از بسامد صوت تولید شده توسط آژیر است: $f_A > f_B$

نکته: وضعیت جبهه‌های موج یک چشمهٔ موج در فضای اطرافش را در چهار حالت رسم می‌کنیم:

نحوهٔ حرکت چشمه	چشمهٔ صوت ساکن است.	چشمهٔ صوت با تندی کم‌تری از تندی صوت به سمت راست می‌رود.	چشمهٔ صوت با تندی برابر با تندی صوت به سمت راست می‌رود.	چشمهٔ صوت با تندی بیشتر از تندی صوت به سمت راست می‌شود.
وضعیت جبهه‌های موج				

۸ انرژی در حرکت هماهنگ ساده

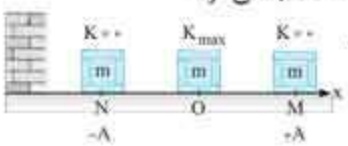
مطابق شکل روبه‌رو نوسانگر جرم و فنری را در نظر بگیرید که روی سطح افقی بدون اصطکاکی نوسان می‌کند. این سامانه دارای انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل کشسانی است. به مجموع این دو، انرژی مکانیکی گفته می‌شود.



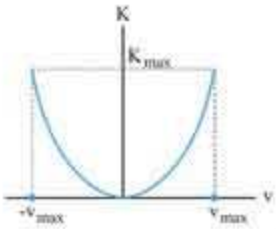
انرژی جنبشی نوسانگر (K)

انرژی جنبشی سامانهٔ نوسانگر جرم و فنر به جرم قطعهٔ متصل به فنر و تندی آن بستگی دارد و از رابطهٔ $K=\frac{1}{2}mv^2$ محاسبه می‌شود.

از آن‌جایی که حرکت هماهنگ ساده یک حرکت با سرعت متغیر است، تندی نوسانگر دائماً در حال تغییر است. تندی نوسانگر در دو سر پاره خط نوسان ($x=\pm A$) صفر و در نتیجه انرژی جنبشی آن صفر است. همچنین در لحظهٔ عبور نوسانگر از مرکز نوسان (نقطهٔ O) تندی بیشینه و در نتیجه انرژی جنبشی بیشینه ($K=K_{max}$) است.



نکته: نمودار انرژی جنبشی نوسانگر برحسب سرعت آن یک سهمی به شکل روبه‌رو است.



$K=\frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow K$ برحسب v یک سهمی است.

مثال: در شکل زیر نوسانگر در حال نزدیک شدن به مرکز نوسان و تندی آن در لحظهٔ نشان داده شده برابر با ۴ m/s است. انرژی جنبشی این نوسانگر برابر با ..... ژول و در حال ..... است.

۱) ۱۶، افزایش
۲) ۱۶، کاهش
۳) ۴، افزایش
۴) ۴، کاهش

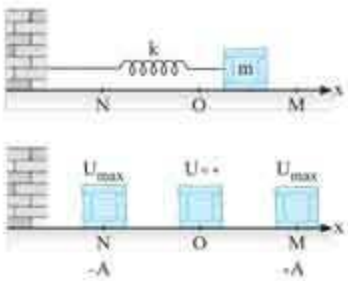
پاسخ: (گزینه ۱) **گام اول:** با استفاده از رابطهٔ $K=\frac{1}{2}mv^2$، انرژی جنبشی نوسانگر را محاسبه می‌کنیم:

$$K=\frac{1}{2}mv^2 \xrightarrow[v=4m/s]{m=2kg} K=\frac{1}{2}\times 2\times 4^2=16J$$

گام دوم: چون نوسانگر در حال نزدیک شدن به مرکز نوسان است؛ در نتیجه حرکت آن تندشونده و انرژی جنبشی آن درحال افزایش است.

انرژی پتانسیل نوسانگر (U)

وقتی فنری فشرده یا باز می‌شود، در سامانهٔ جرم و فنر انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره می‌شود. هر چقدر میزان باز شدن یا فشرده شدن فنر بیشتر باشد، انرژی پتانسیل کشسانی بیشتری در آن ذخیره می‌شود. وقتی نوسانگر در مرکز نوسان (نقطهٔ O) قرار دارد، فنر طول عادی خود را دارد و انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در آن صفر است اما هرچقدر نوسانگر از مرکز نوسان فاصله می‌گیرد، تغییر طول فنر بیشتر شده و انرژی پتانسیل کشسانی بیشتری در آن ذخیره می‌شود. انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر در نقاط بازگشتی (دو سر پاره خط نوسان) بیشینه و برابر با U_{max} است.



نکته: نوسانگر جرم و فنری را در نظر بگیرید که ضریب سختی فنر k و دامنهٔ نوسان A است. بیشینهٔ انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر برابر است با:

$$U_{max}=\frac{1}{2}kA^2$$

در رابطهٔ فوق k برحسب N/m و A برحسب m و U_{max} برحسب J است؛ بنابراین حالا می‌توان گفت که وقتی نوسانگر به دو انتهای پاره‌خط نوسان (نقاط بازگشت) می‌رسد، انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در آن بیشینه و برابر با $U_{max}=\frac{1}{2}kA^2$ است.

مثال: نوسانگر جرم و فنری روی پاره خطی به طول ۲۰cm، نوسان می‌کند. اگر ضریب سختی فنر برابر با ۴۰۰N/m باشد، انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در این سامانه در نقاط بازگشت چند ژول است؟

۱) صفر
۲) ۲
۳) ۴
۴) ۸

پاسخ: (گزینه ۲)

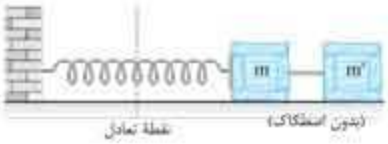
گام اول: طول پاره خط نوسان دو برابر دامنهٔ نوسان است:

$$2A=20cm \Rightarrow A=10cm=10^{-1}m$$

گام دوم: انرژی پتانسیل کشسانی مجموعه در دو سر پاره خط نوسان (نقاط بازگشت) بیشینه و برابر با $U_{max}=\frac{1}{2}kA^2$ است:

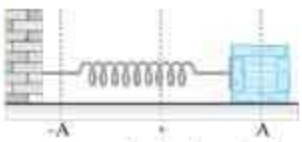
$$U=U_{max}=\frac{1}{2}kA^2 \xrightarrow[A=10^{-1}m]{k=400N/m} U_{max}=\frac{1}{2}\times 400\times(10^{-1})^2 \Rightarrow U_{max}=2J$$

۱۱۴۸. در شکل زیر، m و m' با میلهٔ سبکی به هم متصل‌اند. دستگاه حول نقطهٔ تعادل نوسان می‌کند. لحظه‌ای که جرم‌ها به دورترین فاصله از نقطهٔ تعادل می‌رسند، جرم m' را جدا می‌کنیم. دامنهٔ نوسان جرم m چگونه تغییر می‌کند؟



۱) کم‌تر می‌شود.
۲) بیشتر می‌شود.
۳) تغییر نمی‌کند.
۴) بدون داشتن ثابت فنر و جرم‌ها نمی‌توان پاسخ داد.

۱۱۴۹. مطابق شکل، جسمی به جرم ۲۰۰g روی پاره‌خطی به طول ۱۰cm حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر انرژی مکانیکی نوسانگر ۱۰J باشد، دورهٔ تغییرات انرژی پتانسیل جسم چند ثانیه است؟



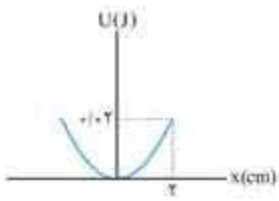
۱) $\frac{\pi}{۱۰۰}$
۲) $\frac{\pi}{۲۰۰}$
۳) $\frac{\pi}{۵۰}$
۴) $\frac{\pi}{۲۵}$

۱۱۵۰. وزنه‌ای به جرم ۲۰ گرم به فنری با ثابت $۸۰۰\,N/m$ متصل است و در راستای افقی با دامنهٔ ۴cm حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. در لحظه‌ای که سرعت نوسانگر نسبت به سرعت آن در مرکز نوسان ۲۵ درصد کاهش یافته است، انرژی پتانسیل کشسانی آن چند ژول است؟ (از نیروهای اتلافی چشم‌پوشی شود.) (کانون فرهنگی آموزش)

۱) ۰/۶۲
۲) ۰/۱۷۵
۳) ۰/۲۸
۴) ۰/۳۵

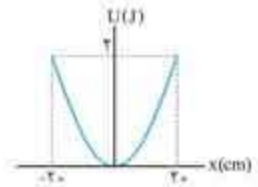
نمودارهای انرژی

۱۱۵۱. نمودار انرژی پتانسیل ـ مکان نوسانگری به جرم ۴۰۰g مطابق شکل است. دورهٔ حرکت نوسانگر چند ثانیه است؟ $(\pi^2 = ۱۰)$ (ریاضی ۸۷)



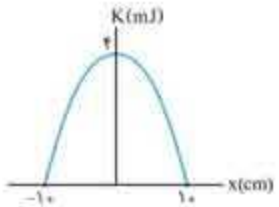
۱) ۰/۲
۲) ۰/۴
۳) ۲
۴) ۴

۱۱۵۲. نمودار انرژی پتانسیل برحسب مکان نوسانگر هماهنگ ساده‌ای مطابق شکل است. بیشینهٔ نیروی وارد بر این نوسانگر چند نیوتون است؟



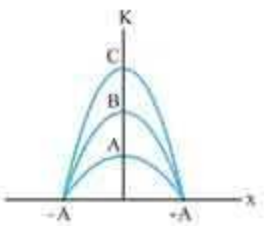
۱) ۱
۲) ۲
۳) ۱۰
۴) ۲۰

۱۱۵۳. نمودار انرژی جنبشی ـ مکان یک نوسانگر ساده به جرم ۲g مطابق شکل است. دورهٔ تناوب این نوسانگر چند ثانیه است؟



