

حلیات کتاب درسی دبیرخانه کشوری



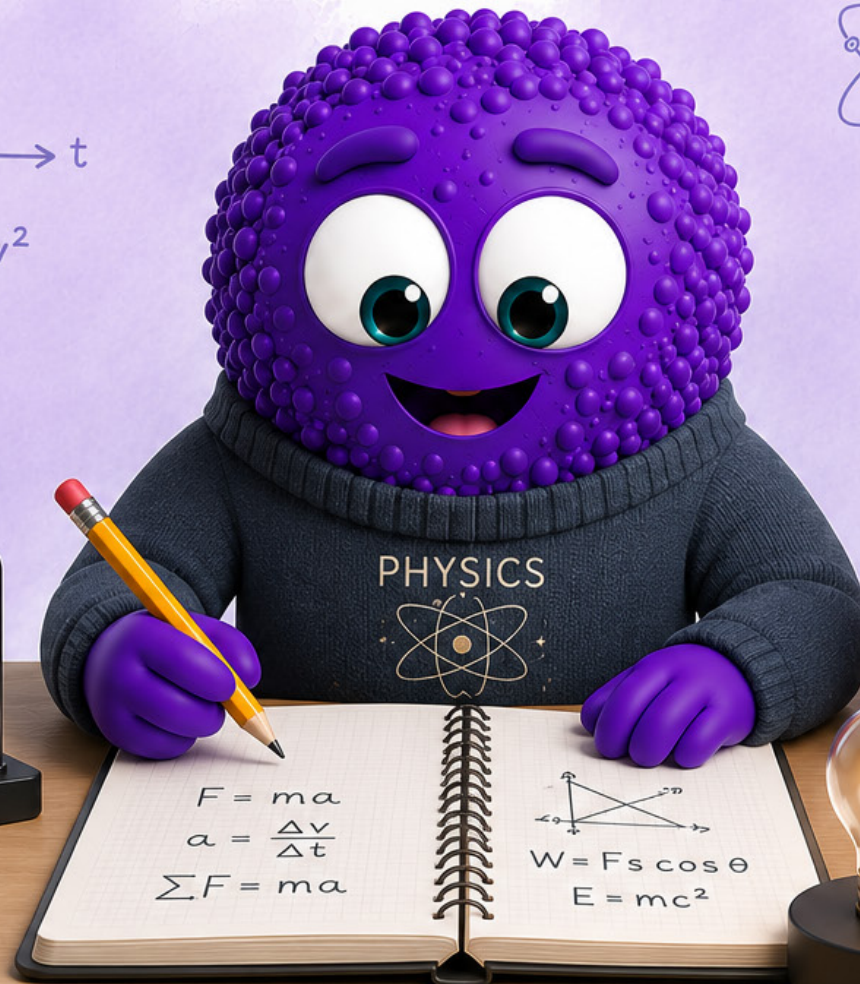
$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$



$$F = ma$$

$$E = mc^2$$

$$\sum F = ma$$



$$F = ma$$
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$
$$\sum F = ma$$

$$W = Fs \cos \theta$$
$$E = mc^2$$



راهنمای حل

فصل ۱ فیزیک دوازدهم

رشته علوم تجربی

منطبق بر کتاب درسی

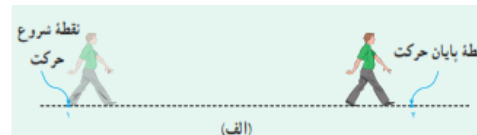
گروه فیزیک استان کیلان



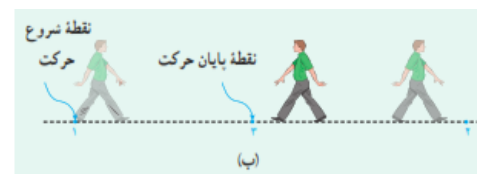
۲۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۵	۲۴	۱۷
۳۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۶	۲۵	۱۸
۳۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۷	۲۵	۱۸
	۳-۱ حرکت با شتاب ثابت		
۳۲	تمرین ۸-۱	۱۶	۱۹
۳۳	فعالیت ۲-۱	۱۶	۱۹
۳۴	تمرین ۹-۱	۱۸	۲۰
۳۵	پرسش ۷-۱	۲۱	۲۰
۳۶	تمرین ۱۰-۱	۲۱	۲۱
۳۷	تمرین ۱۱-۱	۲۱	۲۱-۲۲
۳۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۸	۲۵	۲۲
۳۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۹	۲۵	۲۳
۴۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۲۰	۲۵	۲۴
۴۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۲۱	۲۵	۲۴
۴۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۲۲	۲۶	۲۵

حرکت بر خط راست			
	فعالیت / پرسش / تمرین / مسائل	صفحه کتاب درسی	صفحه pdf
	۱-۱- حرکت شناسی		
۱	پرسش ۱-۱	۲-۳	۱
۲	فعالیت ۱-۱	۳	۲
۳	پرسش ۲-۱	۴	۲
۴	تمرین ۱-۱	۵	۳
۵	پرسش ۳-۱	۸	۴
۶	تمرین ۲-۱	۹	۴
۷	پرسش ۴-۱	۹	۵
۸	پرسش ۵-۱	۱۰	۵
۹	تمرین ۳-۱	۱۰	۵
۱۰	پرسش ۶-۱	۱۲	۶
۱۱	تمرین ۴-۱	۱۲	۶
۱۲	تمرین ۵-۱	۱۳	۷
۱۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱	۲۲	۸
۱۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۲	۲۲	۸
۱۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۳	۲۲	۹
۱۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۴	۲۲	۹
۱۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۵	۲۲	۱۰
۱۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۶	۲۳	۱۰
۱۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۷	۲۳	۱۱
۲۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۸	۲۳	۱۱-۱۲
۲۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۹	۲۳	۱۲-۱۳
۲۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۰	۲۴	۱۳
۲۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۱	۲۴	۱۳
۲۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۲	۲۴	۱۴
۲۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۳	۲۴	۱۴
	۲-۱ حرکت با سرعت ثابت		
۲۶	تمرین ۶-۱	۱۴	۱۵
۲۷	تمرین ۷-۱	۱۴-۱۵	۱۵
۲۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۴	۲۴	۱۶

پرسش ۱-۱



۱- شکل الف شخصی را در حال پیاده روی در راستای خط راست و بدون تغییر جهت، از مکان ۱ به مکان ۲ نشان می دهد. مسیر حرکت و بردار جابه جایی شخص را روی شکل مشخص و اندازه بردار جابه جایی را با مسافت مقایسه کنید.



۲- شخص پس از رسیدن به مکان ۲، برمی گردد و روی همان مسیر به مکان ۳ می رود (شکل ب). مسیر حرکت و بردار جابه جایی شخص را روی شکل مشخص و اندازه بردار جابه جایی را با مسافت پیموده شده مقایسه کنید.



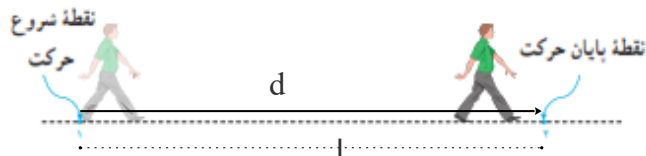
۳- شکل پ مسیر حرکت ماه به دور زمین را نشان می دهد. وقتی ماه در جهت نشان داده شده در شکل، از مکان ۱ به مکان ۲ می رود مسیر حرکت و بردار جابه جایی آن را روی شکل مشخص و اندازه بردار جابه جایی آن را با مسافت پیموده شده مقایسه کنید.

۱

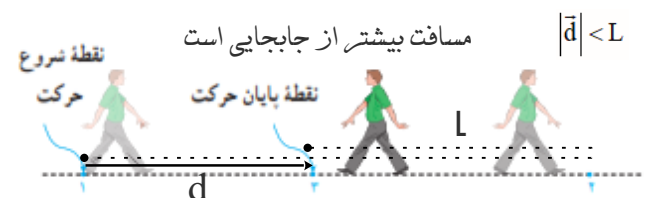
۲

۳

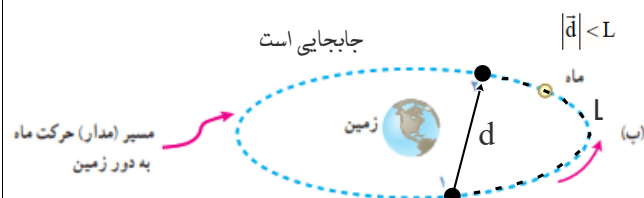
مسافت و جابه جایی بعثت عدم تغییر جهت برابر است



مسافت و جابه جایی بعثت تغییر جهت برابر نیست. و اندازه

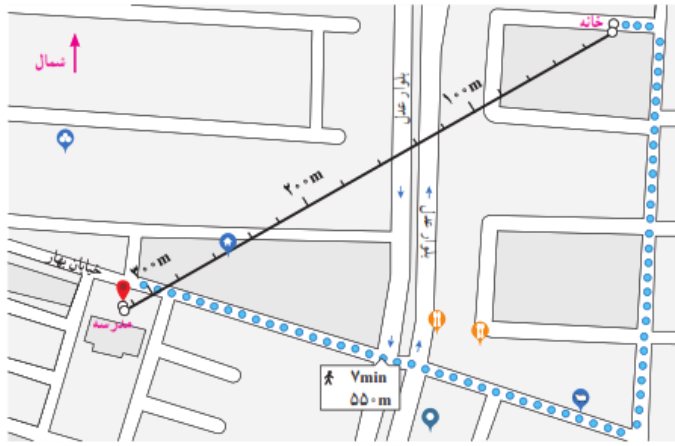


مسافت و جابه جایی بعثت تغییر جهت برابر نیست. و اندازه مسافت بیشتر از



مسیر حرکت با نقطه چین مشخص شده است. (مسافت L)

پاره خط جهت دار بردار جابه جایی است. $\vec{d}$

در این فعالیت دانش آموز به کمک فناوری و نرم افزارهای کاربردی به اهمیت استفاده از علم در زندگی پی می برد. مسافت $L = 550 \text{ m}$ جابجایی $\vec{d} \approx 320 \text{ m}$	فعالیت ۱-۱  همانند شکل روبه‌رو و به کمک یک نرم افزار نقشه‌یاب (مانند google map)، مکان خانه و مدرسه‌تان را مشخص کنید. سپس مسافت و اندازه بردار جابه‌جایی خانه تا مدرسه را تعیین کنید.
با توجه به دو رابطه تندى متوسط $s_{av} = \frac{L}{\Delta t}$ و سرعت متوسط $\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t}$، زمانى با هم برابر خواهند بود که متحرک بر روی خط راست حرکت کند دارای اندازه بردار جابه‌جایی و مسافت برابر باشد.	پرسش ۱-۲ در چه صورت اندازه سرعت متوسط یک متحرک با تندى متوسط آن برابر است؟ برای پاسخ خود می‌توانید به شکل‌های پرسش ۱-۱ نیز توجه کنید.

تمرین ۱-

جدول زیر را کامل کنید. فرض کنید هر چهار متحرک در مدت زمان $4/s$ فاصله بین مکان آغازین و مکان پایانی را طی می کنند

مکان آغازین	مکان پایانی	بردار جابه جایی	سرعت متوسط	جهت حرکت
A متحرک	$(-2/0\text{ m})\vec{i}$	$(6/4\text{ m})\vec{i}$		
B متحرک	$(-2/5\text{ m})\vec{i}$	$(-5/6\text{ m})\vec{i}$		
C متحرک	$(2/0\text{ m})\vec{i}$	$(8/6\text{ m})\vec{i}$		
D متحرک	$(-1/4\text{ m})\vec{i}$		$(2/4\text{ m/s})\vec{i}$	

مکان آغازین	مکان پایانی	بردار جابه جایی	سرعت متوسط	جهت حرکت
A متحرک	$-2\text{ m}\vec{i}$	$6/4\text{ m}\vec{i}$	$2/1\text{ m/s}\vec{i}$	محور X
B متحرک	$3/1\text{ m}\vec{i}$	$-2/5\text{ m}\vec{i}$	$-1/4\text{ m/s}\vec{i}$	خلاف محور X
C متحرک	$2\text{ m}\vec{i}$	$8/6\text{ m}\vec{i}$	$1/6\text{ m/s}\vec{i}$	محور X
D متحرک	$-1/4\text{ m}\vec{i}$	$8/2\text{ m}\vec{i}$	$2/4\text{ m/s}\vec{i}$	محور X

$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_f - \vec{d}_i = 6/4\text{ m}\vec{i} - (-2\text{ m}\vec{i}) = 8/4\text{ m}\vec{i} \quad \text{A متحرک}$$

$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} = \frac{8/4\text{ m}\vec{i}}{4\text{ s}} = 2/1\text{ m/s}\vec{i}$$

$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_f - \vec{d}_i \rightarrow -5/6\text{ m}\vec{i} = -2/5\text{ m}\vec{i} - \vec{d}_i \rightarrow \vec{d}_i = 3/1\text{ m}\vec{i} \quad \text{B متحرک}$$

$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} = \frac{-5/6\text{ m}\vec{i}}{4\text{ s}} = -1/4\text{ m/s}\vec{i}$$

$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_f - \vec{d}_i = 8/6\text{ m}\vec{i} - (2\text{ m}\vec{i}) = 6/6\text{ m}\vec{i} \quad \text{C متحرک}$$

$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} = \frac{6/6\text{ m}\vec{i}}{4\text{ s}} = 1/6\text{ m/s}\vec{i}$$

$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} \rightarrow 2/4\text{ m/s}\vec{i} = \frac{\Delta \vec{d}}{4\text{ s}} \rightarrow \Delta \vec{d} = 8/2\text{ m}\vec{i} \quad \text{D متحرک}$$

$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_f - \vec{d}_i \rightarrow 8/2\text{ m}\vec{i} = \vec{d}_f - (-1/4\text{ m}\vec{i}) \rightarrow \vec{d}_f = 8/2\text{ m}\vec{i}$$

پرسش ۱-۳

با توجه به نمودار مکان - زمان شکل رویه رو به پرسش های زیر پاسخ دهید :

الف) متحرک چند بار از مبدأ مکان عبور می کند؟

ب) در کدام بازه های زمانی متحرک در حال دور شدن از مبدأ است؟

پ) در کدام بازه های زمانی متحرک در حال نزدیک شدن به مبدأ است؟

ت) جهت حرکت چند بار تغییر کرده است؟ در چه لحظه هایی؟

ث) جابه جایی کل در جهت محور x است یا خلاف آن؟

تمرین ۱-۲

شکل رویه رو نمودار مکان - زمان دوچرخه سوار را نشان می دهد که روی مسیری مستقیم در حال حرکت است.