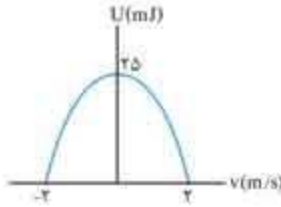
۱) $\frac{\pi}{۱۰}$
۲) $\frac{\pi}{۲۰}$
۳) $\frac{۱}{۱۰}$
۴) $\frac{۱}{۲۰}$

۱۱۵۴. نمودارهای انرژی جنبشی برحسب مکان سه نوسانگر هماهنگ سادهٔ A، B و C مطابق شکل است. اگر جرم این سه نوسانگر برابر باشد، کدام گزینه مقایسهٔ دورهٔ تناوب این سه را به درستی نشان می‌دهد؟



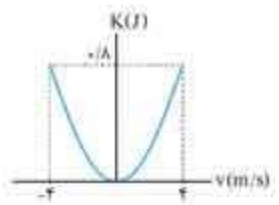
۱) $T_A = T_B = T_C$
۲) $T_A > T_B > T_C$
۳) $T_A < T_B < T_C$
۴) $T_B = \frac{T_A + T_C}{۲}$

۱۱۵۵. نمودار تغییرات انرژی پتانسیل برحسب سرعت یک نوسانگر جرم و فنر مطابق شکل است. اگر ضریب سختی فنر $۲۰\,N/m$ باشد، بسامد نوسان چند هرتز است؟

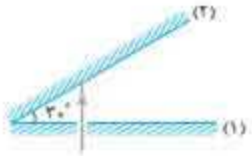


۱) $\frac{۲۰}{\pi}$
۲) $\frac{۱۵}{\pi}$
۳) $\frac{۱۰}{\pi}$
۴) $\frac{۵}{\pi}$

۱۱۵۶. نمودار تغییرات انرژی جنبشی برحسب سرعت یک نوسانگر جرم و فنر، مطابق شکل است. اگر ضریب سختی فنر $۱۰\,N/m$ باشد، دورهٔ تناوب چند ثانیه است؟



۱) $\frac{\pi}{۲}$
۲) $\frac{\pi}{۴}$
۳) $\frac{\pi}{۵}$
۴) $\frac{\pi}{۱۰}$



۱۵۲۳. دو آینهٔ تخت با طول زیاد، مطابق شکل با هم زاویهٔ ۳۰° می‌سازند. در آینهٔ (۱) روزنه‌ای ایجاد شده و باریکهٔ نور به طور عمود بر آینهٔ (۱)، از آن می‌گذرد. این نور چند بار در برخورد به آینه‌ها بازتاب خواهد شد؟ (ریاضی خارج ۹۲)

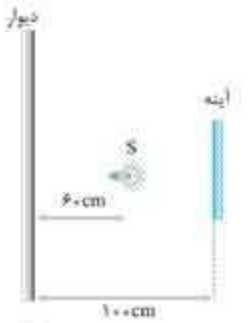
۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱۵۲۴. در شکل روبه‌رو کدام‌یک از بیننده‌ها، تصویر مربوط به شیء **P** را در آینه نمی‌تواند ببیند؟ (تجربی خارج ۸۵)

۱) A ۲) B ۳) C ۴) D

۱۵۲۵. شخصی با قد ۱۸۰cm در مقابل آینهٔ تختی قرار دارد. حداقل طول آینه چقدر باشد تا شخص بتواند تصویر تمام‌قد خود را در آینه ببیند؟

۱) ۶۰ ۲) ۹۰ ۳) ۱۲۰ ۴) ۱۸۰



۱۵۲۶. مطابق شکل، یک پروژکتور در نقطهٔ S رو به آینه قرار داده‌ایم. اگر طول آینه ۶۰cm باشد، چه طولی برحسب متر از دیوار پشت پروژکتور روشن می‌شود؟ (ابعاد پروژکتور را بسیار کوچک در نظر بگیرید.)

۱) ۱/۶
۲) ۱/۸
۳) ۲/۱
۴) ۲/۴

۱۵۲۷. در شکل روبه‌رو لامپی که فقط به سمت راست خودش نور می‌دهد، در حال نزدیک شدن به آینه است. در طی این جابه‌جایی قطر لکهٔ روشن روی دیوار که به دلیل بازتاب از آینه ایجادشده است، چگونه تغییر می‌کند؟ (ابعاد لامپ را خیلی کوچک در نظر بگیرید)

۱) افزایش می‌یابد.
۲) کاهش می‌یابد.
۳) ثابت می‌ماند.
۴) ابتدا افزایش، سپس کاهش می‌یابد.

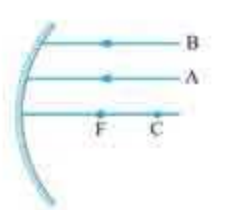
۱۵۲۸. در شکل روبه‌رو، لامپی که فقط به سمت راست خودش نور می‌دهد از نقطهٔ A تا B، موازی آینه جابه‌جا می‌شود. در طی این جابه‌جایی، قطر لکهٔ روشن روی دیوار که به دلیل بازتاب نور از آینه ایجاد شده است، چگونه تغییر می‌کند؟

۱) همواره ثابت است.
۲) ابتدا افزایش، سپس کاهش می‌یابد.
۳) ابتدا کاهش، سپس افزایش می‌یابد.
۴) بستگی به فاصلهٔ بین دیوار تا آینه دارد.

آینه‌های کروی

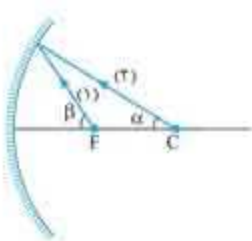
۱۵۲۹. دربارهٔ پرتویی که عمود بر سطح یک آینهٔ کروی می‌تابد، کدام گزینه نادرست است؟

۱) راستای این پرتو از مرکز آینه می‌گذرد.
۲) زاویهٔ تابش آن صفر درجه است.
۳) زاویهٔ انحراف آن صفر است.
۴) راستای انتشار پرتوی تابش و بازتابش یکسان است.



۱۵۳۰. مطابق شکل دو پرتوی A و B موازی محور اصلی یک آینهٔ کروی به آن برخورد می‌کنند. اگر زاویهٔ تابش را با i و زاویهٔ بازتابش را با r نمایش دهیم، کدام گزینه مقایسهٔ درستی است؟

۱) $r_A = r_B \cdot i_A = i_B$
۲) $r_A > r_B \cdot i_A > i_B$
۳) $r_A < r_B \cdot i_A < i_B$
۴) $r_A = r_B \cdot i_A < i_B$



۱۵۳۱. در شکل روبه‌رو دو پرتو از مرکز و کانون یک آینهٔ کروی بر آن می‌تابند. زاویهٔ بین پرتوهای بازتابش این دو پرتو کدام است؟

۱) α ۲) $\frac{\beta}{2}$ ۳) 2α ۴) گزینه‌های «۱» و «۲» هر دو درست هستند.

نکته: برای رسم نقش یک موج پس از مدت زمان Δt به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

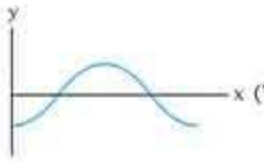
۱ با استفاده از رابطهٔ $\frac{\Delta x}{\lambda}=\frac{\Delta t}{T}$، مسافت طی‌شده توسط موج (Δx) در این مدت را محاسبه می‌کنیم.

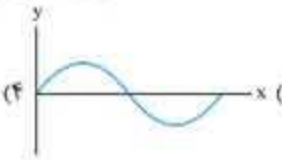
۲ جهت انتشار موج را تعیین می‌کنیم.

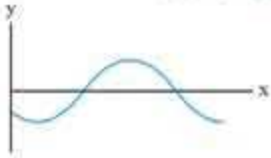
۳ بسته به این‌که موج به سمت راست یا چپ حرکت می‌کند، شکل موج را به اندازهٔ Δx به سمت راست یا چپ انتقال می‌دهیم.

مثال: شکل روبه‌رو تصویر لحظه‌ای از موج عرضی در یک ریسمان کشیده‌شده را نشان می‌دهد. موج به سمت چپ حرکت می‌کند و دورهٔ تناوب آن T ثانیه است. کدام گزینه تصویر این موج را $\frac{T}{4}$ ثانیه پس از این لحظه، به‌درستی نشان می‌دهد؟ (برگرفته از تمرین کتاب درسی)

۱)

۲) 

۳) 

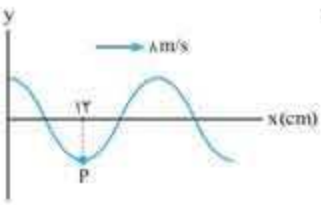
۴) 

پاسخ: (گزینه ۲) **گام اول:** با استفاده از رابطهٔ $\frac{\Delta x}{\lambda}=\frac{\Delta t}{T}$، جابه‌جایی موج در مدت $\Delta t=\frac{T}{4}$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\Delta x}{\lambda}=\frac{\Delta t}{T}\xrightarrow{\Delta t=\frac{T}{4}}\frac{\Delta x}{\lambda}=\frac{\frac{T}{4}}{T}=\frac{1}{4}\Rightarrow\Delta x=\frac{\lambda}{4}$$

گام دوم: چون موج به سمت چپ حرکت می‌کند، کافی است که شکل موج را $\frac{\lambda}{4}$ به سمت چپ انتقال دهیم؛ بنابراین مطابق شکل‌های زیر، **گزینه «۲»** درست است.

مثال: شکل یک موج سینوسی در طنابی در یک لحظه به‌صورت زیر است. چند ثانیه پس از این لحظه، جهت حرکت ذرهٔ P تغییر می‌کند؟



۱) $\frac{3}{100}$

۲) $\frac{3}{200}$

۳) $\frac{1}{50}$

۴) $\frac{3}{400}$

پاسخ: (گزینه ۲)

روش ۱ گام اول: طبق شکل موج در صورت تست داریم:

$$\frac{\lambda}{2}=12cm\Rightarrow\lambda=24cm=24\times10^{-2}m$$

گام دوم: با استفاده از رابطهٔ $\lambda=vT$، دورهٔ تناوب موج را محاسبه می‌کنیم:

$$\lambda=vT\xrightarrow[v=8m/s]{\lambda=24\times10^{-2}m}24\times10^{-2}=8T\Rightarrow T=\frac{3}{100}s$$

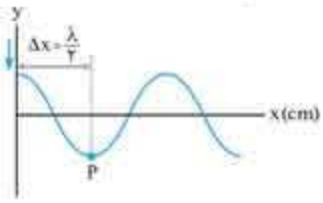
گام سوم: همان‌طور که مشاهده می‌کنید، ذرهٔ P در پایین‌ترین نقطهٔ ممکن (دره) قرار دارد و قلهٔ موج در حال نزدیک‌شدن به آن است. تا زمانی که قلهٔ موج به ذره برسد، ذره رو به بالا حرکت می‌کند. این حرکت از پایین‌ترین نقطه تا بالاترین نقطهٔ ممکن برابر با نصف یک نوسان کامل است و مدت زمان انجام آن $\Delta t=\frac{T}{2}$ است:

$$\Delta t=\frac{T}{2}\xrightarrow{T=\frac{3}{100}}\Delta t=\frac{3}{200}s$$

روش ۲ گام اول: گام اول و دوم مشابه روش اول است:

$$\lambda=24\times10^{-2}m\ ,\ T=\frac{3}{100}s$$

گام دوم: جهت حرکت نقطهٔ P وقتی عوض می‌شود که به بالاترین نقطه (انتهای مسیر) برسد و بازگردد. شرط رسیدن به بالاترین نقطه این است که قلهٔ موج به P برسد. طبق شکل مشاهده می‌کنید که قلهٔ موج (↓) تا نقطهٔ P به اندازهٔ $\Delta x=\frac{\lambda}{2}$ فاصله دارد.

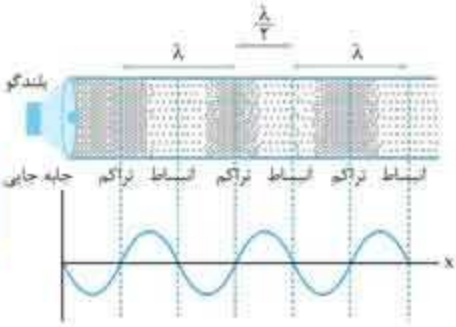


حالا با استفاده از رابطهٔ $\frac{\Delta x}{\lambda}=\frac{\Delta t}{T}$، می‌توان Δt را محاسبه کرد:

$$\frac{\Delta x}{\lambda}=\frac{\Delta t}{T}\xrightarrow{\Delta x=\frac{\lambda}{2}}\frac{\Delta t}{T}=\frac{\frac{\lambda}{2}}{\lambda}=\frac{1}{2}\Rightarrow\Delta t=\frac{T}{2}\xrightarrow{T=\frac{3}{100}s}\Delta t=\frac{\frac{3}{100}}{2}=\frac{3}{200}s$$

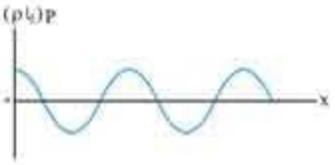
◂ چند نکتهٔ مهم دربارهٔ صوت

۱ در موج صوتی، فاصلهٔ بین مرکزهای دو تراکم متوالی یا فاصلهٔ بین مرکزهای دو انبساط متوالی برابر با طول موج (λ) است. همچنین فاصلهٔ بین مرکز یک تراکم و مرکز یک انبساط مجاور برابر با $\frac{\lambda}{2}$ است.



۲ در انتشار صوت، در یک لحظه از زمان، در مکان‌هایی که بیشترین تراکم یا بیشترین انبساط رخ می‌دهد، جابه‌جایی هر جزء محیط از وضعیت تعادل برابر صفر است.

۳ در وسط فاصلهٔ بین یک تراکم و یک انبساط مجاور هم، اندازهٔ جابه‌جایی هر جزء محیط از وضعیت تعادل بیشینه است.



۴ در انتشار صوت در هوا، در مکان‌هایی که بیشترین تراکم رخ می‌دهد، چگالی (ρ) و فشار (P) بیشینه است و در مکان‌هایی که بیشترین انبساط رخ می‌دهد، چگالی و فشار کمینه است. همچنین در وسط فاصلهٔ بین یک تراکم و انبساط مجاور هم، فشار و چگالی برابر با فشار و چگالی هوای محیط در حالت عادی (ρ_0 ، P_0) است. نمودار روبه‌رو، فشار یا چگالی محیط انتشار موج را نشان می‌دهد.

مثال: صوتی با بسامد ۱۷۰۰Hz و تندی ۳۴۰m/s در هوا منتشر می‌شود. فاصلهٔ بین یک تراکم تا انبساط مجاورش چند سانتی‌متر است؟

۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۱۵ ۴) ۲۰

پاسخ: (گزینه ۲) **گام اول:** طول‌موج را از رابطهٔ $\lambda = \frac{v}{f}$ محاسبه می‌کنیم:

$$\lambda = \frac{v}{f} \xrightarrow[f=1700\,Hz]{v=340\,m/s} \lambda = \frac{340}{1700} = \frac{1}{5}\,m \xrightarrow{\times 100} \lambda = 20\,cm$$

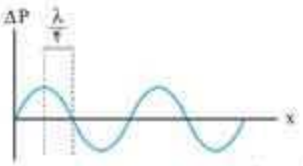
گام دوم: فاصلهٔ بین یک تراکم تا انبساط مجاورش برابر نصف طول‌موج است:

$$\Delta x = \frac{\lambda}{2} \xrightarrow{\lambda=20\,cm} \Delta x = \frac{20}{2} = 10\,cm$$

مثال: در محیطی که یک موج صوتی در آن در حال انتشار است، حداقل فاصلهٔ یک نقطه با فشار بیشینه تا یک نقطه با فشار عادی محیط، در راستای انتشار موج برابر با ۱۰cm است. اگر تندی انتشار صوت در هوای محیط ۴۰۰m/s باشد، بسامد این صوت چند هرتز است؟

۱) ۱۰۰۰ ۲) ۲۰۰۰ ۳) ۴۰۰۰ ۴) ۸۰۰۰

پاسخ: (گزینه ۱) نمودار تغییر فشار برحسب مکان، برای این صوت مطابق شکل است. مشاهده می‌کنید که حداقل فاصلهٔ یک نقطه با فشار بیشینه تا یک نقطه با فشار عادی برابر با $\frac{\lambda}{4}$ است.



بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{\lambda}{4} = 10\,cm \Rightarrow \lambda = 40\,cm = 0/4\,m$$

حالا با استفاده از رابطهٔ $\lambda = \frac{v}{f}$، بسامد این صوت را محاسبه می‌کنیم:

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} \xrightarrow[\lambda=0/4\,m]{v=400\,m/s} f = \frac{400}{0/4} = 1000\,Hz$$

اندازه‌گیری تندی صوت

یک روش ساده برای اندازه‌گیری تندی صوت استفاده از دستگاه زیر است. مطابق شکل دو میکروفون را به یک زمان‌سنج حساس متصل می‌کنیم. وقتی صدای برخورد چکش به صفحهٔ فلزی در فضا پخش می‌شود، زمان‌سنج حساس، اختلاف زمان (Δt) رسیدن موج از میکروفون اول تا میکروفون دوم را اندازه می‌گیرد.

اختلاف فاصلهٔ بین این دو میکروفون برابر با طول خط‌کش (Δx) است. در نهایت با استفاده از رابطهٔ $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ می‌توانیم تندی انتشار صوت در هوای محیط این دستگاه را اندازه بگیریم.

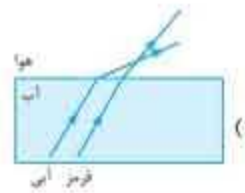
مثال: شکل زیر یک دستگاه اندازه‌گیری تندی صوت را نشان می‌دهد. با برخورد چکش به صفحهٔ فلزی، زمان سنج حساس عدد یک میلی‌ثانیه را نشان می‌دهد. اگر طول خط‌کش ۴۰cm باشد، تندی انتشار صوت در این محیط چند متر بر ثانیه است؟ (برگرفته از تمرین کتاب درسی)

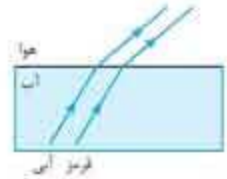
۱) ۳۰۰
۲) ۳۴۰
۳) ۳۵۰
۴) ۴۰۰

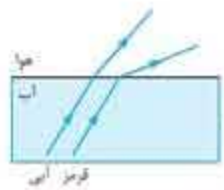
پاسخ: (گزینه ۴) تندی انتشار صوت برابر با $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ است که در این رابطه Δx برابر با طول خط‌کش و Δt زمانی است که زمان‌سنج حساس نشان می‌دهد:

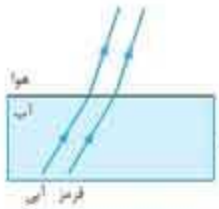
$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \xrightarrow[\Delta t = 1\,ms = 10^{-3}\,s]{\Delta x = 40\,cm = 4\times 10^{-1}\,m} v = \frac{4\times 10^{-1}}{10^{-3}} = 400\,m/s$$

۱۶۴۰. دو تک‌رنگ آبی و قرمز با زاویهٔ تابش یکسان و به‌طور مایل، از آب به سطح جدایی آب و هوا می‌تابند. در کدام گزینه مسیر پرتوهای شکست این دو پرتو به‌درستی نشان داده شده است؟ (کانون فرهنگی آموزش)

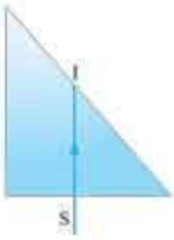
۱) 