الف) در کدام لحظه ای دوچرخه سوار بیشترین فاصله از مبدأ را دارد؟

ب) در کدام بازه های زمانی دوچرخه سوار در جهت محور x حرکت می کند؟

پ) در کدام بازه زمانی دوچرخه سوار در خلاف جهت محور x حرکت می کند؟

ت) در کدام بازه زمانی، دوچرخه سوار ساکن است؟

ث) تندی متوسط و سرعت متوسط دوچرخه سوار را در هر یک از بازه های زمانی ۰s تا ۲s، ۲s تا ۴s، ۴s تا ۶s، ۶s تا ۸s، ۸s تا ۱۰s، ۱۰s تا ۱۲s، ۱۲s تا ۱۴s، ۱۴s تا ۱۶s حساب کنید.

الف) در زمان های t_p و t_f

ب) در بازه (صفر تا t_1) و (t_p تا t_f) و (t_f تا t_6)

پ) در بازه (t_1 تا t_p) و (t_p تا t_f)

ت) دو بار - t_1 و t_p

ث) در جهت محور x

الف) در لحظه ۸ s ب) در بازه صفر تا ۴s و ۶s تا ۸s پ) در بازه ۸s تا ۱۴s

ت) ۴s تا ۶s

ث)

بازه زمانی $\Delta t = t_f - t_i$

تندی متوسط $S_{av} = \frac{L}{\Delta t}$

$\Delta t_1 = 2s - 0s$

$S_{av} = \frac{20m}{2s} = 10 \frac{m}{s}$

$\Delta t_2 = 6s - 4s$

$S_{av} = \frac{0}{2} = 0 \frac{m}{s}$

$\Delta t_3 = 8s - 2s$

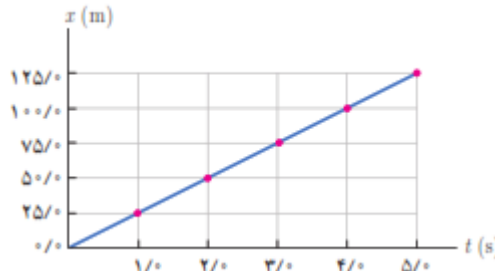
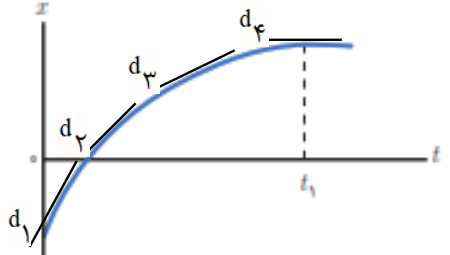
$S_{av} = \frac{20m}{6s} = 3 \frac{m}{s}$

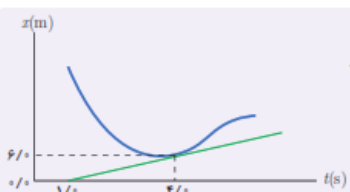
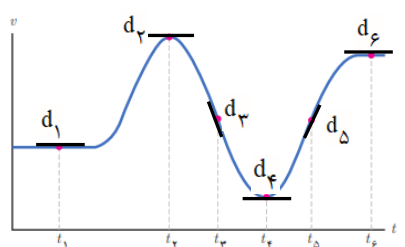
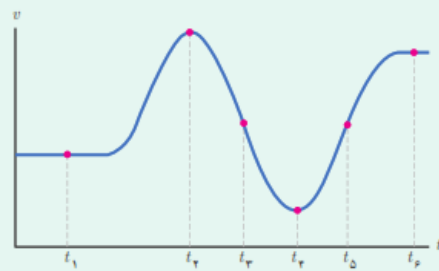
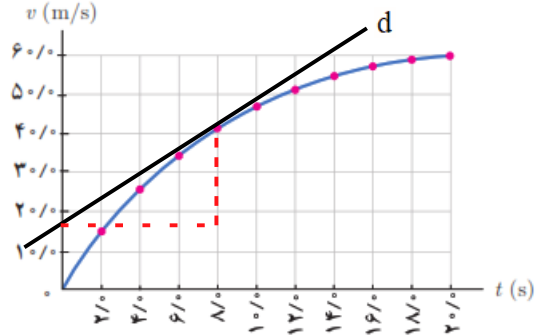
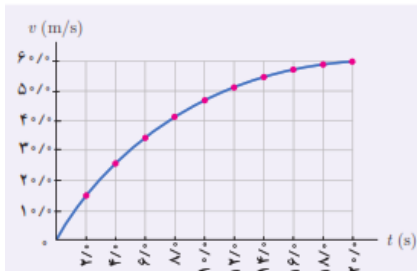
$\Delta t_4 = 14s - 8s$

$S_{av} = \frac{60m}{6s} = 10 \frac{m}{s}$

$\Delta t_5 = 14s - 0s$

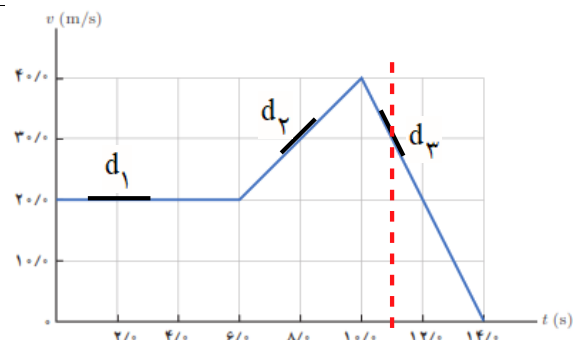
$S_{av} = \frac{120m}{14s} = 8 \frac{m}{s}$

$\Delta t = t_f - t_i$ بازه زمانی $\Delta t_i = 2s - 0s$ $\Delta t_r = 6s - 4s$ $\Delta t_r = 5s - 2s$ $\Delta t_f = 14s - 8s$ $\Delta t_\Delta = 14s - 0s$	$V_{av} = \frac{d}{\Delta t}$ سرعت متوسط $V_{av} = \frac{20m}{2s} = 10 \frac{m}{s}$ $V_{av} = \frac{40-40}{2} = 0 \frac{m}{s}$ $V_{av} = \frac{20m}{3s} = 6 \frac{m}{s}$ $V_{av} = \frac{-60m}{6s} = -10 \frac{m}{s}$ $V_{av} = \frac{0m}{14s} = 0 \frac{m}{s}$		
 با توجه به مثال ۱-۵، با توجه به ثابت بودن شیب نمودار مکان - زمان برای هر بازه زمانی دلخواه ثابت است. و هم چنین در هر لحظه خط مماس بر نمودار برابر با سرعت متوسط می باشد می توان نتیجه گرفت سرعت لحظه ای متحرک با سرعت متوسط برابر است	پرسش ۱-۴ از روی نمودار مکان - زمان توضیح دهید در چه صورت سرعت لحظه ای متحرک همواره با سرعت متوسط آن برابر است.	۷	
 شیب خط $d_4 < d_3$ شیب خط $d_3 < d_2$ شیب خط $d_2 < d_1$ $V_1 > V_2 > V_3 > V_4$	پرسش ۱-۵ شکل روبه رو نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می دهد که در امتداد محور x در حرکت است. الف) از لحظه صفر تا لحظه t_1 سرعت متحرک رو به افزایش است یا کاهش؟ ب) اگر در لحظه t_1 خط مماس بر منحنی موازی محور زمان باشد، سرعت متحرک در این لحظه چقدر است؟	۸	

شیب خط $d_1 < d_2$ شیب خط d_2 الف) سرعت متحرک رو به کاهش است. ب) در لحظه t_1 شیب خط موازی محور زمان است و سرعت برابر صفر می شود.		
$V = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{6\text{m} - 0}{4\text{s} - 1\text{s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ شیب خط مماس در لحظه $t = 4\text{s}$	تمرین ۳-۱ شکل روبهرو نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می دهد. خط مماس بر منحنی در لحظه $t = 4\text{s}$ رسم شده است. سرعت متحرک را در این لحظه پیدا کنید. 	۹
شیب d_3 در لحظه t_3 در نمودار $V-t$ منفی است در نتیجه شتاب منفی است. شیب d_5 در لحظه t_5 در نمودار $V-t$ مثبت است در نتیجه شتاب مثبت است. شیب d_1, d_2, d_4, d_6 در لحظه های t_1, t_2, t_4, t_6 در نمودار $V-t$ موازی محور زمان است در نتیجه شتاب صفر است. 	پرسش ۶-۱ شکل روبهرو نمودار سرعت - زمان دوچرخه سواری را نشان می دهد که در امتداد محور x در حرکت است. جهت شتاب دوچرخه سوار را در هر یک از لحظه های $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6$ و ... تعیین کنید. 	۱۰
الف) $a_{av} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{60(\text{m/s}) - 0}{20\text{s} - 0} = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ 	تمرین ۴-۱ نمودار سرعت - زمان خودرویی که در راستای محور x حرکت می کند در بازه زمانی 0s تا 20s مطابق شکل روبهرو است. الف) شتاب متوسط خودرو در این بازه زمانی چقدر است؟ ب) شتاب خودرو را در لحظه $t = 8\text{s}$ به دست آورید. 	۱۱

(ب) شیب خط مماس در لحظه ۸s در نمودار $a = V-t$ =

$$\frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{(\approx 40 \text{ m/s}) - (\approx 16 \text{ m/s})}{8 \text{ s} - 0 \text{ s}} = \frac{24 (\text{m/s})}{8 \text{ s}} = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



(الف) $a_{av} = \frac{V_f - V_i}{t_f - t_i} = \frac{0 - 20 (\text{m/s})}{14 \text{ s} - 0} = -1.4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

(الف)

(ب)

شیب d_1 در لحظه های $t = 2 \text{ s}$ در نمودار $V-t$ ، موازی محور زمان است در نتیجه شتاب صفر است.

شیب d_2 در بازه زمانی ۶s تا ۱۰s در نمودار $V-t$ ، ثابت است در نتیجه شتاب ثابت است.

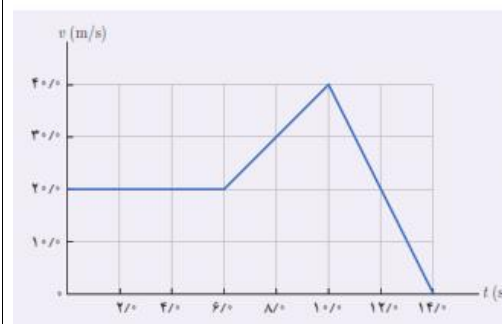
$$a_1 = a_{av} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{40 (\text{m/s}) - 20 (\text{m/s})}{10 \text{ s} - 6 \text{ s}} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

شیب d_3 در بازه زمانی ۱۰s تا ۱۴s در نمودار $V-t$ ، ثابت است در نتیجه شتاب ثابت می-باشد.

$$a_2 = a_{av} = \frac{V_4 - V_3}{t_4 - t_3} = \frac{0 - 40 (\text{m/s})}{14 \text{ s} - 10 \text{ s}} = -10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

(الف)

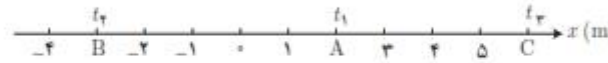
(ب)



تمرین ۵-۱

نمودار سرعت - زمان خودرویی که در راستای محور x حرکت می کند در بازه زمانی صفر تا ۱۴/۰s مطابق شکل رویهرو است.

الف) شتاب متوسط خودرو در این بازه زمانی چقدر است؟
ب) شتاب خودرو را در هر یک از لحظه های $t = 2/0 \text{ s}$ ، $t = 8/0 \text{ s}$ و $t = 11/0 \text{ s}$ به دست آورید.

(الف) $s_{av} = \frac{L}{\Delta t} = \frac{88 \text{ km}}{\frac{4}{3} \text{ h}} = 66 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ $V_{av} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{60 \text{ km}}{\frac{4}{3} \text{ h}} = 45 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ (ب) سرعت متوسط یک کمیت برداری است و تابع مسیر حرکت نیست. در صورتیکه تندی متوسط یک کمیت اسکالر و یا نرده ای است و به مسیر طی شده توسط متحرک بستگی دارد. (پ) اندازه سرعت متوسط و تندی متوسط با هم برابر است که اندازه جابجایی تقریباً با مسافت طی شده برابر باشد اگر در شکل مسیر طی شده قوس کمتری داشته باشد، تندی متوسط و اندازه سرعت متوسط تقریباً با هم برابرند.	۱۳ ۱. با توجه به داده های نقشه شکل زیر، (الف) تندی متوسط و اندازه سرعت متوسط خودرو را پیدا کنید. (ب) مفهوم فیزیکی این دو کمیت چه تفاوتی با یکدیگر دارد؟ (پ) در چه صورت تندی متوسط و اندازه سرعت متوسط می توانست تقریباً با یکدیگر برابر باشند؟ 
(الف) t_2 t_1 t_3 x (m) $\vec{d}_C = -3\text{m}\vec{i}$ $\vec{d}_A = 2\text{m}\vec{i}$ $\vec{d}_C = 6\text{m}\vec{i}$ (ب) $t_3 - t_1: \vec{d} = \vec{d}_B - \vec{d}_A = -3\text{m}\vec{i} - 2\text{m}\vec{i} = -5\text{m}\vec{i}$ $t_3 - t_2: \vec{d} = \vec{d}_C - \vec{d}_B = 6\text{m}\vec{i} - (-3\text{m})\vec{i} = 9\text{m}\vec{i}$ $t_3 - t_1: \vec{d} = \vec{d}_C - \vec{d}_A = 6\text{m}\vec{i} - 2\text{m}\vec{i} = 4\text{m}\vec{i}$	۱۴ ۲. متحرکی مطابق شکل در لحظه t_1 در نقطه A، در لحظه t_2 در نقطه B و در لحظه t_3 در نقطه C قرار دارد. الف) بردارهای مکان متحرک را در هر یک از این لحظه ها روی محور x رسم کنید و بر حسب بردار یکدیگر بنویسید. (ب) بردار جابجایی متحرک را در هر یک از بازه های زمانی t_1 تا t_2، t_2 تا t_3 و t_1 تا t_3 به دست آورید. 

الف) شیب خط متحرک C بیشتر از شیب خط متحرک A و شیب خط متحرک B. موازی با محور زمان است. در نتیجه $a_C > a_A > a_B$ $a_B = 0$ شیب خط متحرک A $a_A = \frac{10 \text{ m/s} - 0}{10 \text{ s} - 0} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ شیب خط متحرک C $a_A = \frac{20 \text{ m/s} - 0}{10 \text{ s} - 0} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $\Delta X_A = v_{av} \Delta t = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 10 \text{ s} = 50 \text{ m}$ $\Delta X_B = v_{av} \Delta t = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 10 \text{ s} = 200 \text{ m}$ $\Delta X_C = v_{av} \Delta t = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 10 \text{ s} = 100 \text{ m}$	۱۵ ۱۳. در شکل زیر نمودار سرعت - زمان سه متحرک نشان داده شده است. الف) شتاب سه متحرک را به طور کیفی با یکدیگر مقایسه کنید. ب) شتاب هر متحرک را به دست آورید. پ) در بازه زمانی ۰s تا ۱۰s جابه جایی این سه متحرک را پیدا کنید. بنظر می آید قسمت پ تمرین متناسب بخش حرکت شناسی نیست. و با مباحث بخش شتاب ثابت حل می شود.
الف) $a_{AB} = a_{av} = \frac{V_B - V_A}{t_B - t_A} = \frac{4 \text{ m/s} - 0}{8 \text{ s} - 0} = 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $a_{CB} = a_{av} = \frac{V_C - V_B}{t_C - t_B} = \frac{4 \text{ m/s} - 4 \text{ m/s}}{20 \text{ s} - 8 \text{ s}} = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $a_{DC} = a_{av} = \frac{V_D - V_C}{t_D - t_C} = \frac{6 \text{ m/s} - 4 \text{ m/s}}{28 \text{ s} - 20 \text{ s}} = 0.25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ب) $a_{av} = \frac{V_D - V_A}{t_D - t_A} = \frac{6 \text{ m/s} - 0}{28 \text{ s} - 0} = 0.21 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ پ) $\Delta X = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3$ $\Delta X = v_{av1} \Delta t_{AB} + v_{av2} \Delta t_{BC} + v_{av3} \Delta t_{CD}$ $\Delta X = 8 \text{ s} \times 2 \text{ m/s} + 4 \text{ m/s} \times 12 \text{ s} + 5 \text{ m/s} \times 8 \text{ s}$ $= 104 \text{ m}$	۱۶ ۱۴. شکل زیر نمودار سرعت - زمان متحرکی را که در امتداد محور X حرکت می کند در مدت ۲۸ ثانیه نشان می دهد. الف) شتاب در هر یک از مرحله های AB، BC و CD چقدر است؟ ب) شتاب متوسط در بازه زمانی صفر تا ۲۸ ثانیه چقدر است؟ پ) جابه جایی متحرک را در این بازه زمانی پیدا کنید. بنظر می آید قسمت پ تمرین متناسب بخش حرکت شناسی نیست. و با مباحث بخش شتاب ثابت حل می شود.

$$a_1 = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{10 \text{ m/s} - 0}{5 \text{ s} - 0} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$a_2 = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{-10 \text{ m/s} - 10 \text{ m/s}}{15 \text{ s} - 5 \text{ s}} = -2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$a_3 = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{-10 \text{ m/s} - 10 \text{ m/s}}{25 \text{ s} - 15 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

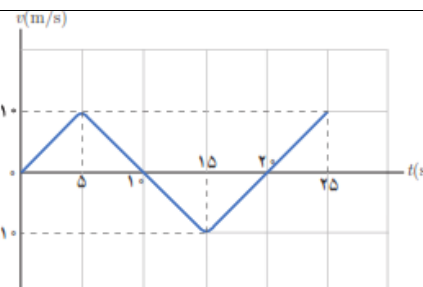
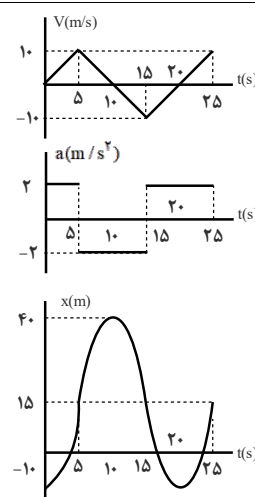
$$x_1 = \left(\frac{0 + 10 \text{ m/s}}{2} \right) 5 \text{ s} - 10 \text{ m} = 15 \text{ m}$$

$$x_2 = \left(\frac{0 + 10 \text{ m/s}}{2} \right) 5 \text{ s} + 15 \text{ m} = 40 \text{ m}$$

$$x_3 = \left(\frac{0 - 10 \text{ m/s}}{2} \right) 5 \text{ s} + 40 \text{ m} = 15 \text{ m}$$

$$x_4 = \left(\frac{0 - 10 \text{ m/s}}{2} \right) 5 \text{ s} + 15 \text{ m} = -10 \text{ m}$$

$$x_5 = \left(\frac{0 + 10 \text{ m/s}}{2} \right) 5 \text{ s} - 10 \text{ m} = 15 \text{ m}$$



الف) نمودار سرعت - زمان متحرکی مطابق شکل زیر است.
 ب) اگر $x_1 = -10 \text{ m}$ باشد نمودار مکان - زمان متحرک را رسم کنید.

بنظر می آید قسمت ب تمرین متناسب بخش حرکت شناسی نیست. و با مباحث بخش شتاب ثابت حل می شود.

۱۷

الف) در بازه زمانی صفر تا ۲۵۰ s دوندۀ سریعتر دویده
 شیب خط در بازه زمانی صفر تا ۲۵۰ s بیشتر از شیب خط در بازه زمانی ۵۰۰ s تا ۱۰۰۰ s
 می باشد.

ب) در بازه زمانی ۲۵۰ s تا ۵۰۰ s دوندۀ ایستاده.

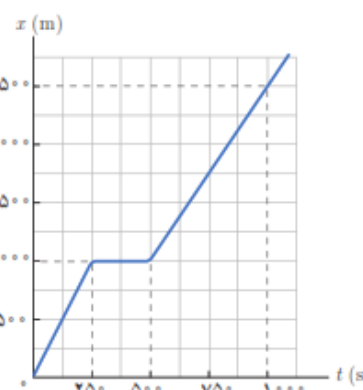
$$V_r = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(1000 - 1000) \text{ m}}{250 \text{ s}} = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

پ)

$$V_1 = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1000 \text{ m}}{250 \text{ s}} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

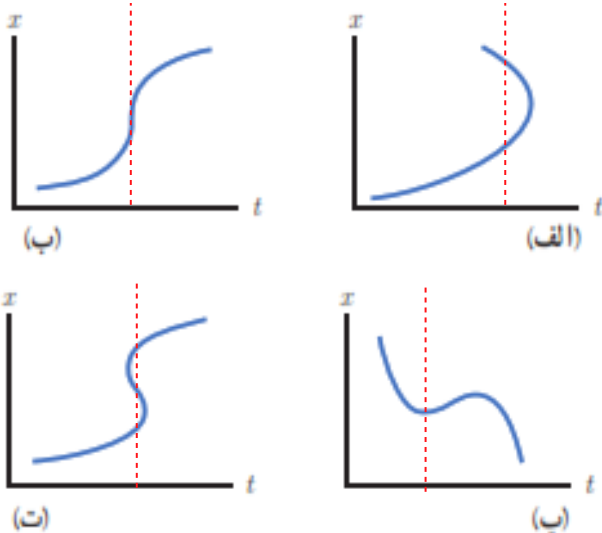
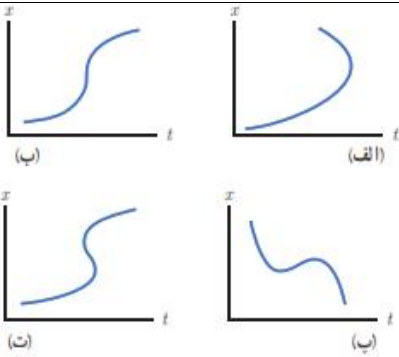
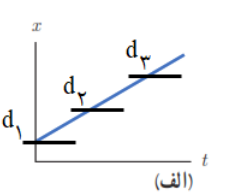
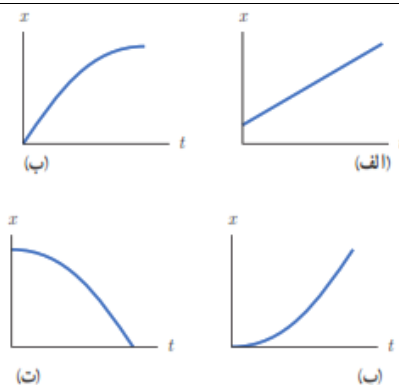
ت)

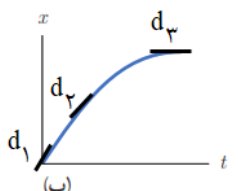
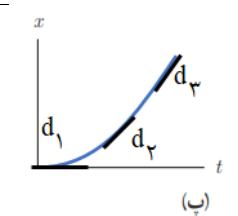
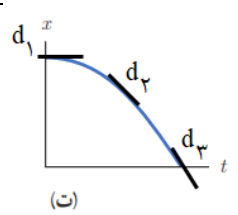
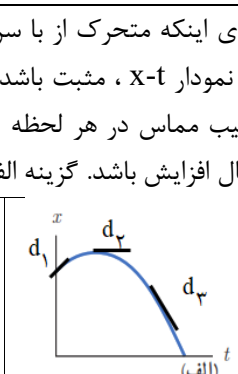
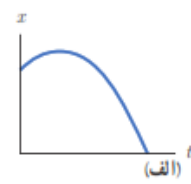
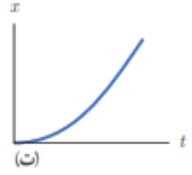
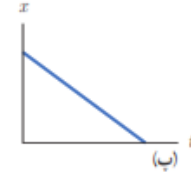
$$V_r = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(2500 - 1000) \text{ m}}{500 \text{ s}} = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

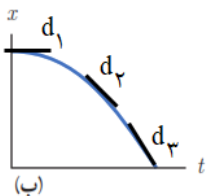
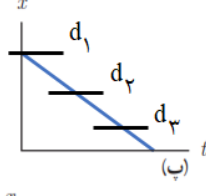
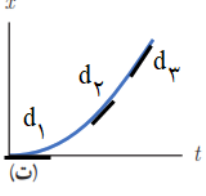
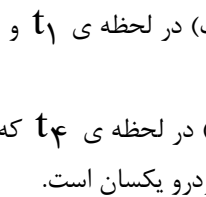


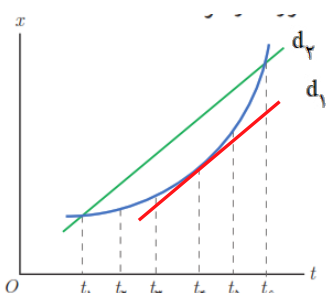
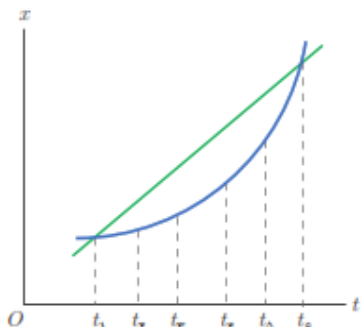
الف) شکل زیر نمودار مکان - زمان حرکت یک دوندۀ دوی
 نیمه استقامت را در امتداد یک خط راست نشان می دهد.
 الف) در کدام بازۀ زمانی دوندۀ سریعتر دویده است؟
 ب) در کدام بازۀ زمانی، دوندۀ ایستاده است؟
 پ) سرعت دوندۀ را در بازۀ زمانی ۲۵۰ s تا ۵۰۰ s حساب کنید.
 ت) سرعت دوندۀ را در بازۀ زمانی ۵۰۰ s تا ۱۰۰۰ s حساب کنید.
 ث) سرعت متوسط دوندۀ را در بازۀ زمانی ۱۰۰۰ s تا ۲۵۰۰ s حساب کنید.

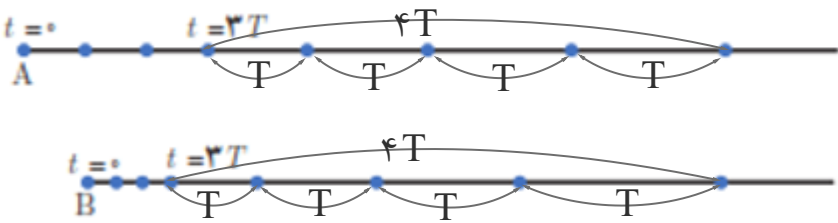
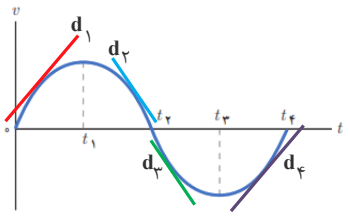
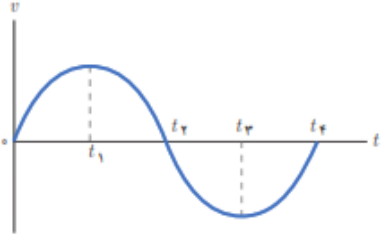
۱۸

$V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(250 - 0)m}{100s} = 2.5 \frac{m}{s}$ (ث)		
پ در شکل های الف ، ب و ت نشان میدهد که یک لحظه متحرک در دو مکان است و در شکل ب برای یک لحظه، جابجایی رخ داده 	۱۹ ۷. توضیح دهید کدام یک از نمودارهای مکان - زمان شکل زیر می تواند نشان دهنده نمودار $x-t$ یک متحرک باشد. 	
برای اینکه متحرک از حال سکون حرکت کند باید شیب خط مماس بر نمودار $x-t$ موازی با محور زمان باشد که تنها در شکل پ و ت در لحظه $t=0$ رخ می دهد. برای اینکه بر تندی متحرک افزوده شود باید شیب خط مماس بر نمودار $x-t$ در حال افزایش باشد. شیب خط مماس بر نمودار $x-t$ موازی با محور زمان باید در حال افزایش باشد. شیب خط در نمودار الف ثابت است. در نتیجه سرعت ثابت است. 	۲۰ ۸. توضیح دهید از نمودارهای مکان - زمان شکل زیر کدام موارد حرکت متحرکی را توصیف می کند که از حال سکون شروع به حرکت کرده و به تدریج بر تندی آن افزوده شده است. 	