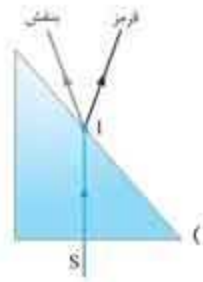
۲) 

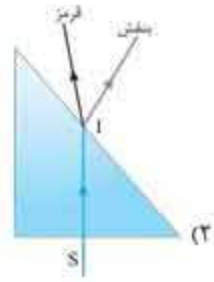
۳) 

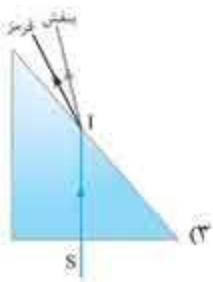
۴) 

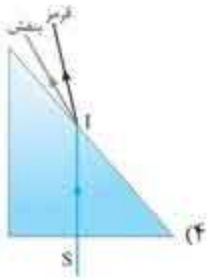
۱۶۴۱. نور سفید SI، مطابق شکل روبه‌رو وارد منشوری می‌شود. در کدام گزینه مسیر پرتوها به‌درستی رسم شده است؟



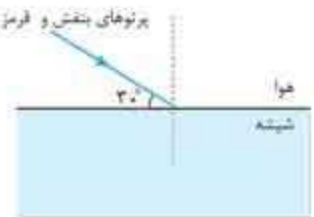
۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۱۶۴۲. مطابق شکل، باریکهٔ نوری متشکل از دو بنفش و قرمز را از هوا به‌طور مایل بر سطح تیغهٔ تخت شفافی تابانده‌ایم. اگر ضریب شکست شیشه برای این پرتوها $n_{\text{قرمز}} = \frac{5\sqrt{3}}{6}$ و $n_{\text{بنفش}} = \sqrt{3}$ باشد، پرتوی قرمز به اندازهٔ ..... درجه، ..... از پرتوی بنفش منحرف می‌شود. $(\sin 37^\circ = 0/6)$ (کانون فرهنگی آموزش)



۱) ۰/۷، کمتر
۲) ۰/۷، بیشتر
۳) ۲۳، کمتر
۴) ۲۳، بیشتر

آزمون مبحثی ۳

۱ **۱۶۴۳.** موج تختی با یک مانع تخت برخورد می‌کند. اگر زاویه‌ای که جبهه‌های موج با سطح مانع می‌سازند، 50° باشد، زاویهٔ تابش و زاویهٔ انحراف بازتابش نسبت به تابش به‌ترتیب از راست به چپ چند درجه است؟

۱) ۸۰، ۵۰ ۲) ۱۰۰، ۵۰ ۳) ۸۰، ۴۰ ۴) ۱۰۰، ۴۰

۲ **۱۶۴۴.** جبههٔ موج تختی با زاویهٔ تابش 50° با یک مانع برخورد می‌کند و بازتاب می‌شود. زاویه‌ای که جبهه‌های موج فرودی با جبهه‌های موج بازتابیده می‌سازند، چند درجه است؟

۱) ۵۰ ۲) ۶۰ ۳) ۷۰ ۴) ۸۰

۳ **۱۶۴۵.** نوری با زاویهٔ تابش ۳۰ درجه به یک آینهٔ تخت می‌تابد و بعد از بازتاب از آن به آینهٔ تخت دیگر برخورد می‌کند. اگر دو آینه با هم زاویهٔ ۴۵ درجه بسازند، زاویهٔ بازتاب از آینهٔ دوم چند درجه است؟ (تجربی ۹۷)

۱) ۱۵ ۲) ۲۰ ۳) ۲۵ ۴) ۳۰

۴ **۱۶۴۶.** دانش‌آموزی روبه‌روی یک صخره ایستاده است. این دانش‌آموز رو به صخره فریاد می‌زند و یک ثانیه پس از این لحظه پژواک صدایش را می‌شنود. اگر بسامد و طول‌موج صدای فریاد دانش‌آموز به‌ترتیب، 6kHz ، 5cm باشد، فاصلهٔ شخص تا صخره چند متر است؟

۱) ۷۵ ۲) ۱۵۰ ۳) ۲۲۵ ۴) ۳۰۰

۵ **۱۶۴۷.** مطابق شکل طناب مرکبی، متشکل از دو طناب همگن A و B است. قطر مقطع طناب B، ۲ برابر قطر مقطع طناب A و چگالی طناب B، $\frac{1}{4}$ چگالی طناب A است. یک موج سینوسی از طناب A وارد طناب B می‌شود. طول‌موج در طناب B، چند برابر طول‌موج در طناب A است؟

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

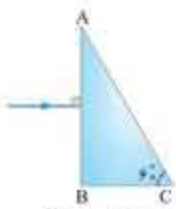
۱۷۲۰. در شکل روبه‌رو سایهٔ تختهٔ شیرجه در کف استخر، هنگام پر بودن استخر از آب در مقایسه با هنگام خالی بودن استخر از آب چگونه است؟ (تجربی خارج ۸۷)

۱) کوتاه‌تر
۲) بلندتر
۳) برابر هم
۴) بستگی به فاصلهٔ تخته تا سطح آب دارد.

۱۷۲۱. میله‌ای به‌طور مایل تا نیمه در آب فرو رفته است. بیننده‌ای که از هوا به قسمت داخل آب نگاه می‌کند، آن قسمت میله را چگونه مشاهده می‌کند؟ (ریاضی خارج ۸۶)

۱) بلندتر و از سطح آب دورتر
۲) کوتاه‌تر و از سطح آب دورتر
۳) کوتاه‌تر و به سطح آب نزدیک‌تر
۴) بلندتر و به سطح آب نزدیک‌تر

۱۷۲۲. در شکل روبه‌رو، پرتوی نوری از هوا به طور عمود بر وجه AB منشور می‌تابد. اگر پرتو نور، مماس بر وجه AC از منشور خارج شود، ضریب شکست منشور کدام است؟

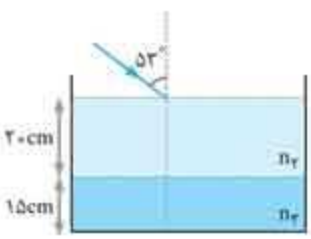


۱) $\sqrt{۲}$
۲) $\sqrt{۳}$
۳) ۲
۴) $\frac{۴}{۳}$

۱۷۲۳. دو لامپ قرمز و بنفش در عمق ۴ متری آب قرار دارند. ضریب شکست آب برای رنگ قرمز ۱/۳۲ و برای رنگ بنفش ۱/۴۱ است. اگر دو لامپ هم زمان روشن شوند، اختلاف زمانی خروج نور آن‌ها از داخل آب چند نانوثانیه است؟ ($c = ۳\times ۱۰^{۸}\ m/s$)

۱) ۳/۶۴
۲) ۱/۷۶
۳) ۱/۸۸
۴) ۱/۲

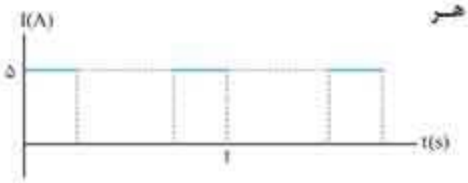
۱۷۲۴. مطابق شکل، پرتوی نوری از هوا وارد یک ظرف شفاف استوانه‌ای عریض شامل دو مایع مخلوط‌نشدنی با ضریب شکست‌های $n_۲ = \frac{۴}{۳}$ و $n_۳ = \frac{۸}{۵}$ می‌شود. فاصلهٔ افقی نقطهٔ برخورد پرتو به کف ظرف از امتداد قائم نقطهٔ ورود پرتو به ظرف، چند سانتی‌متر است؟ ($\sin ۵۳^\circ = ۰/۸$) (آکادمی فرهنگی آموزش)



۱) $۵(۴-\sqrt{۲})$
۲) $۵(۳-\sqrt{۳})$
۳) $۵(۴+\sqrt{۲})$
۴) $۵(۳+\sqrt{۳})$

آزمون پایانی فصل

۱۷۲۵. نمودار جریان خروجی یک وسیلهٔ برقی که بسامد آن ۱۰۰Hz است، مطابق شکل است. اگر در هر دورهٔ تناوب در ۲۵ درصد لحظات جریان غیرصفر باشد، t چند میلی ثانیه است؟



۱) ۶/۲۵
۲) ۱۲/۵
۳) ۲۵
۴) ۵۰

۱۷۲۶. معادلهٔ حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI به‌صورت $x = ۰/۰۶\cos(۴\pi t)$ است. حداقل چند ثانیه طول می‌کشد تا نوسانگر دو مرتبه از مکان $x = ۳cm$ عبور کند؟

۱) $\frac{۱}{۳}$
۲) $\frac{۱}{۴}$
۳) $\frac{۱}{۶}$
۴) $\frac{۱}{۱۲}$

۱۷۲۷. وزنهٔ ۳۰۰g را به فنری آویخته و آن را با دامنهٔ کم به نوسان در می‌آوریم. وزنهٔ چند گرمی به وزنهٔ قبلی اضافه کنیم تا بسامد نوسانات نصف شود؟

۱) ۳۰۰
۲) ۶۰۰
۳) ۹۰۰
۴) ۱۲۰۰

۱۷۲۸. نوسانگر هماهنگ ساده‌ای روی پاره‌خطی به‌طول ۴۰cm حرکت نوسانی انجام می‌دهد. اگر بیشینهٔ تندی نوسانگر ۳/۶m/s باشد، این نوسانگر در هر دقیقه چند نوسان کامل انجام می‌دهد؟ ($\pi \simeq ۳$)

۱) ۶۰
۲) ۹۰
۳) ۱۲۰
۴) ۱۸۰

۱۷۲۹. معادلهٔ مکان ـ زمان نوسانگر ساده‌ای در SI به‌صورت $x = ۰/۰۱\cos(۲۰\pi t)$ است. اندازهٔ شتاب متوسط نوسانگر بین دو لحظهٔ متوالی که تندی آن بیشینه است، چند متر بر مجذور ثانیه است؟ ($\pi \simeq ۳$)

۱) صفر
۲) ۱۲
۳) ۱۸
۴) ۲۴

۵ رشته‌های طیف خطی هیدروژن، معادلهٔ ریدبرگ

طیف خطی هیدروژن اتمی، شامل رشته‌ای منظم از خط‌هایی (طول‌موج‌هایی) است که در انتقال الکترون از تراز بالاتر (E_U) به تراز پایین‌تر (E_L) تابش می‌شوند. برای به‌دست آوردن این طول‌موج‌ها، از معادلهٔ ریدبرگ (رابطهٔ روبه‌رو)، استفاده می‌کنیم: $\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{n^2})\quad , \quad n>n'$

در این رابطه $R\simeq 0/011\ (nm)^{-1}$ ثابت ریدبرگ، n' شمارهٔ تراز (مدار) پایین‌تر و n شمارهٔ تراز (مدار) بالاتر است. به ازای هر عدد درست برای n'، با استفاده از معادلهٔ ریدبرگ، مجموعه‌ای از طول‌موج‌ها به‌دست می‌آید که هر مجموعه را **رشته** می‌نامند. به عنوان مثال برای $n'=2$، وقتی الکترون از ترازهای بالاتر به تراز $n'=2$ گذار نماید، طول‌موج‌های به‌دست آمده، مربوط به **رشتهٔ بالمر** است که در شکل زیر مشاهده می‌کنید.