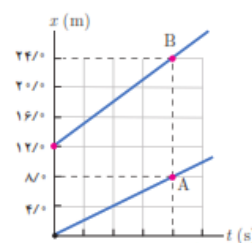
شیب خط مماس بر نمودار x در لحظه $t=0$ با محور دارای مقدار می باشد. این شیب رفته رفته کم شده تا موازی با محور زمان می رسد. در نتیجه در لحظه $t=0$ دارای تندی است. و با گذشت زمان کم و صفر می شود.	 (ب)	
شیب خط مماس بر نمودار x در لحظه $t=0$ با محور زمان موازی است و مقدار تندی صفر است. که با گذشت زمان شیب خط مثبت و افزایش می یابد. در نتیجه متحرک از حال سکون حرکت کرده و سرعت آن با گذشت زمان در جهت مثبت محور x افزایش می یابد.	 (پ)	
شیب خط مماس بر نمودار x در لحظه $t=0$ با محور زمان موازی است و مقدار سرعت صفر است. که با گذشت زمان شیب خط منفی و افزایش می یابد. در نتیجه متحرک از حال سکون حرکت کرده و سرعت آن با گذشت زمان در جهت منفی محور x افزایش می یابد.	 (ت)	
برای اینکه متحرک از با سرعت اولیه در جهت محور x حرکت کند باید شیب خط مماس بر نمودار $x-t$، مثبت باشد. و برای اینکه شتاب در خلاف جهت محور x باشد می بایست شیب مماس در هر لحظه در حال کاهش یا شیب خط مماس بر نمودار $x-t$، منفی و در حال افزایش باشد. گزینه الف درست است. شیب خط مماس بر نمودار الف در لحظه $t=0$ مثبت است. لذا دارای سرعت اولیه در جهت محور x می باشد. سرعت آن افزایش می یابد. شیب خط ابتدا مثبت و با گذشت زمان در جهت مثبت محور x در حال کاهش می باشد. در این بازه شتاب در خلاف جهت محور x است. سپس شیب خط منفی و در حال افزایش می باشد به عبارتی سرعت آن با گذشت زمان در جهت منفی محور x	 (الف)	۹. توضیح دهید کدام یک از نمودارهای مکان - زمان نشان داده شده، حرکت متحرکی را توصیف می کند که سرعت اولیه آن در جهت محور x و شتاب آن بر خلاف جهت محور x است.    

افزایش می یابد. در این بازه شتاب در خلاف جهت محور x می باشد.		
شیب خط مماس بر نمودار x در لحظه $t=0$ با محور زمان موازی است و سرعت اولیه صفر می باشد. سپس شیب خط مماس بر نمودار $x-t$ منفی و در حال افزایش می باشد، در این بازه شتاب در خلاف جهت محور x می باشد.		
شیب خط در نمودار x ثابت و منفی است. در نتیجه سرعت ثابت است. و شتاب صفر است.		
شیب خط مماس بر نمودار x در لحظه $t=0$ با محور زمان موازی است و مقدار سرعت صفر است. که با گذشت زمان شیب خط مثبت و افزایش می یابد. در نتیجه متحرک از حال سکون حرکت کرده و سرعت آن با گذشت زمان در جهت مثبت محور x افزایش می یابد. و شتاب در جهت محور x خواهد بود.		

الف) در لحظه t_1 و t_2 از کنار یکدیگر می گذرند. ب) در لحظه t_2 که شیب برابر دارند تندی دو خودرو یکسان است. پ) در بازه t_1 و t_2 سرعت متوسط دو خودرو بعثت داشتن شیب برابر، مساویند 	۱. شکل زیر نمودار مکان - زمان دو خودرو را نشان می دهد که در جهت محور x در حرکت اند. الف) در چه لحظه هایی دو خودرو از کنار یکدیگر می گذرند؟ ب) در چه لحظه ای تندی دو خودرو تقریباً یکسان است؟ پ) سرعت متوسط دو خودرو را در بازه زمانی t_1 تا t_2 با هم مقایسه کنید. 	۲۲
---	---	----

 (الف) سرعت اولیه خودروی A بیشتر است. در بازه زمانی برابر، جابجایی بیشتری را متحرک A طی کرده است. (ب) سرعت نهایی خودروی B بیشتر است. جابجایی متحرک B در زمان برابر بیشتر از متحرک A می باشد. از آنجائیکه سرعت متحرک B در لحظه ۳T کمتر از متحرک A در این لحظه است، در نتیجه متحرک B سرعت نهایی بیشتری دارد. (پ) شتاب خودروی B بیشتر از شتاب خودرو A است. تغییرات سرعت متحرک B در بازه ۴T بیشتر از تغییرات سرعت متحرک A در این بازه زمانی است در نتیجه شتاب متحرک B بیشتر از A است.	II. هر یک از شکل های زیر مکان یک خودرو را در لحظه های $t=0, t=T, t=2T, t=3T, t=4T, t=5T, t=6T, t=7T$ نشان می دهد. هر دو خودرو در لحظه $t=3T$ شتاب می گیرند. توضیح دهید.  (الف) سرعت اولیه کدام خودرو بیشتر است. (ب) سرعت نهایی کدام خودرو بیشتر است. (پ) کدام خودرو شتاب بیشتری دارد.	۲۳
(الف) $x = t^3 - 2t^2 + 4$ $t = 0 \text{ s} \rightarrow x_1 = 4 \text{ m}$ $t = 2 \text{ s} \rightarrow x_2 = 8 \text{ m} - 12 \text{ m} + 4 \text{ m} = 0$ (ب) $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0 - 4 \text{ m}}{2 \text{ s} - 0} = -2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	III. معادله حرکت جسمی در SI به صورت $x = t^3 - 3t^2 + 4$ است. (الف) مکان متحرک را در $t = 0 \text{ s}$ و $t = 2 \text{ s}$ به دست آورید. (ب) سرعت متوسط جسم را در بازه زمانی صفر تا ۲ ثانیه پیدا کنید.	۲۴
در بازه زمانی $(0 \text{ تا } t_1)$ و $(t_3 \text{ تا } t_4)$ شیب خط d_1 و d_4 نمودار $v-t$ مثبت است در نتیجه بردار شتاب در جهت محور X است. و در بازه زمانی $(t_1 \text{ تا } t_2)$ و $(t_2 \text{ تا } t_3)$ شیب d_2 و d_3 نمودار $v-t$ منفی است. در نتیجه بردار شتاب در خلاف جهت محور X است. 	III. نمودار سرعت - زمان متحرکی در شکل زیر نشان داده شده است. تعیین کنید در کدام بازه های زمانی بردار شتاب در جهت محور X و در کدام بازه های زمانی در خلاف جهت محور X است. 	۲۵

تمرین ۱-۶



شکل مقابل نمودار مکان - زمان دو متحرک A و B را نشان می دهد که در راستای محور x حرکت می کنند. سرعت هر متحرک را پیدا کنید و معادله مکان - زمان آنها را بنویسید.

۲۶

$$V_B = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{24 \text{ m} - 12 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

شیب خط متحرک B

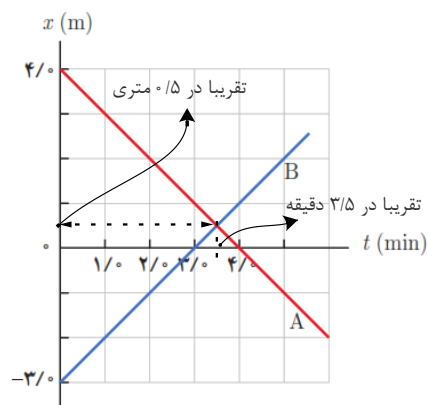
$$V_A = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{16 \text{ m} - 0}{4 \text{ s}} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

شیب خط متحرک A

$$x = vt + x_0 \rightarrow \begin{cases} x_B = 3t + 12 \\ x_A = 4t + 0 \end{cases}$$

تمرین ۱-۷

شکل الف، مکان دو کفش دوزک A و B را که در راستای محور x حرکت می کنند در لحظه $t = 0 \text{ s}$ نشان می دهد. نمودار مکان - زمان این کفش دوزک ها در شکل ب رسم شده است. الف) از روی نمودار به طور تقریبی تعیین کنید کفش دوزک ها در چه لحظه و در چه مکانی به یکدیگر می رسند. ب) با استفاده از معادله مکان - زمان، زمان و مکان هم رسی کفش دوزک ها را پیدا کنید.



(الف)

(ب)

$$V_A = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0 \text{ m} - 6 \text{ m}}{3 \text{ min}} = -2 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

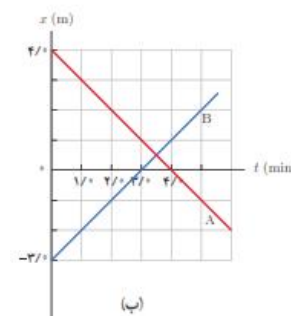
$$V_B = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0 \text{ m} - (-3) \text{ m}}{3 \text{ min}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$x = vt + x_0 \rightarrow \begin{cases} x_A = -2 \text{ (m/min)} t + 6 \text{ m} \\ x_B = 1 \text{ (m/min)} t - 3 \text{ m} \end{cases}$$

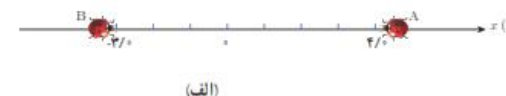
$$x_A = x_B \rightarrow -2 \text{ (m/min)} t + 6 \text{ m} = 1 \text{ (m/min)} t - 3 \text{ m} \rightarrow$$

$$3t = 9 \text{ min} \rightarrow t = 3 \text{ min}$$

$$x_A = -2 \text{ (m/min)} \times 3 \text{ min} + 6 \text{ m} = 0 \text{ m}$$

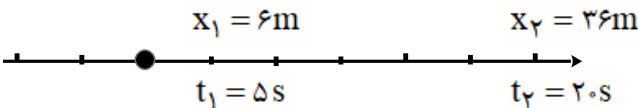
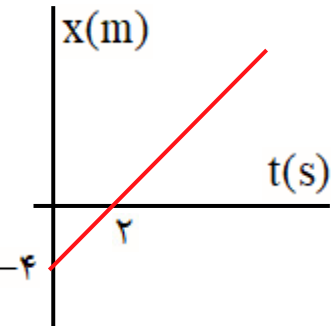


(پ)



(الف)

۲۷

(الف)  $v_{21} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{36\text{m} - 6\text{m}}{20\text{s} - 5\text{s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $v_{21} = v_{10} = \frac{x_1 - x_0}{t_1 - t_0} \rightarrow 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{6\text{m} - x_0}{5\text{s} - 0\text{s}}$ $\rightarrow x_0 = -10\text{m} + 6\text{m} = -4\text{m}$ $x = vt + x_0 \rightarrow x = 2(\text{m/s})t - 4\text{m}$	۱۱۴. جسمی با سرعت ثابت بر مسیری مستقیم در حرکت است. اگر جسم در لحظه $t_1 = 5/\text{s}$ در مکان $x_1 = 6/\text{m}$ و در لحظه $t_2 = 20/\text{s}$ در مکان $x_2 = 36/\text{m}$ باشد، الف) معادله مکان - زمان جسم را بنویسید. ب) نمودار مکان - زمان جسم را رسم کنید.	۲۸
(ب) 		

الف) $\Delta t_1 = 4s$ $\Delta t_2 = 4s$ $\Delta t_3 = 2s$

$$d = (10m - 5m) + (10m - 10m) + (0m - 10m) = -5m$$

ب) $s = \left| \frac{\Delta t_1 = 4s}{(10m - 5m)} \right| + \left| \frac{\Delta t_2 = 4s}{(10m - 10m)} \right| + \left| \frac{\Delta t_3 = 2s}{(0m - 10m)} \right| = 15m$

$$v_{1av} = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1} = \frac{10m - 5m}{4s - 0} = 1/25 \frac{m}{s}$$

$$v_{2av} = \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2} = \frac{10m - 10m}{8s - 4s} = 0 \frac{m}{s}$$

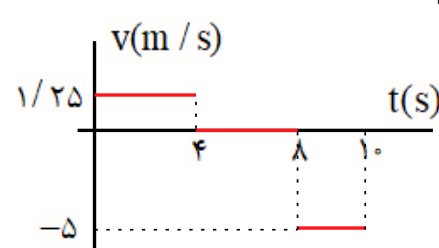
$$v_{3av} = \frac{\Delta x_3}{\Delta t_3} = \frac{0m - 10m}{10s - 8s} = -5 \frac{m}{s}$$

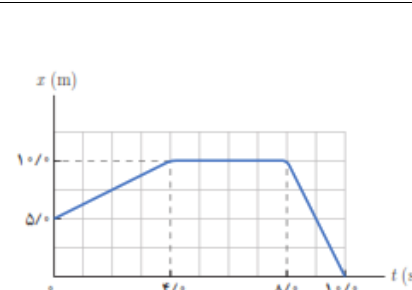
$$v_{fav} = \frac{\Delta x_f}{\Delta t_f} = \frac{0m - 5m}{10s - 0} = -0.5 \frac{m}{s}$$

پ) $x_1 = v_1 t + x_0 \rightarrow x_1 = 1/25 \left(\frac{m}{s} \right) t + 5m$

ت) $x_2 = v_2 t + x_1 \rightarrow x_2 = 0 \left(\frac{m}{s} \right) t + 10m = 10m$

ت) $x_3 = v_3 t + x_2 \rightarrow x_3 = -5 \left(\frac{m}{s} \right) t' + 10m$





۱۵. شکل زیر نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می دهد که در امتداد محور x حرکت می کند.

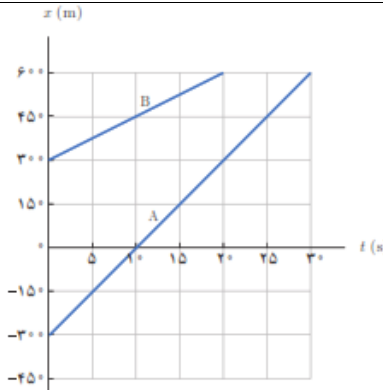
الف) جابه جایی و مسافت پیموده شده توسط متحرک در کل زمان حرکت چقدر است؟

ب) سرعت متوسط متحرک را در هر یک از بازه های زمانی $0/s$ تا $4/s$ ، $4/s$ تا $8/s$ ، $8/s$ تا $10/s$ و همچنین در کل زمان حرکت به دست آورید.