این شکل نشان می‌دهد ۴ خط اول رشتهٔ بالمر در ناحیهٔ مرئی واقع‌اند. همچنین می‌بینیم با افزایش طول‌موج، خطوط از هم دور می‌شوند.

در جدول زیر، رشتهٔ خط‌های طیف گسیلی هیدروژن اتمی به ازای مقادیر متفاوت n' درج شده است.

نام رشته	مقدار n'	رابطهٔ ریدبرگ مربوط به رشته	مقدارهای n	گسترهٔ طول‌موج (nm)	ناحیهٔ طیف
لیمان	۱	$\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{n^2})$	۲،۳،۴،...	$91<\lambda<121$	فرابنفش
بالمر	۲	$\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{n^2})$	۳،۴،۵،...	$363<\lambda<656$	فرابنفش و مرئی
پاشن	۳	$\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{n^2})$	۴،۵،۶،...	$818<\lambda<1877$	فروسرخ
براکت	۴	$\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{4^2}-\frac{1}{n^2})$	۵،۶،۷،...	$1454<\lambda<4040$	فروسرخ
پفوند	۵	$\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{5^2}-\frac{1}{n^2})$	۶،۷،۸،...	$22752<\lambda<74738$	فروسرخ

چند نکته در مورد رشته‌های طیف خطی هیدروژن اتمی

۱ بلندترین طول‌موج (کم‌ترین بسامد) در رشتهٔ **پفوند** و کوتاه‌ترین طول‌موج (بیشترین بسامد) در رشتهٔ **لیمان** وجود دارد.

۲ بلندترین طول‌موج در رشته‌های لیمان و بالمر، از کوتاه‌ترین طول‌موج رشته‌های بعد از خودشان، کوتاه‌تر هستند. به عنوان مثال، بلندترین طول‌موج رشتهٔ لیمان ($\lambda_{max}=121$ nm) از کوتاه‌ترین طول‌موج رشتهٔ بالمر ($\lambda_{min}=363$ nm)، کوچک‌تر است.

۳ در هر رشته، بلندترین طول‌موج نور گسیلی در حالتی است که الکترون از تراز $n=n'+1$ به تراز n' گذار نماید. به عنوان مثال، بلندترین طول‌موج رشتهٔ بالمر ($n'=2$) مربوط به حالتی است که الکترون از تراز $n=3$ به تراز $n'=2$ گذار نماید.

۴ در هر رشته، کوتاه‌ترین طول‌موج مربوط به حالتی است که الکترون از تراز $n=\infty$ به تراز n' گذار نماید. برای کوتاه‌ترین طول‌موج داریم:

$$\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{n^2})\xrightarrow{n=\infty}\frac{1}{\lambda_{min}}=R(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{\infty})\Rightarrow\lambda_{min}=\frac{n'^2}{R}\xrightarrow{R=\frac{1}{100}}\lambda_{min}=100n'^2\ (nm)$$

۵ برای تعیین kامین خط یک رشتهٔ معین، باید در معادلهٔ ریدبرگ الکترون از تراز $n=n'+k$ به تراز n' گذار نماید. به عنوان مثال، خط دوم ($k=2$) رشتهٔ پاشن ($n'=3$) با گذار الکترون از تراز $n=3+2=5$ به تراز $n'=3$ به‌دست می‌آید.

۶ در طیف خطی هیدروژن اتمی، تنها خطوط رشتهٔ بالمر است که در دو ناحیهٔ فرابنفش و مرئی قرار گرفته است.

۷ بیشتر طول‌موج‌های طیف خطی هیدروژن در ناحیهٔ فروسرخ قرار دارد.

مثال: در طیف هیدروژن اتمی، بلندترین طول‌موج مربوط به رشتهٔ ..... از کوتاه‌ترین طول‌موج مربوط به رشتهٔ ..... کوتاه‌تر است.

۱) براکت ـ پاشن ۲) پاشن ـ بالمر ۳) براکت ـ لیمان ۴) لیمان ـ بالمر

پاسخ: گزینهٔ ۴ در طیف هیدروژن اتمی، بلندترین طول‌موج در رشتهٔ لیمان از کوتاه‌ترین طول‌موج در رشتهٔ بالمر، کوتاه‌تر است.

مثال: بلندترین طول‌موج در رشتهٔ بالمر ($n'=2$) چند nm است؟ ($R\simeq 0/01\ (nm)^{-1}$)

۱) ۴۰۰ ۲) ۶۶۰ ۳) ۷۲۰ ۴) ۵۵۰

پاسخ: گزینهٔ ۳ می‌دانیم در هر رشته، بلندترین طول‌موج در گذار الکترون از تراز $n=n'+1$ به n' به‌دست می‌آید. بنابراین در رشتهٔ بالمر ($n'=2$) بلندترین طول‌موج با گذار الکترون از $n=3$ به $n'=2$ به‌دست خواهد آمد. در این حالت با استفاده از معادلهٔ ریدبرگ می‌توان نوشت:

$$\frac{1}{\lambda}=R(\frac{1}{n'^2}-\frac{1}{n^2})\Rightarrow\frac{1}{\lambda_{max}}=0/01\times(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{3^2})=\frac{1}{100}\times\frac{5}{36}=\frac{5}{3600}\Rightarrow\lambda_{max}=720\ nm$$

۱۸۱۵. شکل روبه‌رو به کدام مشکل مدل رادرفورد اشاره دارد؟

۱) ناتوانی در تبیین پایداری اتم
۲) ناتوانی در توجیه طیف خطی گسیل‌شده توسط اتم‌ها
۳) ثابت بودن شعاع حرکت الکترون به دور هسته
۴) گزینه‌های «۱» و «۲»

۱۸۱۶. الگوی اتمی بور دربارهٔ ..... پاسخ معینی ارائه نمی‌دهد.

۱) شدت خط‌های طیف گسیلی
۲) اتم‌های با تعداد الکترون‌های بیشتر از هیدروژن
۳) انرژی ترازهای بالا
۴) گزینه‌های «۱» و «۲»

۱۸۱۷. کدام گزینه درست است؟

۱) الگوی اتمی بور نمی‌تواند پایداری اتم را توجیه کند.
۲) طبق الگوی اتمی رادرفورد، طیف اتمی، گسسته است.
۳) مدل کیک کشمشی، همان مدل اتمی رادرفورد است.
۴) بنابر مدل تامسون، اتم کره‌ای است که بار مثبت به‌طور همگن در سرتاسر آن گسترده شده است.

۱۸۱۸. کدام‌یک از مطالب زیر در مورد تابش اجسام صحیح است؟ (کنکور زیرخاکی)

۱) طیف گسیلی گازها معمولاً پیوسته است.
۲) تغییر انرژی تابشی یک جسم، تدریجی و پیوسته است.
۳) فلزهای در حال التهاب، دارای طیف پیوسته هستند.
۴) ماده پرتوهایی را جذب می‌کند که هنگام التهاب نمی‌تواند آن‌ها را تابش کند.

۱۸۱۹. اتم در صورتی نور تابش می‌کند که: (کنکور زیرخاکی)

۱) در اثر گرما، الکترون مستقیماً به فوتون تبدیل شود.
۲) الکترون جذب هستهٔ اتم گردد.
۳) الکترون از تراز با انرژی بالاتر به تراز با انرژی پایین‌تر برود.
۴) الکترون از تراز با انرژی پایین‌تر به تراز با انرژی بالاتر برود.

۱۸۲۰. طبق الگوی اتمی بور، اتم هنگامی فوتون تابش می‌کند که الکترون از تراز انرژی ..... به تراز انرژی ..... برود. در این حالت هرچه اختلاف انرژی این دو تراز ..... باشد، طول‌موج فوتون تابشی کوتاه‌تر خواهد بود.