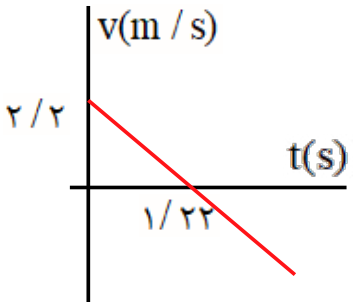
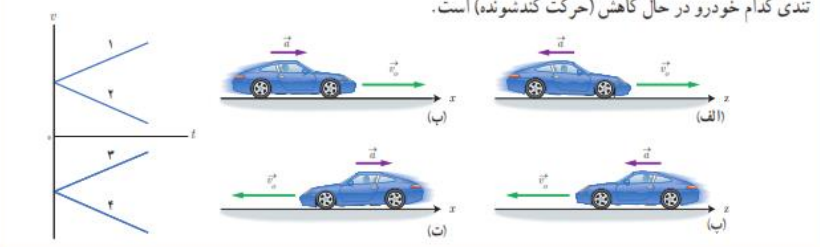
پ) معادله حرکت متحرک را در هر یک از بازه های زمانی $0/s$ تا $4/s$ ، $4/s$ تا $8/s$ ، $8/s$ تا $10/s$ و $0/s$ تا $10/s$ بنویسید.

ت) نمودار سرعت - زمان متحرک را رسم کنید.



(الف) $x_B = (m = v_B)t + x_{0B} \rightarrow x_B = (m = \frac{x_{2B} - x_{1B}}{t_{2B} - t_{1B}})t + x_{0B}$ $x_B = (\frac{60 \cdot m - 30 \cdot m}{2 \cdot s - 0})t + 30 \cdot m \rightarrow x_B = 15(\frac{m}{s})t + 30 \cdot m$ $x_A = (m = v_A)t + x_{0A} \rightarrow x_A = (m = \frac{x_{2A} - x_{1A}}{t_{2A} - t_{1A}})t + x_{0A}$ $x_A = (\frac{0 \cdot m - (-30 \cdot m)}{1 \cdot s - 0})t - 30 \cdot m \rightarrow x_A = 30(\frac{m}{s})t - 30 \cdot m$ (ب) $x_A = x_B$ $30(\frac{m}{s})t - 30 \cdot m = 15(\frac{m}{s})t + 30 \cdot m$ $\rightarrow 15(\frac{m}{s})t = 60 \cdot m \rightarrow t = 4 \cdot s$ $x_A = 30(\frac{m}{s}) \times 4 \cdot s - 30 \cdot m = 90 \cdot m$	۱۷. شکل زیر نمودار مکان - زمان دو خودرو را نشان می دهد که روی خط راست حرکت می کنند. الف) معادله حرکت هر یک از آنها را بنویسید. ب) اگر خودروها با همین سرعت حرکت کنند، در چه زمان و مکانی به هم می رسند؟ 	۳۰
سرعت نور $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ است. $\Delta t = \frac{0.24s}{2} = 0.12s$ $\Delta x = v \Delta t = 3 \times 10^8 (\frac{m}{s}) \times 0.12s = 3.6 \times 10^7 m$	۱۷. دانستن محل قرارگیری یک ماهواره در مأموریت های فضایی و اطمینان از اینکه ماهواره در مدار پیش بینی شده قرار گرفته، یکی از مأموریت های کارشناسان فضایی است. بدین منظور تپ های الکترومغناطیسی را که با سرعت نور در فضا حرکت می کنند، به طرف ماهواره مورد نظر می فرستند و بازتاب آن توسط ایستگاه زمینی دریافت می شود. اگر زمان رفت و برگشت یک تپ ۰/۲۴ ثانیه باشد، فاصله ماهواره از ایستگاه زمینی، تقریباً چقدر است؟	۳۱



$v = -1/4(m/s) \times t + 2/2(m/s) = -5(m/s)$ $\left. \begin{aligned} t = 0 \rightarrow v_0 &= 2/2(m/s) \\ t = 4s \rightarrow v &= -5(m/s) \end{aligned} \right\} \rightarrow v_{av} = \frac{v + v_0}{2}$ $v_{av} = \frac{-5(m/s) + 2/2(m/s)}{2} = -1/4(m/s)$ $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow \Delta x = -1/4(m/s) \times 4s = -5/6m$ 	تمرین ۸- معادله سرعت - زمان متحرکی که در امتداد محور x حرکت می کند در SI به صورت $v = -1/4t + 2/2$ است. (الف) سرعت متحرک در لحظه $t = 4/s$ چقدر است؟ (ب) سرعت متوسط متحرک و جابه جایی آن در بازه زمانی صفر تا $t = 4/s$ چقدر است؟ (پ) نمودار سرعت - زمان این متحرک را رسم کنید.	۳۲
الف) تندی متحرک شکل الف در حال کاهش است. ب) تندی متحرک شکل ب در حال افزایش است. پ) تندی متحرک شکل پ در حال افزایش است. ت) تندی متحرک شکل ت در حال کاهش است. $\left. \begin{aligned} v > 0 \\ a < 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow (۲)$ $\left. \begin{aligned} v > 0 \\ a > 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow (۱)$ $\left. \begin{aligned} v < 0 \\ a < 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow (۴)$ $\left. \begin{aligned} v < 0 \\ a > 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow (۳)$	فعالیت ۲- در تمامی حالت های شکل زیر، خودروها در امتداد محور x با شتاب ثابت در حرکت اند. حرکت هریک از خودروها، توسط کدام یک از نمودارهای $v-t$ توصیف می شود؟ همچنین توضیح دهید تندی کدام خودرو در حال افزایش (حرکت تندشونده) و تندی کدام خودرو در حال کاهش (حرکت کندشونده) است. 	۳۳

تمرین ۹-۱

خودرویی با سرعت 18 km/h در امتداد مسیری مستقیم از چهارراهی می‌گذرد تندی آن با شتاب 1 m/s^2 افزایش می‌یابد. سرعت خودرو پس از 30 m جابه‌جایی چقدر است؟

۳۴

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t \rightarrow 30 \cdot \text{m} = \frac{1}{2} \times 1(\text{m/s}^2)t^2 + 5(\text{m/s})t$$

$$60 \cdot \text{s}^2 = t^2 + 10st \rightarrow (t - 20\text{s})(t + 30\text{s}) = 0 \rightarrow t = 20\text{s}$$

$$v = at + v_0 = 1\text{m/s}^2 \times 20\text{s} + 5\text{m/s} = 25\text{m/s}$$

راه دیگر، پس از مطالعه قسمت بعدی کتاب

$$v_0 = 18\text{km/h} = 18 \times \frac{\text{m}}{3.6\text{s}} = 5\text{m/s}$$

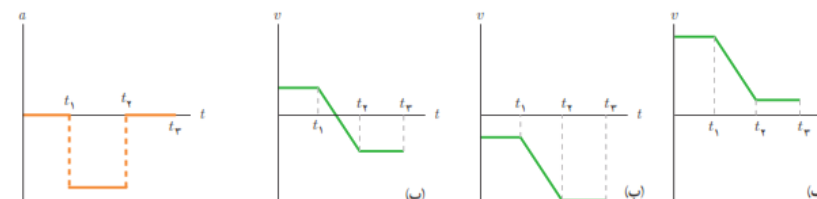
$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \rightarrow v^2 - (5\text{m/s})^2 = 2 \times 1\text{m/s}^2 \times 30\text{m}$$

$$v = \sqrt{625(\text{m}^2/\text{s}^2)} = 25\text{m/s}$$

پرسش ۷-۱

نمودار شتاب - زمان متحرکی که در امتداد محور x حرکت می‌کند مطابق شکل زیر است. توضیح دهید چگونه هر یک از نمودارهای سرعت - زمان شکل‌های الف، ب و پ می‌تواند متناظر با این نمودار شتاب - زمان باشد.

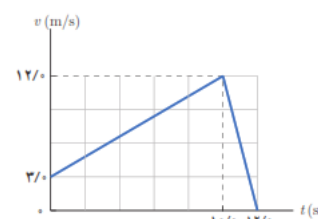
۳۵



در تمام شکل‌های الف، ب و پ در بازه صفر تا t_1 سرعت ثابت است و شتاب صفر است.
در تمام شکل‌های الف، ب و پ در بازه t_1 تا t_2 سرعت با زمان تغییر می‌کند و شیب خط منفی می‌باشد و شتاب منفی است.

در تمام شکل‌ها الف، ب و پ در بازه t_2 تا t_3 سرعت ثابت است و شتاب صفر است.

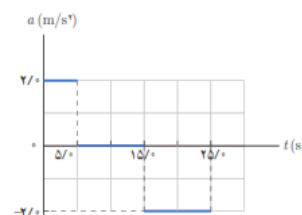
تمرین ۱۰-۱



آهویی در مسیری مستقیم در امتداد محور x می دود. نمودار سرعت-زمان آهو در بازه زمانی صفر تا $12/0$ مطابق شکل است. در این بازه زمانی (الف) مسافت کل پیموده شده توسط آهو را به دست آورید. (ب) جابه جایی آهو را پیدا کنید. (پ) نمودار شتاب-زمان آهو را رسم کنید.

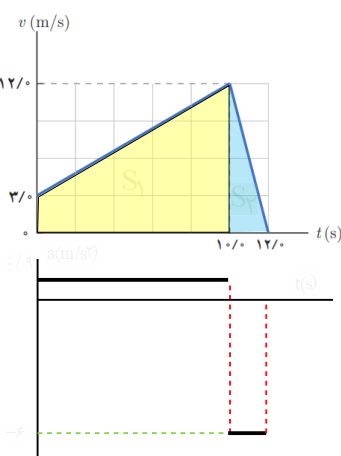
۳۶

تمرین ۱۱-۱



شکل مقابل نمودار شتاب-زمان یک ماشین اسباب بازی را نشان می دهد که در امتداد محور x حرکت می کند. با فرض $x_0 = 0$ و $v_0 = 0$ ، در بازه زمانی صفر تا $25/0$ s (الف) نمودارهای سرعت-زمان و مکان-زمان این ماشین را رسم کنید. (ب) با توجه به نمودار سرعت-زمان، مشخص کنید در کدام یک از بازه های زمانی، حرکت ماشین تندشونده، کندشونده یا با سرعت ثابت است. (پ) شتاب متوسط ماشین را پیدا کنید. (ت) جابه جایی ماشین را پیدا کنید.

۳۷



الف) جهت حرکت تغییر نکرده لذا مسافت و جابجایی برابر است.

$$s = s_1 + s_2 = \left(\frac{3(m/s) + 12(m/s)}{2} \right) \times 10s + \frac{1}{2} \times 12(m/s) \times 2s = 87m$$

$$\Delta x = s = 87m \quad (ب)$$

$$a_1 = \frac{12(m/s) - 3(m/s)}{10s} = 0.9m/s^2 \quad (پ)$$

$$a_2 = \frac{0 - 12(m/s)}{2s} = -6m/s^2$$

$$v = at + v_0$$

$$\Delta t_1 = \Delta s \rightarrow v_1 = 2 \left(m/s^2 \right) \times \Delta s + 0 = 10(m/s)$$

$$\Delta t_2 = 10s \rightarrow v_2 = v_1 = 10(m/s)$$

$$\Delta t_3 = 10s \rightarrow v_3 = -2 \left(m/s^2 \right) \times 10s + 10 = -10(m/s)$$

$$\Delta t_1 = \Delta s \rightarrow x_1 = \left(\frac{0 + 10m/s}{2} \right) \Delta s + 0m = 25m$$

$$\Delta t_2 = 10s \rightarrow x_2 = 10m/s \times 10s + 25m = 125m$$

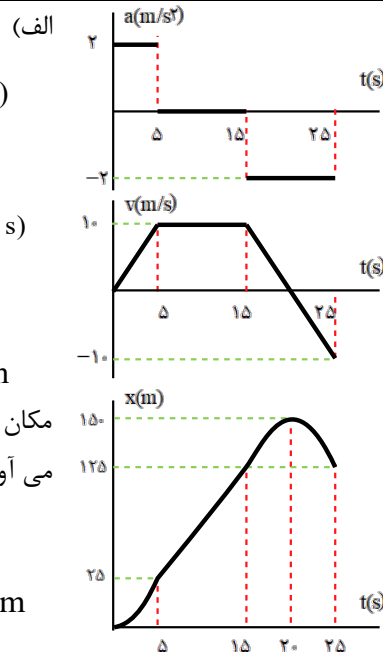
مکان ماشین را ابتدا در لحظه ی که سرعت صفر است را بدست می آوریم.

$$v = at + v_0$$

$$-2(m/s^2) \Delta t + 10m/s = 0 \rightarrow \Delta t = 5s$$

$$\Delta t_3 = 5s \rightarrow x_3 = \left(\frac{0 + 10m/s}{2} \right) \Delta s + 125m = 150m$$

$$\Delta t_4 = 5s \rightarrow x_4 = \left(\frac{0 - 10m/s}{2} \right) \Delta s + 150m = 125m$$



(ب) (پ) با کمک نمودار $v-t$ می توان بدست آورد. $a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{-10(m/s) - 0}{25s - 0} = -0.4 m/s^2$ (ت) با کمک نمودار $x-t$ می توان بدست آورد. $\Delta x = x_f - x_o = 125m - 0 = 125m$		
$a_1 = \frac{10m/s}{10s} = 1m/s^2$ $\xrightarrow{\Delta t=5s} v_1 = a_1 t + v_o = 1m/s^2 \times 5s = 5m/s$ $v_{1av} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{5m/s + 0}{2} = 2.5m/s$ $a_2 = \frac{0 - 10m/s}{40s - 10s} = -\frac{1}{3} m/s^2$ $\left\{ \begin{array}{l} \xrightarrow{\Delta t=15s} v_2 = a_2 \Delta t + v_1 = -\frac{1}{3} m/s^2 \times 15s + 10m/s = 5m/s \\ v_{2av} = \frac{v_2 + v_1}{2} = \frac{5m/s + 0}{2} = 2.5m/s \end{array} \right.$ $\frac{V_{1av}}{V_{2av}} = 1$	۱۸. نمودار $v-t$ متحرکی که در امتداد محور x حرکت می کند مطابق شکل زیر است. سرعت متوسط متحرک در بازه زمانی $0/s$ تا $5/s$ چند برابر سرعت متوسط آن در بازه زمانی $25/s$ تا $40/s$ است؟	۳۸

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6m - 0}{3s - 0} = 2m/s$$

(الف)

(ب)

$$v = at + v_0 \rightarrow t = 1s \rightarrow 0 = a(s) + v_0 \rightarrow v_0 = -a(s) \quad (1)$$