۱) بالاتر ـ پایین‌تر ـ بیشتر
۲) بالاتر ـ پایین‌تر ـ کمتر
۳) پایین‌تر ـ بالاتر ـ بیشتر
۴) پایین‌تر ـ بالاتر ـ کمتر

انرژی الکترون در اتم هیدروژن

۱۸۲۱. در اتم هیدروژن، طول‌موج پرانرژی‌ترین فوتون مربوط به رشتهٔ بالمر ($n'=2$) دقیقاً چند نانومتر است؟ ($R\simeq 0.01\,(nm)^{-1}$) (تجربی خارج ۸۶)

۱) ۱۰۰
۲) ۲۷۰
۳) ۴۰۰
۴) ۷۲۰

۱۸۲۲. اگر در اتم هیدروژن، الکترون از مدار $n=2$ به $n=3$ برود، انرژی آن چند برابر می‌شود؟ (تجربی ۸۵)

۱) $\frac{2}{3}$
۲) $\frac{3}{2}$
۳) $\frac{4}{9}$
۴) $\frac{9}{6}$

۱۸۲۳. اگر در یک اتم هیدروژن، الکترون از مدار $n=5$ به مدار $n=2$ جهش کند، طول موج فوتون گسیلی برابر با چند میکرومتر خواهد بود؟ ($E_R=13/5\,eV$ ، $h=4/2\times10^{-15}\,eV.s$ ، $c=3\times10^{8}\,m/s$) (کانون فرهنگی آموزش)

۱) $\frac{4000}{9}$
۲) $\frac{400}{9}$
۳) $\frac{40}{9}$
۴) $\frac{4}{9}$

۱۸۲۴. اگر در اتم هیدروژن، انرژی الکترون در مدار اول (E_1) برابر با $-13/6\,eV$ باشد، انرژی الکترون در مدار دوم (E_2) برابر با چند الکترون‌ولت خواهد شد؟ (ریاضی ۸۳)

۱) $-3/4$
۲) $-6/8$
۳) $-27/2$
۴) $-3/4\sqrt{2}$

۱۸۲۵. در اتم هیدروژن، انرژی الکترون در تراز $n=2$ برابر E_2 است و در تراز $n=3$ برابر E_2 است. E_2 و E_2 به ترتیب از راست به چپ هرکدام چند ریدبرگ هستند؟ (ریاضی خارج ۹۲)

۱) $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{3}$
۲) $\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{9}$
۳) $-\frac{1}{2}$ و $-\frac{1}{3}$
۴) $-\frac{1}{4}$ و $-\frac{1}{9}$

۱۸۲۶. در اتم هیدروژن اگر اختلاف انرژی الکترون بین ترازهای ۱ و ۳ برابر ΔE و بین ترازهای ۴ و ۶ برابر $\Delta E'$ باشد، نسبت $\frac{\Delta E}{\Delta E'}$ کدام است؟ (تجربی خارج ۹۸)

۱) ۳۵/۸
۲) ۲۵/۶
۳) ۳/۹۸
۴) ۱

۱۸۲۷. اگر الکترون در اتم هیدروژن در تراز $n=4$ باشد، پرانرژی‌ترین فوتونی که می‌تواند تابش کند، چند ریدبرگ انرژی دارد؟ (ریاضی خارج ۸۷)

۱) $\frac{1}{16}$
۲) $\frac{7}{16}$
۳) $\frac{9}{25}$
۴) $\frac{15}{16}$

۱۸۲۸. در اتم هیدروژن، انرژی یونش الکترون در حالت برانگیختهٔ E_2 برحسب ریدبرگ کدام است؟

۱) $\frac{E_R}{3}$
۲) $\frac{E_R}{9}$
۳) $\frac{-E_R}{3}$
۴) $\frac{-E_R}{9}$

۱۸۴۳. در اتم هیدروژن الکترون در تراز $(n=1)$ قرار دارد و شعاع مدار آن r_1 است. این الکترون با کسب انرژی مناسب، به کدام مدار برود تا شعاع مدار $16r_1$ شود؟ و اگر از آن مدار، مستقیماً به مدار $n=1$ برگردد، پرتو گسیل شده مربوط به کدام رشته است؟ (ریاضی خارج ۹۱)

۱) $n=4$ و لیمان ۲) $n=4$ و بالمر ۳) $n=8$ و لیمان ۴) $n=8$ و بالمر

۱۸۴۴. در اتم هیدروژن، با گذار الکترون از تراز بالاتر به تراز پایین‌تر، فوتونی مربوط به خط دوم رشتهٔ بالمر $(n'=2)$ تابش می‌شود. با این تابش، نیروی مرکزگرای وارد بر الکترون چند برابر می‌شود؟

۱) ۴ ۲) ۱۶ ۳) ۲۵ ۴) ۹

۱۸۴۵. در مدل اتمی بور با افزایش شمارهٔ مدار، اختلاف انرژی دو مدار متوالی ..... و فاصلهٔ دو مدار متوالی ..... می‌شود.

۱) کم - کم ۲) زیاد - زیاد ۳) زیاد - کم ۴) کم - زیاد

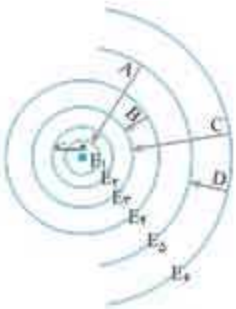
۱۸۴۶. در اتم هیدروژن، اختلاف شعاع‌های دو مدار متوالی ۵ برابر شعاع اولین مدار است. اختلاف انرژی الکترون در این دو مدار چند ریدبرگ است؟

۱) $\frac{11}{400}$ ۲) $\frac{5}{36}$ ۳) $\frac{7}{144}$ ۴) $\frac{3}{4}$

۱۸۴۷. الکترونی در اتم هیدروژن در تراز $n=2$ قرار دارد. اگر فوتونی با انرژی $2/55\,eV$ به اتم بتابانیم و الکترون آن را جذب نماید، شعاع مدار الکترون چند برابر می‌شود؟

۱) ۹ ۲) ۲۵ ۳) ۱۶ ۴) ۴

نمودار ترازهای انرژی الکترون برای اتم هیدروژن

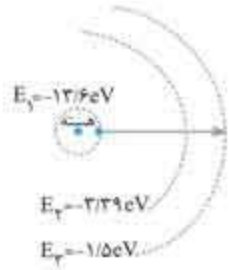


۱۸۴۸. شکل روبه‌رو، مدارهای الکترون در الگوی بور برای اتم هیدروژن را نشان می‌دهد. در کدام گسیل، طول‌موج وابسته به فوتون تابش شده، بلندتر است؟ (تجربی خارج ۹۴)

۱) A
۲) B
۳) C
۴) D

۱۸۴۹. شکل روبه‌رو، تعدادی از ترازهای انرژی اتم هیدروژن را نشان می‌دهد. کدام گذار می‌تواند به گسیل فوتونی با طول‌موج $660\,nm$ منجر شود؟ $(h=4/136\times10^{-15}\,eV.s, c=3\times10^{8}\,m/s)$ (تجربی ۸۹)

۱) $n=3$ به $n=1$
۲) $n=3$ به $n=2$
۳) $n=4$ به $n=1$
۴) $n=4$ به $n=2$



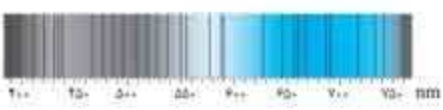
۱۸۵۰. مانند شکل روبه‌رو، الکترون در اتم هیدروژن تغییر تراز داده است. در این گذار، فوتون ..... می‌شود و انرژی آن برابر با ..... الکترون‌ولت است. طول‌موج فوتون گسیلی نیز در ناحیهٔ ..... طیف الکترومغناطیسی قرار دارد.

۱) جذب، ۱۲/۱، فرابنفش
۲) تابش، ۱۲/۱، فرابنفش
۳) جذب، ۱/۹، فروسرخ
۴) تابش، ۱/۹، فروسرخ

۷ طیف جذبی گاز هیدروژن اتمی

طیف جذبی: اگر نور سفید از داخل گاز عنصری عبور کند و سپس طیف آن تشکیل شود، در طیف آن خط‌های تاریکی ظاهر می‌شود. این خط‌ها (طول‌موج‌ها) توسط اتم‌های گاز عنصر جذب شده‌اند. چنین طیفی را **طیف جذبی** می‌نامیم.

طیف نور خورشید: طیف نور خورشید، طیف رنگی پیوسته‌ای است که در آن خط‌های تاریک نازکی وجود دارد. این خط‌های تاریک که به خط‌های فرانهوفر مشهور است، ناشی از جذب طول‌موج‌های مربوط به این خط‌ها توسط گازهای جو خورشید است. در طیف مورد نظر، خط‌های دیگری نیز در نتیجهٔ جذب نور در جو زمین پدید می‌آیند.



۱۸۹۱. علت وجود نوترون‌های بیشتر نسبت به پروتون‌ها در عناصر با عدد اتمی زیاد، کدام است؟

۱) افزایش نیروی گرانشی بین نوکلئون‌ها
۲) کوتاه‌برد بودن نیروهای الکتریکی
۳) کاهش نیروی رانشی بین پروتون‌ها
۴) افزایش نیروی ربایشی هسته بدون افزایش رانش الکتریکی

۱۸۹۲. اگر بزرگی نیروی الکتریکی بین پروتون‌ها و نیروی هسته‌ای بین نوکلئون‌های مجاور در هستهٔ پایدار را به ترتیب با F_E و F_B نشان دهیم، کدام گزینه دربارهٔ مقایسهٔ بزرگی این دو نیرو درست است؟

۱) $F_B > F_E$
۲) $F_B = F_E$
۳) $F_B < F_E$
۴) بسته به شرایط، هر سه گزینه ممکن است درست باشند.

۱۸۹۳. در هستهٔ اتم یک عنصر، اگر نیروی ربایشی هسته‌ای بین دو پروتون مجاور F و بین دو نوترون مجاور برابر F' و بین یک پروتون و یک نوترون مجاور برابر F'' باشد، کدام‌یک از موارد زیر درست است؟ (تجربی ۹۸)

۱) $F = F' = F''$
۲) $F'' > F' > F$
۳) $F' > F'' > F$
۴) $F > F' > F''$

۱۸۹۴. کدام‌یک از گزینه‌های زیر نادرست است؟

۱) افزایش نوترون درون هسته، نیروی هسته‌ای قوی را بیشتر می‌کند.
۲) نسبت تعداد نوترون به تعداد پروتون برای هسته‌های مختلف ثابت است.
۳) با افزایش تعداد پروتون‌های هسته، اگر تعداد نوترون‌ها نیز افزایش یابد، هسته پایدار باقی می‌ماند.
۴) ایزوتوپ‌های یک عنصر، عددهای جرمی متفاوت دارند.

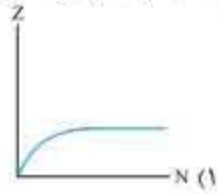
۱۸۹۵. از ویژگی‌های زیر، کدام‌یک مربوط به نیروی هسته‌ای نیست؟

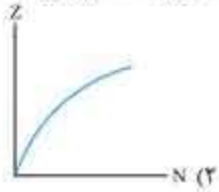
۱) مستقل از بار الکتریکی است.
۲) کوتاه‌برد است.
۳) فقط بین نوکلئون‌های مجاور هم وجود دارد.
۴) بین هسته‌های دو اتم مجاور اثر می‌کند.

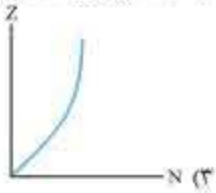
۱۸۹۶. کدام‌یک از گزینه‌های زیر درست است؟

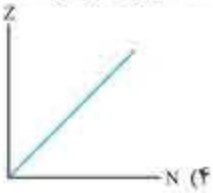
۱) عنصرهایی که عدد اتمی آن‌ها بزرگ‌تر از ۹۲ باشد، در طبیعت به‌صورت پایدار وجود دارند.
۲) با افزایش عدد اتمی، نسبت تعداد نوترون به تعداد پروتون $(\frac{N}{Z})$ افزایش می‌یابد.
۳) همهٔ عنصرها با هر عدد اتمی در طبیعت وجود دارند.
۴) همه عنصرهایی که عدد اتمی آن‌ها کم‌تر از ۸۳ است، پایدارند.

۱۸۹۷. کدام‌یک از گزینه‌های زیر، نمودار تعداد پروتون‌ها (Z) برحسب تعداد نوترون‌ها (N) را برای هسته‌های پایدار درست نشان می‌دهد؟

۱) 

۲) 

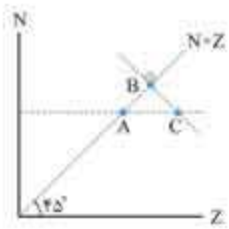
۳) 

۴) 

۱۸۹۸. در هستهٔ اتم‌های عناصر طبیعی، تعداد پروتون‌های هسته را با Z و تعداد نوترون‌ها را با N نشان می‌دهیم. اگر از سبک‌ترین اتم‌ها به سمت سنگین‌ترین آن‌ها برویم، نسبت $\frac{N}{Z}$ چگونه تغییر می‌کند؟ (ریاضی ۸۸)

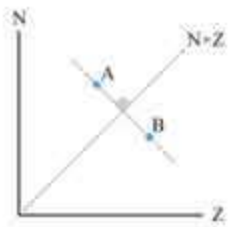
۱) ثابت می‌ماند.
۲) افزایش می‌یابد.
۳) کاهش می‌یابد.
۴) با نظم معینی کم و زیاد می‌شود.

۱۸۹۹. اگر عدد نوترونی هسته‌های A و B به ترتیب ۱۲ و ۳۲ باشد، هستهٔ C چند پروتون دارد؟



۱) ۵۲
۲) ۶۴
۳) ۱۲۸
۴) ۵۶

۱۹۰۰. اختلاف تعداد پروتون‌های دو عنصر B و A برابر ۳۰ است. کدام گزینه صحیح است؟



۱) تعداد نوترون‌های عنصر B، ۳۰ واحد کم‌تر از عنصر A است.
۲) تعداد نوترون‌های عنصر B، ۳۰ واحد بیشتر از عنصر A است.
۳) اختلاف تعداد پروتون‌های دو عنصر A و B، ۳۰ واحد بیشتر از اختلاف تعداد نوترون‌های A و B است.
۴) اختلاف تعداد پروتون‌های دو عنصر A و B، ۳۰ واحد کم‌تر از اختلاف تعداد نوترون‌های A و B است.

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

واپاشی α

۱۹۱۹. واکنش روبه‌رو توسط کدام عنصر یا ذره تکمیل می‌شود؟ ${}_1^2D+{}_1^2D\rightarrow {}_n^mX+{}_1^3T$

۱) هیدروژن معمولی ۲) دوتریم ۳) تریتیم ۴) نوترون

۱۹۲۰. هستهٔ ${}_{91}^{231}Pa$، با گسیل ذرهٔ آلفا وامی‌پاشد. هستهٔ حاصل چند پروتون و چند نوترون دارد؟ (تجربی خارج ۹۲)

۱) ۲۲۷,۹۲ ۲) ۲۲۷,۸۹ ۳) ۱۳۸,۹۲ ۴) ۱۳۸,۸۹

۱۹۲۱. اورانیم ${}_{92}^{238}U$ با تابش یک پرتو آلفا به کدام‌یک از عناصر زیر تبدیل می‌شود؟ (ریاضی خارج ۹۲)

۱) ${}_{91}^{234}Pa$ ۲) ${}_{90}^{238}Th$ ۳) ${}_{90}^{234}Th$ ۴) ${}_{92}^{234}U$

۱۹۲۲. اگر هستهٔ اورانیم $({}_{92}^{238}U)$ با تابش یک ذرهٔ آلفا به عنصر توریم تبدیل شود، عدد اتمی توریم کدام است؟ (کنکور زیرخاکی)

۱) ۲۳۶ ۲) ۲۳۴ ۳) ۸۸ ۴) ۹۰

۱۹۲۳. در فعل و انفعال هسته‌ای ${}_{15}^{30}P+X\rightarrow {}_{13}^{27}Al+{}_2^4He$، X کدام است؟ (تجربی خارج ۹۰)

۱) الکترون ۲) پروتون ۳) نوترون ۴) پوزیترون

۱۹۲۴. در فعل و انفعال هسته‌ای ${}_2^4He+{}_{13}^{27}Al\rightarrow {}_Z^AX+{}_0^1n$، A و Z به‌ترتیب کدام‌اند؟ (تجربی خارج ۹۶)

۱) ۱۴,۳۰ ۲) ۱۴,۳۱ ۳) ۱۵,۳۰ ۴) ۱۵,۳۱

۱۹۲۵. هستهٔ امرسیم (۲۴۱)، با تابش یک ذرهٔ آلفا واپاشیده شده و به ایزوتوپ نپتونیم طبق رابطهٔ ${}_{95}^{241}Am\rightarrow {}_Z^{237}Np+\alpha$ تبدیل می‌شود. تعداد نوترون‌های این ایزوتوپ از نپتونیم چه‌قدر است؟ (ریاضی ۹۱)

۱) ۹۱ ۲) ۹۳ ۳) ۹۶ ۴) ۱۴۴

۱۹۲۶. یک جسم پرتوزا را که از لحاظ الکتریکی خنثی است، روی پایهٔ عایقی که در خلأ قرار دارد می‌گذاریم. در اثر گسیل پرتوهای آلفا: (کنکور زیرخاکی)

۱) جسم بار الکتریکی منفی پیدا می‌کند.
۲) جسم بار الکتریکی مثبت پیدا می‌کند.
۳) جسم خنثی می‌ماند.
۴) تعداد نوترون‌های جسم زیاد می‌شود.

۱۹۲۷. وقتی از هسته، ذرهٔ α گسیل می‌شود: (ریاضی خارج ۸۶)

۱) بار هسته ثابت می‌ماند.
۲) بار هسته به اندازهٔ $q=+2e$ افزایش می‌یابد.
۳) جرم هسته به اندازهٔ جرم ۲ پروتون کاهش می‌یابد.
۴) عدد جرمی هسته به اندازهٔ عدد جرمی هلیم کاهش می‌یابد.

۱۹۲۸. پُرد کدام پرتو بسیار کوتاه است و به سرعت جذب می‌شود؟

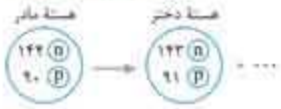
۱) α ۲) β ۳) γ ۴) X

واپاشی β

۱۹۲۹. در فروپاشی ${}_{-1}^{0}e$: (ریاضی ۸۵)

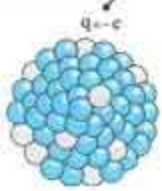
۱) عدد اتمی ثابت می‌ماند.
۲) جرم اتمی یک واحد زیاد می‌شود.
۳) مجموع نوکلئون‌ها ثابت می‌ماند.
۴) در هسته یک پروتون کم و یک نوترون اضافه می‌شود.

۱۹۳۰. در فرایند واپاشی زیر جای خالی نشان‌دهنده چیست؟ (n نوترون و p پروتون است.) (کانون فرهنگی آموزش)



۱) β^+ ۲) β^- ۳) $2\beta^+$ ۴) $2\beta^-$

۱۹۳۱. در واپاشی مطابق شکل زیر، تعداد پروتون‌های هسته ..... و تعداد نوترون‌های آن ..... . (تجربی ۹۲)



۱) یک واحد افزایش می‌یابد ـ یک واحد کاهش می‌یابد.
۲) یک واحد کاهش می‌یابد ـ یک واحد افزایش می‌یابد.
۳) یک واحد افزایش می‌یابد ـ ثابت می‌ماند.
۴) یک واحد کاهش می‌یابد ـ ثابت می‌ماند.

۲۰۲۰. در واکنش هسته‌ای روبه‌رو، m و n و نوع ذرهٔ β، مطابق کدام گزینه است؟ $^{۲۳۹}_{۹۲}U^{*} \rightarrow m(^{۴}_{۲}He) + n\beta + ^{۲۰۷}_{۸۲}Pb$

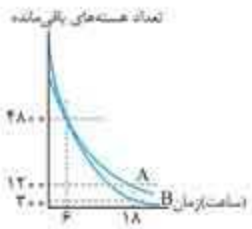
(کانون فرهنگی آموزش)

۱) $n = ۶ ، m = ۸$ و ذرهٔ β الکترون است.
۲) $n = ۸ ، m = ۴$ و ذرهٔ β پوزیترون است.
۳) $n = ۸ ، m = ۶$ و ذرهٔ β الکترون است.
۴) $n = ۶ ، m = -۸$ و ذرهٔ β پوزیترون است.