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$$

با

$$t = 3s \rightarrow 6m = \frac{1}{2}a(3s)^2 + v_0(3s) + 0 \rightarrow 3a(s^2) + 2v_0(s) = 4m \quad (2)$$

جاگذاری رابطه ۱ در رابطه ۲ خواهیم داشت.

$$(1) \& (2) \rightarrow 3a(s^2) + 2 \times -a(s)(s) = 4m \rightarrow a = 4m/s^2$$

$$v_0 = -4m/s$$

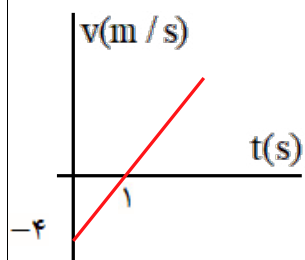
$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \rightarrow x = 2t^2 - 4t$$

(پ)

$$v = at + v_0 \rightarrow v = 4(m/s^2)t - 4m/s$$

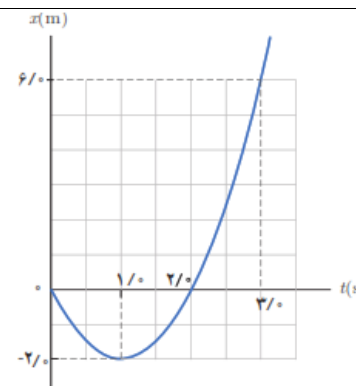
$$\rightarrow v = 4(m/s^2) \times 3s - 4m/s = 8m/s$$

(ت)



$$v = at + v_0 \rightarrow v = 4t - 4$$

$$\begin{cases} v = 0 \rightarrow t = 1s \\ t = 0 \rightarrow v = -4m/s \end{cases}$$



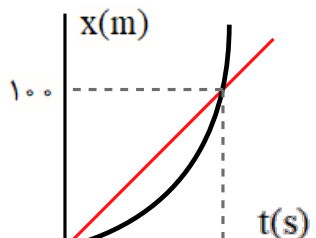
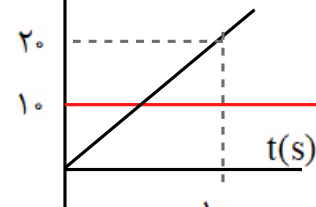
۱۹. شکل زیر نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می دهد که در امتداد محور x با شتاب ثابت در حرکت است.

الف) سرعت متوسط متحرک در بازه زمانی صفر تا $3/0$ ثانیه، چند متر بر ثانیه است؟

ب) معادله مکان - زمان متحرک را بنویسید.

پ) سرعت متحرک را در لحظه $t = 3/0s$ پیدا کنید.

پ) نمودار سرعت - زمان متحرک را رسم کنید.

(الف) $v_2^2 - v_1^2 = 2a\Delta x \rightarrow 25(m/s)^2 - 16(m/s)^2 = 2a(19m - 10m)$ $a = 0.5 m/s^2$ (ب) $v_2 = a\Delta t + v_1 \rightarrow 5(m/s) = 0.5(m/s^2)\Delta t + 4(m/s)$ $\Delta t = 2s$	۴۰. متحرکی در امتداد محور x و با شتاب ثابت در حرکت است. در مکان $x = +10m$ سرعت متحرک $4m/s$ و در مکان $x = +19m$ سرعت متحرک $5m/s$ است. (الف) شتاب حرکت آن چقدر است؟ (ب) پس از چه مدتی سرعت متحرک از $4m/s$ به سرعت $5m/s$ می‌رسد؟	۴۰
(الف) $\begin{cases} x_1 = \frac{1}{2}at^2 = t^2 \\ x_2 = vt = 10t \end{cases} \rightarrow x_1 = x_2 \rightarrow t^2 = 10t \rightarrow t = 10s$ $x_1 = t^2 = 100m$ (ب)  (پ) 	۴۱. خودرویی پشت چراغ قرمز ایستاده است. با سبز شدن چراغ، خودرو با شتاب $2m/s^2$ شروع به حرکت می‌کند. در همین لحظه، کامیونی با سرعت ثابت $36km/h$ از آن سبقت می‌گیرد. (الف) در چه لحظه و در چه مکانی خودرو به کامیون می‌رسد؟ (ب) نمودار مکان - زمان را برای خودرو و کامیون در یک دستگاه مختصات رسم کنید. (پ) نمودار سرعت - زمان را برای خودرو و کامیون در یک دستگاه مختصات رسم کنید.	۴۱

الف) شتاب در لحظات $t = 3s$, $t = 11s$, $t = 15s$ بعثت ثابت بودن سرعت، برابر صفر است.

$$t = 8s \rightarrow a = \frac{15(m/s) - 5(m/s)}{10s - 5s} = 2(m/s^2)$$

(ب)

$$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \rightarrow a_{av} = \frac{15(m/s) - 5(m/s)}{20s - 0s} = 0.5(m/s^2)$$

(پ)

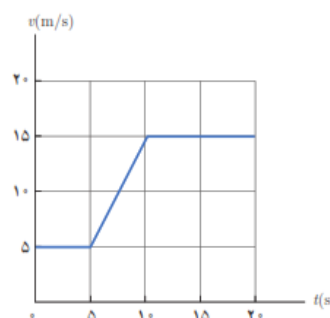
$$\left. \begin{array}{l} t_1 = 5s \\ t_2 = 11s \end{array} \right\} \rightarrow \Delta x = s_1 + s_2 = \frac{(5m/s + 15m/s) \times 5s}{2} + 15 \times 15m/s = 65m$$

$$\left. \begin{array}{l} t_2 = 11s \\ t_3 = 20s \end{array} \right\} \rightarrow \Delta x = s_3 = 9s \times 15m/s = 135m$$

$$\left. \begin{array}{l} t_1 = 5s \\ t_2 = 11s \end{array} \right\} \rightarrow v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{65m}{11s - 5s} = 10.83m/s$$

(ت)

$$\left. \begin{array}{l} t_2 = 11s \\ t_3 = 20s \end{array} \right\} \rightarrow \left. \begin{array}{l} t_1 = 5s \\ t_2 = 11s \end{array} \right\} \rightarrow v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{135m}{20s - 11s} = 15m/s$$



۱۱۲. شکل نشان داده شده نمودار سرعت - زمان خودرویی را نشان می‌دهد که روی مسیری مستقیم حرکت می‌کند.

الف) شتاب خودرو را در هر یک از لحظه‌های $t=3s$, $t=8s$, $t=11s$ و $t=15s$ به دست آورید.

ب) شتاب متوسط در بازه زمانی $t_1=0s$ تا $t_2=20s$ را به دست آورید.

پ) در هر یک از بازه‌های زمانی $t_1=0s$ تا $t_2=11s$ و $t_1=11s$ تا $t_2=20s$ خودرو چقدر جابجایی شده است؟

ت) سرعت متوسط خودرو در بازه‌های $t_1=0s$ تا $t_2=11s$ و $t_1=11s$ تا $t_2=20s$ را به دست آورید.

۴۲

راهنمای حل فصل ۲ فیزیک دوازدهم

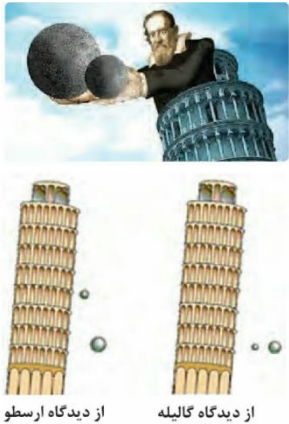
رشته ریاضی و فیزیک

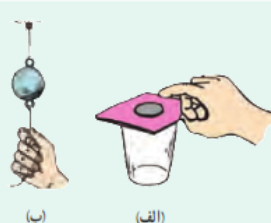
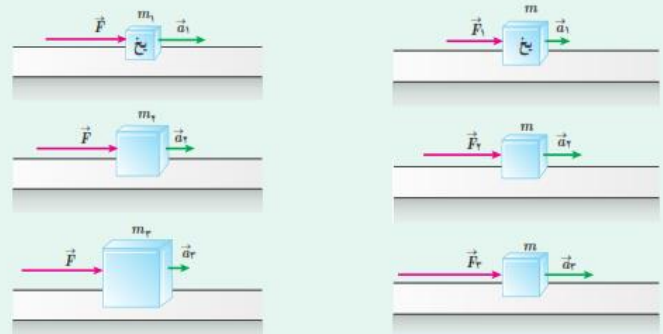
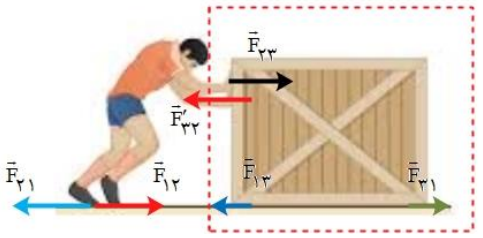
منطبق بر کتاب درسی

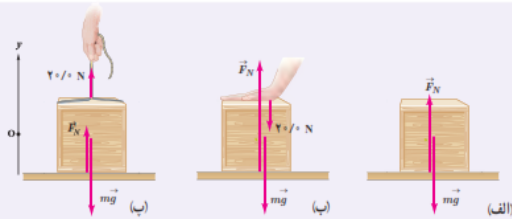
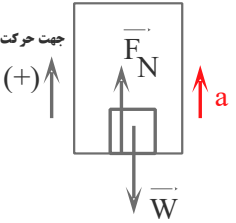


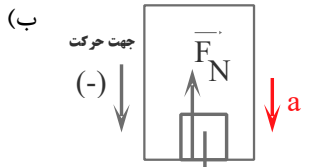
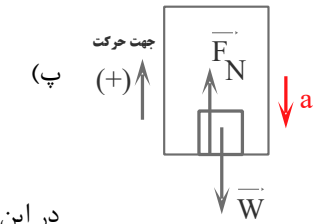
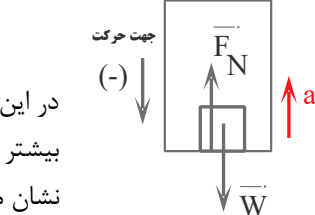
دینامیک و حرکت دایره ای		
فعالیت / پرسش / تمرین / مسائل	صفحه کتاب درسی	صفحه pdf
۱-۲ - قوانین حرکت نیوتون		
۱ پرسش ۱-۲	۳۱	۱
۲ پرسش ۲-۲	۳۱	۱
۳ فعالیت ۱-۲	۳۱	۲-۱
۴ پرسش ۳-۲	۳۲	۲
۵ پرسش ۴-۲	۳۲	۲
۶ پرسش ۵-۲	۳۵	۲
۲-۲ معرفی برخی از نیروهای خاص	۳۵	
۷ تمرین ۱-۲	۳۶	۳
۸ تمرین ۲-۲	۳۷	۳
۹ تمرین ۳-۲	۳۸	۳
۱۰ پرسش ۶-۲	۳۹	۴-۳
۱۱ پرسش ۷-۲	۴۰	۴
۱۲ تمرین ۴-۲	۴۱	۵
۱۳ آزمایش ۱-۲	۴۱	۵
۱۴ فعالیت ۲-۲	۴۲	۶-۵
۱۵ فعالیت ۳-۲	۴۲	۶
۱۶ تمرین ۵-۲	۴۳	۷-۶
۱۷ فعالیت ۴-۲	۴۳	۷
۱۸ تمرین ۶-۲	۴۵	۷
۱۹ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱	۵۷	۸
۲۰ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۲	۵۷	۹-۸
۲۱ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۳	۵۷	۹
۲۲ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۴	۵۷	۱۰
۲۳ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۵	۵۷	۱۱
۲۴ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۶	۵۷	۱۱-۱۲-۱۳-۱۴
۲۵ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۷	۵۷	۱۵
۲۶ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۸	۵۸	۱۶-۱۵
۲۷ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۹	۵۸	۱۷
۲۸ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۰	۵۸	۱۸-۱۷

۲۹ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۱	۵۸	۱۸
۳۰ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۲	۵۸	۱۹
۳۱ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۳	۵۸	۲۰
۳۲ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۴	۵۸	۲۰
۳۳ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۵	۵۸	۲۰
۲-۳ تگانه و قانون دوم نیوتون	۴۶	
۳۴ تمرین ۷-۲	۴۷	۲۱
۳۵ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۶	۵۹	۲۱
۳۶ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۷	۵۹	۲۱
۲-۴ حرکت دایره ای یکنواخت		
۳۷ پرسش ۸-۲	۴۹	۲۲
۳۸ پرسش ۹-۲	۴۹	۲۲
۳۹ تمرین ۸-۲	۵۱	۲۲
۴۰ پرسش ۱۰-۲	۵۱	۲۲
۴۱ تمرین ۹-۲	۵۲	۲۳
۴۲ تمرین ۱۰-۲	۵۳	۲۳
۴۳ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۸	۵۹	۲۳
۴۴ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۹	۵۹	۲۴
۲-۵ نیروی گرانشی	۵۳	
۴۵ فعالیت ۵-۲	۵۴	۲۶-۲۵
۴۶ تمرین ۱۱-۲	۵۶	۲۶
۴۷ پرسش ۱۱-۲	۵۶	۲۷
۴۸ تمرین ۱۲-۲	۵۶	۲۷
۴۹ تمرین ۱۳-۲	۵۶	۲۸-۲۷
۵۰ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۲۰	۵۹	۲۸
۵۱ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۲۱	۵۹ - ۶۰	۲۸
۵۲ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۲۲	۶۰	۲۹-۲۸
۵۳ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۲۳	۶۰	۲۹
۵۴ پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۲۴	۶۰	۳۰-۲۹

نیروی شناوری و نیروی وزن اثر یکدیگر را خنثی می کنند. نیروی پیشران و نیروی مقاومت اثر یکدیگر را خنثی می کنند.	پرسش ۱-۲ در شکل روبه رو یک کشتی در حال حرکت را می بینید که نیروهای وارد بر آن متوازن اند. کدام نیروها اثر یکدیگر را خنثی کرده اند؟ 
خیر - بر طبق قانون اول نیوتن، وقتی برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر باشد. جسم در حال حرکت با سرعت ثابت، حرکت خود را حفظ می کند.	پرسش ۲-۲ در فیلمی علمی - تخیلی، موتور یک کشتی فضایی که در فضای تهی خارج از جو زمین و دور از هر سیاره و خورشید در حرکت است، از کار می افتد. در نتیجه حرکت کشتی فضایی کند می شود و می ایستد. آیا امکان وقوع چنین رویدادی وجود دارد؟ توضیح دهید.
گالیله در سال ۱۵۸۹ دستگاهی ساخت که ثابت می کرد که وقتی که دو جسم با اندازه و وزن های مختلف از یک ارتفاع رها می شوند، زمان رسیدن هر دو جسم به زمین یکسان است. این گفته با آنچه که انسان ها باور داشته اند و در آن زمان درس گرفته بودند، مغایرت داشت. ارسطو کسی بود که این نظریه را ارائه داده بود که اجسامی با وزن بیشتر سریع تر از اجسام سبک تر به زمین می رسند. گالیله برای اثبات حرف خود یک توپ ۴۵۳ گرمی و یک توپ ۴۵۳۰ گرمی را از بالای برج پیزا رها کرد. جمعیت کثیری از انسان ها وجود داشتند که آزمایش گالیله و در نتیجه رسیدن همزمان این دو جسم در یک زمان را به چشم خود دیدند و شهادت دادند. با این آزمایش نظریه قبلی ارسطو رد شد. نمونه هایی از آزمایش های ذهنی گالیله که بهتر است در این زمینه دانش آموزان تحقیق کنند. قانون آونگ گالیله - قاصد آسمان - نظریه خورشید محور و زمین محور - آزمایش گالیله و سطح شیب دار  از دیدگاه گالیله از دیدگاه ارسطو	فعالیت ۱-۲ درباره آزمایش ذهنی گالیله تحقیق کنید و به کلاس گزارش دهید.

الف) برطبق قانون اول نیوتن، جسم تمایل دارد وضعیت سکون خود را حفظ نماید. که با حرکت سریع مقوا، سکه به داخل لیوان می افتد. ب) هنگامی که به آرامی بکشیم، نیرو انتقال می یابد و نخ از قسمت بالای گوی جدا می گردد. در کشش سریع، لختی جرم گلوله سبب می شود که در بازه زمانی کوتاه فرصت انتقال ضربه به نخ بالایی وجود ندارد. در نتیجه نخ پایین پاره می شود.	پرسش ۲-۲ الف) چرا حرکت سریع مقوا در شکل الف، سبب افتادن سکه در لیوان می شود؟ ب) چرا در شکل ب، اگر به آرامی نیروی وارد بر گوی سنگین را زیاد کنیم نخ بالای گوی پاره می شود، اما اگر ناگهان نخ را بکشیم، نخ پایین آن پاره می شود؟  (الف) (ب)	۴
در سه شکل سمت راست: با ثابت ماندن اندازه جرم جسم و با افزایش نیرو، مقدار شتاب جسم افزایش می یابد. در شکل های سمت چپ: با ثابت ماندن اندازه نیرو و افزایش جرم جسم، مقدار شتاب جسم کاهش می یابد.	پرسش ۲-۳ در شکل های زیر، قطعه یخ ها روی یک سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارند. استنباط خود را از این شکل ها بیان کنید. 	۵
سطح زمین [جسم (۱)] شخص [جسم (۲)] جعبه [جسم (۳)] نیروی $\vec{F}_{۲۳}$ برای جعبه، نیروی خارجی است $F_{۲۳} > F_{۱۳} \rightarrow F_{net} = F_{۲۳} - F_{۱۳} = ma$  هنگامی که نیروی افقی که شخص به جعبه وارد می کند بیشتر از نیروی افقی که زمین به جعبه وارد کند، باشد. جعبه حرکت می کند.	پرسش ۲-۴ شخصی در حال هل دادن جعبه ای سنگین روی سطح افقی است و این جعبه در جهت این نیرو حرکت می کند. با توجه به آنکه نیروی که شخص به جعبه وارد می کند با نیروی که جعبه به شخص وارد می کند هم اندازه است، توضیح دهید چگونه جعبه حرکت می کند؟	۶

$W = mg_{\text{زمین}} \rightarrow W_1 = (0.1 \text{ kg})(9.8 \text{ N/kg}) = 0.98 \text{ N}$ $W = mg_{\text{ماه}} \rightarrow W_r = (0.1 \text{ kg})(1.6 \text{ N/kg}) = 0.16 \text{ N}$ $W = mg_{\text{مریخ}} \rightarrow W_p = (0.1 \text{ kg})(3.7 \text{ N/kg}) = 0.37 \text{ N}$ $W_1 > W_p > W_r$	۲-۲ معرفی برخی از نیروهای خاص تمرین ۱-۲ الف) وزن قطعه ای طلا به جرم ۱۰۰ گرم را روی سطح زمین به دست آورید. ب) وزن یک جسم در سطح یک سیاره برابر با نیروی گرانشی است که از طرف آن سیاره بر جسم وارد می شود. وزن این قطعه طلا را در سطح ماه و مریخ به دست آورید و با هم مقایسه کنید. ($g_{\text{زمین}} = 9.8 \text{ N/kg}$, $g_{\text{ماه}} = 1.6 \text{ N/kg}$, $g_{\text{مریخ}} = 3.7 \text{ N/kg}$)	۷
$a = g - \frac{f_D}{m} \xrightarrow{f_D=0} a = g$ $V^2 - V_0^2 = 2g\Delta y \rightarrow V^2 - 0 = 2gh \rightarrow V = \sqrt{2gh}$ با صرف نظر از مقاومت هوا، سرعت برخورد گلوله ها با زمین به جرم گلوله ها وابسته نیست. $V_1 = V_p$	مثال ۵-۲ دو گوی هم اندازه را که جرم یکی دو برابر دیگری است ($m_1 = 2m_2$) از بالای برجی به ارتفاع h به طور هم زمان رها می کنیم. با فرض اینکه نیروی مقاومت هوا در طی حرکت دو گوی ثابت و یکسان باشد، تندی برخورد کدام گوی با زمین بیشتر است؟ تمرین ۲-۲ اگر در مثال ۵-۲ از مقاومت هوا صرف نظر کنیم، سرعت برخورد گوی ها با زمین را با هم مقایسه کنید.	۸
الف) $F_N = mg = 4 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} = 39.2 \text{ N}$ ب) $F_N = mg + F' = 4 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} + 20 \text{ N} = 59.2 \text{ N}$ پ) $F_N + F' = mg \rightarrow F_N + 20 \text{ N} = 4 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg}$ $F_N = 39.2 \text{ N} - 20 \text{ N} = 19.2 \text{ N}$	تمرین ۳-۲ همانند شکل، جعبه ای به جرم 4 kg روی میزی افقی قرار دارد. نیروی عمودی سطح را در حالت های نشان داده شده به دست آورید. 	۹
الف) $F_N - mg = ma$ $\rightarrow F_N = m(g + a) \rightarrow F_N > mg$ در این حالت ترازو، عددی بزرگ تر از اندازه ی وزن را نشان می دهد. 	پرسش ۶-۲ در مثال ۶-۲، در هر یک از حالت های زیر، عددی را که ترازوی فنری نشان می دهد با وزن شخص مقایسه کنید. الف) آسانسور به طرف بالا شروع به حرکت کند. ب) آسانسور به طرف پایین شروع به حرکت کند. پ) آسانسور در حالی که به طرف بالا حرکت می کند، متوقف شود. ت) آسانسور در حالی که به طرف پایین حرکت می کند، متوقف شود.	۱۰

(ب)  $F_N - mg = -ma$ $\rightarrow F_N = m(g - a) \rightarrow F_N < mg$ در این حالت ترازو، عددی کوچکتری از اندازه ی وزن را نشان می دهد. (پ)  $F_N - mg = -ma$ $\rightarrow F_N = m(g - a) \rightarrow F_N < mg$ در این حالت ترازو، عددی کوچکتری از اندازه ی وزن را نشان می دهد. (ت)  $F_N - mg = ma$ $\rightarrow F_N = m(g + a) \rightarrow F_N > mg$ در این حالت ترازو، عددی بیشتر از اندازه ی وزن را نشان می دهد.		
الف) وقتی ما شروع به حرکت می کنیم. پاهایمان نیروی به سمت عقب وارد می کند. طبق قانون سوم نیوتن، نیروی هم اندازه و در خلاف جهت بر آن وارد می شود که اصطکاک نام دارد و سبب می شود که به سمت جلو حرکت کنیم. ب) زیرا ناهمواری ها کم تر می باشد که در نتیجه اصطکاک بین فرد و زمین کم شده و سبب سر خوردن می شود و راه رفتن دشوار می گردد.	پرسش ۲-۲ الف) بر اساس قانون سوم نیوتون و آنچه از اصطکاک آموختید، توضیح دهید راه رفتن با شروع از حالت سکون چگونه انجام می شود؟ ب) چرا راه رفتن روی یک سطح شیب مانند سطح یخ به سختی ممکن است؟	۱۱

(الف)



$$\rightarrow F - f_s = ma = 0 \rightarrow F = f_s = 4 \text{ N}$$



$$\rightarrow F - f_s = ma = 0 \rightarrow F = f_s = 8 \text{ N}$$



$$\rightarrow F - f_{s,max} = ma = 0 \rightarrow F = f_{s,max} = 16 \text{ N}$$

(ب)

$$f_{s,max} = \mu_s N \rightarrow \mu_s = \frac{f_{s,max}}{mg} = \frac{16 \text{ N}}{4 \text{ kg} \times 9.8 \text{ (N/kg)}} = 0.4$$

ضریب اصطکاک ایستایی تغییر نمی کند. زیرا ضریب اصطکاک به اندازه ی مساحت سطح تماس جسم بستگی ندارد.

تمرین ۲-۲

اگر در شکل ۱۲-۲، جرم جسم 4 kg و بزرگی نیروها $F_1 = 4 \text{ N}$ ، $F_2 = 8 \text{ N}$ و $F_3 = 16 \text{ N}$ باشد،
الف) بزرگی نیروهای اصطکاک ایستایی در هر حالت چقدر است؟
ب) ضریب اصطکاک ایستایی را پیدا کنید.



۱۲

آزمایش ۲-۱: اندازه گیری ضریب اصطکاک ایستایی بین دو جسم



وسایل لازم: نیروسنج، قطعه چوبی به شکل مکعب مستطیل
با وجوه یکنواخت، ترازو، خط کش
شرح آزمایش:
۱- مکعب چوبی را از طرف وجه بزرگ آن، روی سطح افقی
میز قرار دهید.

- ۲- نیروسنج را مانند شکل به مکعب چوبی وصل کنید و سر دیگر نیروسنج را با دست بگیرید و به طور افقی بکشید.
۳- نیروی دستان را به آرامی افزایش دهید تا جایی که مکعب چوبی در آستانه لغزیدن قرار گیرد. در این حالت عددی را که
نیروسنج نشان می دهد، در جدول یادداشت کنید (برای اینکه دقت شما افزایش یابد لازم است آزمایش را چند بار تکرار کنید).
۴- اکنون مکعب چوبی را از طرف وجه کوچک تر روی سطح قرار دهید و مراحل ۲ و ۳ را تکرار کنید.
۵- با اندازه گیری جرم مکعب چوبی و استفاده از رابطه ۲-۴ مقدار μ_s را در هر آزمایش محاسبه و در جدول یادداشت کنید.

شماره آزمایش	مساحت سطح تماس قطعه با میز	وزن قطعه:	
		عددی که نیروسنج نشان می دهد ($f_{s,max}$)	μ_s

همراه با اعضای گروه خود، نتیجه های به دست آمده را تفسیر کنید.

۱۳

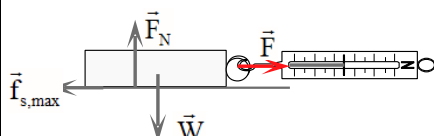
فعالیت ۲-۲

آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد $f_{s,max}$ متناسب با F_N است.

۱۴

وسایل لازم: نیروسنج- قطعه های چوبی مختلف - ترازو

شرح آزمایش:



۱- مکعب چوبی را از یک وجه روی سطح افقی قرار
دهید.

۲) نیروسنج را به مکعب چوبی وصل کرده و سر دیگر نیروسنج را در دست گرفته و بکشید. وقتی جسم در آستانه لغزیدن قرار می گیرد عددی که نیروسنج نشان می دهد نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه ($f_{s,max}$) است. ۳) جرم جسم را با ترازو اندازه گیری کرده و از رابطه $F_N = mg$ مقدار نیروی عمودی محاسبه کنید. ۴- این بار آزمایش را با ۲ قطعه چوبی روهم انجام دهید. عددی که نیرو سنج نشان می دهد بیشتر می شود. ۵) آزمایش را با تعداد بیشتر قطعه چوبی انجام بدهید. باز هم نیروسنج عدد بیشتر را نشان می دهد. ۶) اعداد بدست آمده از نیروسنج را بر وزن تقسیم می کنیم. نتیجه: نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه با مقدار نیروی عمودی از طرف سطح به جسم رابطه مستقیم دارد و با تقسیم این نیرو بر وزن عدد ثابتی بدست می آید.	
الف) به کمک یک نیروسنج، قطعه چوب را می کشیم تا حرکت کند. در بازه زمانی که قطعه چوب با سرعت ثابت در حال حرکت است، اندازه ی نیروی که نیروسنج نشان می دهد برابر است با نیروی اصطکاک جنبشی، در نتیجه خواهیم داشت. $F - f_k = ma \rightarrow F - f_k = 0 \rightarrow F = f_k$ $F = f_k = \mu_k mg \rightarrow \mu_k = \frac{F}{mg}$ نیروی F از روی نیروسنج و m را به کمک ترازو بدست می آوریم. ب) از وجه دیگر قطعه چوب، آزمایش را تکرار می کنیم. و سعی می کنیم با سرعت ثابت با نیروسنج قطعه چوب را بکشیم. عددی که نیروسنج نشان می دهد در این شرایط تقریباً برابر حالت قبل می باشد. نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس بستگی ندارد.	فعالیت ۳-۲ آزمایشی طراحی کنید که با آن بتوانید: الف) نیروی اصطکاک جنبشی وارد بر جسمی مانند یک قطعه چوب در حال لغزش روی سطح را اندازه بگیرید و با استفاده از آن μ_k را به دست آورید. ب) بستگی یا عدم بستگی نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس دو جسم را تحقیق کنید.
$F - f_{s,max} = ma = 0 \rightarrow F = f_{s,max} = \mu_s F_N = \mu_s mg$ $\rightarrow F = f_{s,max} = 0.6 \times 75 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} = 441 \text{ N}$	تمرین ۵-۲ در مثال قبل اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین جعبه و زمین ۰/۶۰۰ و جسم در ابتدا ساکن باشد، حداقل نیروی افقی لازم برای به حرکت درآوردن جعبه چقدر است؟