۲۰۲۱. اتم رادیواکتیو X با نیمه عمر $۱/۴ \times ۱۰^{۹}$ سال به اتم پایدار Y واپاشیده می‌شود. قطعه‌سنگ کشف‌شده‌ای دارای اتم‌های X و Y به نسبت ۱ به ۷ است. اگر در لحظهٔ ایجاد این قطعه‌سنگ، فقط اتم‌های X در آن وجود داشته باشد، عمر قطعه‌سنگ چند میلیارد سال است؟ (کانون فرهنگی آموزش)

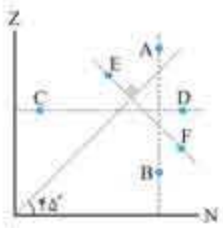
۱) ۲/۸ ۲) ۱/۴ ۳) ۴/۲ ۴) ۸/۴

۲۰۲۲. نمودار تعداد هسته‌های فعال باقی‌مانده برای دو مادهٔ پرتوزای A و B برحسب زمان به صورت شکل روبه‌رو است. نیمه‌عمر مادهٔ A چند برابر نیمه‌عمر مادهٔ B است؟ (کانون فرهنگی آموزش)



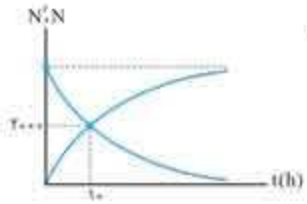
۱) ۲ ۲) $\frac{۴}{۳}$ ۳) $\frac{۳}{۴}$ ۴) $\frac{۱}{۲}$

۲۰۲۳. در مورد شکل روبه‌رو، کدام گزینه درست است؟



۱) عناصر B و A ایزوتوپ هستند.
۲) عدد نوترونی عناصر D و C با هم برابرند.
۳) عدد جرمی عناصر F و E با هم برابرند.
۴) عناصر F و E ایزوتوپ هستند.

۲۰۲۴. در شکل زیر، نمودار تعداد هسته‌های پرتوزای مادر باقی‌مانده و واپاشی‌شده برحسب زمان رسم شده است. پس از ۴۰ ساعت چه تعداد از هسته‌های پرتوزای مادر واپاشی می‌شوند؟



۱) ۲۵۰ ۲) ۵۰۰
۳) ۳۵۰۰ ۴) ۳۷۵۰

آزمون پایانی فصل

۲۰۲۵. وقتی نور قرمز از هوا وارد آب می‌شود، طول موج آن ۲۵ درصد کاهش می‌یابد. انرژی وابسته به هر فوتون این نور چه تغییری می‌کند؟ (ضریب شکست آب $\frac{۴}{۳}$ است.)

۱) $\frac{۳}{۴}$ برابر می‌شود. ۲) $\frac{۱}{۴}$ برابر می‌شود. ۳) $\frac{۱}{۳}$ برابر می‌شود. ۴) تغییر نمی‌کند.

۲۰۲۶. یک کرهٔ فلزی را ملتهب کرده‌ایم. از سطح این کره در مدت ۳۸ به اندازهٔ ۳۶۰J انرژی گسیل می‌شود. اگر شدت تابش این کره در مدت فوق $۱۰W/m^{۲}$ باشد، شعاع کره چند متر است؟ ($\pi \simeq ۳$)

۱) ۱ ۲) ۰/۵ ۳) ۲ ۴) ۱/۵

۲۰۲۷. بیشترین بسامد رشتهٔ پفوند، چند برابر بیشترین بسامد رشتهٔ لیمان است؟

۱) ۲۵ ۲) $\frac{۱}{۲۵}$ ۳) ۱۶ ۴) $\frac{۱}{۱۶}$

۲۰۲۸. در اتم هیدروژن، الکترون در تراز n قرار دارد. این الکترون با یک گذار، پرتویی در رشتهٔ بالمر ($n' = ۲$) گسیل داشته است. اگر طول موج این پرتو ۴۵۰ nm باشد، n کدام است؟ ($R = ۰/۰۱ (nm)^{-۱}$) (ریاضی ۹۱)

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۵ ۴) ۶

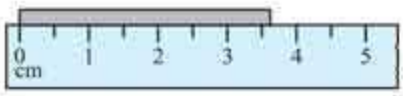
۲۰۲۹. در طیف اتم هیدروژن، وقتی الکترون از تراز $n = ۶$ به تراز $n = ۳$ جابه‌جا می‌شود، طول موج _____ خط رشتهٔ _____ را _____ می‌کند.

۱) دومین ـ پاشن ـ تابش ۲) دومین ـ پاشن ـ جذب
۳) سومین ـ پاشن ـ جذب ۴) سومین ـ پاشن ـ تابش

سؤالات کنکور ۱۳۹۹

سؤالات کنکور سراسری ۱۳۹۹

۲۰۴۹. در شکل روبه‌رو، کدام گزارش برای نشان دادن طول جسم مناسب است؟

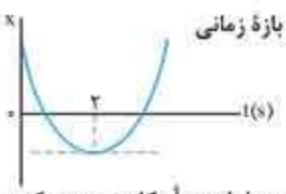


۱) $۳/۷\text{cm} \pm ۰/۳\text{cm}$
۲) $۳/۷\text{cm} \pm ۰/۲۵\text{cm}$
۳) $۳/۷۰\text{cm} \pm ۰/۲۵\text{cm}$
۴) $۳/۷۰\text{cm} \pm ۰/۳۰\text{cm}$

۲۰۵۰. دو متحرک روی محور x از حال سکون با شتاب‌های α و $\frac{۹}{۱۶}\alpha$ هم‌زمان از یک نقطه به سوی مقصدی معین به حرکت در می‌آیند و با فاصلهٔ زمانی ۲ ثانیه به مقصد می‌رسند. زمان حرکت جسمی که زودتر به مقصد می‌رسد، چند ثانیه است؟

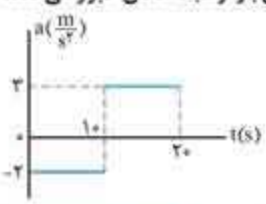
۱) ۴
۲) ۶
۳) ۸
۴) ۱۰

۲۰۵۱. نمودار مکان ـ زمان متحرکی که با شتاب ثابت حرکت می‌کند، مطابق شکل است. اگر سرعت متوسط متحرک در بازهٔ زمانی $t_۱ = ۱s$ تا $t_۲ = ۶s$ برابر $۳\frac{m}{s}$ باشد، مسافتی که متحرک در این بازهٔ زمانی طی می‌کند، چند متر است؟



۱) ۱۳
۲) ۱۵
۳) ۱۷
۴) ۱۹

۲۰۵۲. نمودار شتاب ـ زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند و در لحظهٔ $t = ۰$ با سرعت اولیهٔ $\vec{v}_۰ = (۱۰\frac{m}{s})\vec{i}$ برای اولین بار از مبدأ مکان عبور می‌کند، مطابق شکل روبه‌رو است. در چه لحظه‌ای برحسب ثانیه، متحرک برای سومین بار از مبدأ عبور می‌کند؟

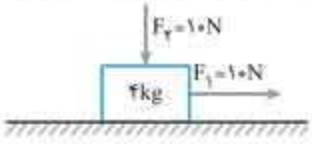


۱) ۱۰
۲) $\frac{۴۰}{۳}$
۳) ۱۵
۴) $\frac{۵۰}{۳}$

۲۰۵۳. مطابق شکل، شخصی با نیروی افقی ۵۵۰N جعبه‌ای به جرم ۱۰۰kg را از حال سکون به حرکت درمی‌آورد و پس از ۴s طناب پاره می‌شود. مسافتی که جعبه از شروع حرکت تا توقف طی می‌کند، چند متر است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$

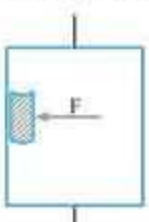
۱) ۲/۲
۲) ۲/۴
۳) ۴/۲
۴) ۴/۴

۲۰۵۴. در شکل زیر، دو نیروی افقی و قائم به جسم وارد می‌شود و جسم روی سطح افقی با سرعت ثابت حرکت می‌کند و نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند، زاویهٔ $\theta_۱$ با سطح افقی می‌سازد. اگر نیروی $F_۲$ را خلاف جهت نشان داده شده در شکل به جسم وارد کنیم، نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند، زاویهٔ $\theta_۲$ با سطح افقی می‌سازد. کدام درست است؟



۱) $\theta_۲ = \theta_۱ < ۹۰^\circ$
۲) $\theta_۲ = \theta_۱ = ۹۰^\circ$
۳) $\theta_۲ < \theta_۱$
۴) $\theta_۲ > \theta_۱$

۲۰۵۵. شخصی درون آسانسوری که با شتاب ثابت $۲\frac{m}{s^۲}$ به طرف بالا شروع به حرکت می‌کند، کتابی به جرم ۲kg را مطابق شکل با نیروی افقی $F = ۳۲N$ به دیوار قائم آسانسور فشرده و کتاب نسبت به آسانسور ساکن است. نیرویی که کتاب به دیوار آسانسور وارد می‌کند، چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$



۱) ۲۰
۲) ۲۴
۳) ۳۲
۴) ۴۰

۲۰۵۶. نوسانگری روی محور x حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد و مبدأ مختصات نقطهٔ تعادل (مرکز نوسان) است. اگر دامنهٔ حرکت نوسانگر ۲cm و بسامد حرکتش $\frac{۱}{۴}\text{Hz}$ باشد، بزرگی سرعت متوسط نوسانگر در کمترین بازهٔ زمانی که از مکان $+\sqrt{۲}\text{cm}$ در جهت محور x عبور می‌کند و سپس به مکان $-\sqrt{۲}\text{cm}$ می‌رسد، چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟

۱) صفر
۲) $\frac{۲\sqrt{۲}}{۳}$
۳) $\frac{۲\sqrt{۲}}{۵}$
۴) $\sqrt{۲}$