	الف) تعدادی فنر با ضخامت های مختلف تهیه می کنیم. هر چه فنر انعطاف پذیر تر باشد. سختی (K) کوچکتر و برای فنر سفت (K) بیشتر است. ب) فنر را مطابق شکل (۱) به سقف آویزان می کنیم و سپس به انتهای آن، وزنه ای با جرم مشخص آویزان می نماییم. در حالت تعادل، به کمک خط کش، تغییرات طول فنر را اندازه می گیریم. با توجه به این مطلب که، نیروی که از طرف فنر به وزنه وارد می شود با نیروی که از طرف زمین به جسم وارد می شود برابر است. خواهیم داشت.	فعالیت ۴-۲ تعدادی فنر متفاوت تهیه کنید. الف) سختی آنها را مقایسه کنید. ب) با طراحی یک آزمایش، ثابت هر فنر را بدست آورید.	۱۷
	$F_e = w \rightarrow k\Delta y = mg \rightarrow k = \frac{mg}{\Delta y}$ سپس در چندین نوبت فنرهای مختلف را مطابق شکل آزمایش کرده و هر بار با توجه به رابطه مقدار K را بدست می آوریم. $k = \frac{mg}{\Delta y}$ همچنین می توان آزمایش را با جرم های مختلف تکرار کرد، و k های مختلفی را بدست آورد. از اعداد بدست آمده میانگین گرفته و عدد دقیقتری برای k بدست آورد.	تمرین ۶-۲ کارگری یک سطل محتوی مصالح به جرم $۱۶/۰\text{ kg}$ را با طناب سبکی به طرف بالا می کشد. اگر شتاب رو به بالای سطل $۱/۲\text{ m/s}^2$ باشد، نیروی کشش طناب چقدر است؟	۱۸
	$T - mg = ma$ $T - ۱۶\text{ kg} \times ۹/۸\text{ N/kg} = ۱۰/۰\text{ kg} \times ۱/۲\text{ N/kg}$ $T = ۱۵۶/۸\text{ N} + ۱۲۰\text{ N} = ۱۷۶/۸\text{ N}$		

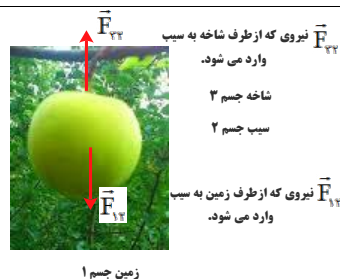
۱-۲ و ۲-۲ قوانین حرکت نیوتون و معرفی برخی از نیروهای خاص

۱. سیبی را در نظر بگیرید که به شاخه درختی آویزان است و سپس از درخت جدا می شود.

الف) با رسم شکل نیروهای وارد بر سیب را قبل و بعد از جداسدن از درخت نشان دهید. ب) در هر حالت واکنش این نیروها بر چه اجسامی وارد می شود؟

۱۹

(الف)

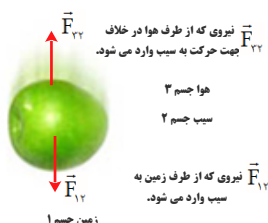


واکنش

کنش

نیروی که از طرف زمین به سیب وارد می شود.	نیروی که از طرف سیب به زمین وارد می شود.
نیروی که از طرف شاخه به سیب وارد می شود.	نیروی که از طرف سیب به شاخه وارد می شود.

(ب)



واکنش

کنش

نیروی که از طرف زمین به سیب وارد می شود.	نیروی که از طرف سیب به زمین وارد می شود.
نیروی که از طرف هوا به سیب وارد می شود.	نیروی که از طرف سیب به هوا وارد می شود.

الف) برطبق قانون اول نیوتون (لختی) جسم تمایل دارد حالت سکون و یا حرکت یکنواخت خود را بر روی خط راست حفظ کند.

در حالتی که خودرو ناگهان شروع به حرکت می کند، خودرو به سمت جلو رفته و اجسام داخل خودرو تمایل دارند حالت خود را حفظ کنند. به همین دلیل شخص به صندلی فشرده می شود.

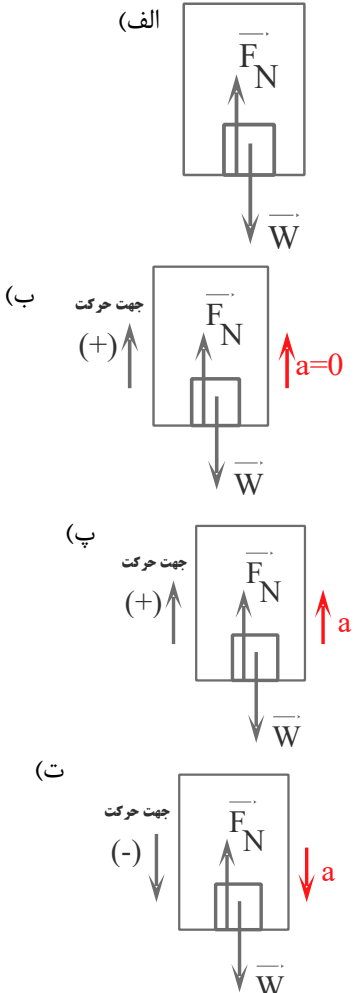
در حالتی که خودرو ناگهان توقف می کند، اجسام داخل خودرو تمایل دارند حالت رو به جلوی خود را حفظ کنند در نتیجه اجسام به سمت جلو پرت می شوند.



۲. وقتی در خودروی ساکنی نشسته اید و خودرو ناگهان شروع به حرکت می کند، به صندلی فشرده می شوید. همچنین اگر در خودروی در حال حرکتی نشسته باشید، در توقف ناگهانی به جلو پرتاب می شوید.

الف) علت این پدیده ها را توضیح دهید. ب) نقش کمربند ایمنی و کیسه هوا در کم شدن آسیب ها در تصادف ها را بیان کنید.

۲۰

ب) در هنگام توقف یا ترمز ناگهانی اتومبیل، سرنشین بنا بر خاصیت لختی در مسیر حرکت به راه خود ادامه می دهد و بسمت شیشه جلو پرتاب می شود. کمربند ایمنی و یا کیسه ی هوا، سرنشین را با خودرو یک پارچه می کند و شتاب حرکت سرنشین در رخدادهای ناگهانی شتاب خودرو می شود.	
الف) $F_N - mg = 0 \rightarrow F_N = mg$ $\rightarrow F_N = 50 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} = 490 \text{ N}$ ب) $F_N - mg = ma = 0 \rightarrow F_N = mg$ $\rightarrow F_N = 50 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} = 490 \text{ N}$ پ) $F_N - mg = ma \rightarrow F_N = m(g + a)$ $F_N = 50 \text{ kg}(9.8 \text{ N/kg} + 1.2 \text{ N/kg})$ $F_N = 550 \text{ N}$ ت) $F_N - mg = -ma \rightarrow F_N = m(g - a)$ $F_N = 50 \text{ kg}(9.8 \text{ N/kg} - 1.2 \text{ N/kg})$ $F_N = 430 \text{ N}$ 	۳۳. دانش آموزی به جرم 50 kg روی یک ترازوی فنری در آسانسور ایستاده است. در هر یک از حالت های زیر این ترازو چند نیوتون را نشان می دهد؟ ($g = 9.8 \text{ N/kg}$) الف) آسانسور ساکن است. ب) آسانسور با سرعت ثابت حرکت می کند. پ) آسانسور با شتاب 1.2 m/s^2 به طرف بالا شروع به حرکت می کند. ت) آسانسور با شتاب 1.2 m/s^2 به طرف پایین شروع به حرکت می کند.



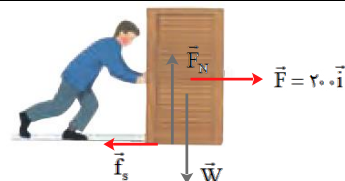
۴. در شکل نشان داده شده، شخص با نیروی 200 N جسم 90% کیلوگرمی را هل می دهد، اما جسم ساکن می ماند. ولی وقتی با نیروی 300 N جسم را هل می دهد، جسم در آستانه حرکت قرار می گیرد.

الف) نیروی اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح در هر حالت چقدر است؟

ب) ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح چقدر است؟
پ) اگر پس از حرکت، شخص با نیروی 200 N جسم را هل دهد و ضریب اصطکاک جنبشی بین سطح و جسم $0.2 = \mu_k$ باشد، شتاب حرکت جسم چقدر خواهد شد؟

۲۲

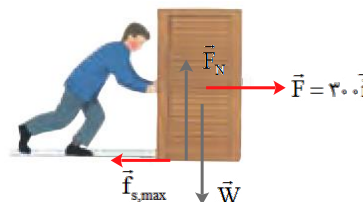
الف) جسم ساکن است.



$$F - f_s = 0$$

$$\rightarrow f_s = F = 200\text{ N}$$

ب) جسم در آستانه حرکت است.

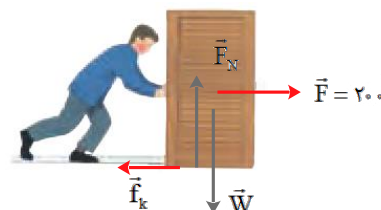


$$F - f_{s,\max} = 0$$

$$\rightarrow f_{s,\max} = F = \mu_s F_N$$

$$\mu_s = \frac{F}{mg} = \frac{300\text{ N}}{90\text{ kg} \times 9.8\text{ N/kg}} = 0.34$$

پ) جسم در با شتاب ثابت در حرکت است.



$$F - f_k = ma$$

$$F - \mu_k mg = ma \rightarrow$$

$$200\text{ N} - 0.2 \times 90\text{ kg} \times 9.8\text{ N/kg} = 90\text{ kg} a \rightarrow a = 2.04\text{ N/kg}$$

(الف)

$$F_{1e} = m_1 g \rightarrow k(L_1 - L_0) = m_1 g \quad (1)$$

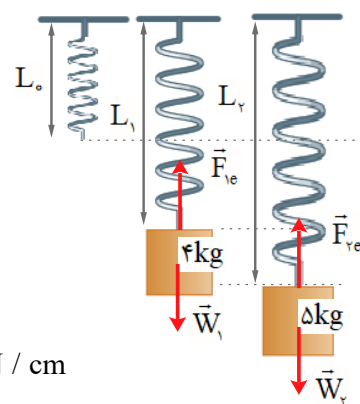
$$F_{2e} = m_2 g \rightarrow k(L_2 - L_0) = m_2 g \quad (2)$$

$$(m_2 - m_1)g = k(L_2 - L_1)$$

$$\rightarrow k = \frac{(m_2 - m_1)g}{(L_2 - L_1)}$$

$$\rightarrow k = \frac{(\Delta kg - 4kg) \times 9.8 \text{ N/kg}}{(15\text{cm} - 14\text{cm})} = 9.8 \text{ N/cm}$$

$$k(L_1 - L_0) = m_1 g \rightarrow 9.8 \text{ (N/cm)}(14\text{cm} - L_0) = 4kg \times 9.8 \text{ N/kg} \rightarrow L_0 = 10\text{cm}$$



(ب)



۵. در شکل روبه‌رو وقتی وزنه 4 kg را به فنر آویزان می‌کنیم، طول فنر 14 cm می‌شود، و وقتی وزنه 5 kg را به فنر آویزان می‌کنیم، طول فنر 15 cm می‌شود.
الف) ثابت فنر چقدر است؟ ب) طول عادی فنر (بدون وزنه) چند سانتی‌متر است؟

۲۳

(الف)



واکنش	کنش
نیروی که زمین به خودرو وارد می‌کند. $\vec{W}'$	نیروی که زمین به خودرو وارد می‌کند. $\vec{W}$
نیروی عمودی که خودرو بر سطح جاده وارد می‌کند. $\vec{F}'_N$	نیروی عمودی تکیه‌گاه سطح جاده به خودرو وارد می‌کند. $\vec{F}_N$
در وضعیت لغزش، نیروی موازی سطح از طرف زمین در خلاف جهت حرکت به خودرو وارد می‌شود. $\vec{f}'_k$	در وضعیت لغزش، نیروی موازی سطح از طرف زمین در خلاف جهت حرکت به خودرو وارد می‌شود. $\vec{f}_k$
نیروی که از مولکول‌های هوا به طرف خودرو وارد می‌شود. $\vec{f}'$	نیروی که از مولکول‌های هوا به خودرو وارد می‌شود. $\vec{f}$

۷. در هر یک از موارد زیر، نیروهای وارد بر جسم را مشخص کنید. واکنش هر یک از این نیروها به چه جسمی وارد می‌شود؟
الف) خودرویی با سرعت ثابت در یک مسیر مستقیم افقی در حال حرکت است.
ب) کشتی‌ای با سرعت ثابت در حال حرکت است.
پ) قایقرانی در حال پارو زدن است.
ت) جت‌بازی در هوای آرام و در امتداد قائم در حال سقوط است.
ث) هواپیمایی در یک سطح پروازی افقی با سرعت ثابت در حال حرکت است.
ج) تویی در راستای قائم به زمین برخورد می‌کند و برمی‌گردد.

۲۴

(ب)



واکنش	کنش
نیروی که زمین به کشتی وارد می کند. $\vec{W}'$	نیروی که زمین به کشتی وارد می کند. $\vec{W}$
نیروی که از طرف آب (نیروی شناوری) به کشتی وارد می شود. $\vec{F}_b$	نیروی که از طرف آب (نیروی شناوری) به کشتی وارد می شود. $\vec{F}_b$
نیروی که در جهت مخالف حرکت از طرف آب و مولکول های هوا به سطح کشتی وارد می شود. $\vec{f}$	نیروی که در جهت حرکت کشتی به آب و مولکول های هوا وارد می شود. $\vec{f}'$
(پ) نیروی شناوری F_b نیروی وزن W نیروی که از طرف آب به قایق وارد می شود. F نیروی که قایق به آب وارد می کند. F'	
واکنش	کنش
نیروی که زمین به قایق وارد می کند. $\vec{W}'$	نیروی که زمین به قایق وارد می کند. $\vec{W}$
نیروی که از طرف آب (نیروی شناوری) به قایق وارد می شود. $\vec{F}_b$	نیروی که از طرف آب (نیروی شناوری) به قایق وارد می شود. $\vec{F}_b$
نیروی که در جهت مخالف حرکت از طرف آب و مولکول های هوا وارد می شود. $\vec{f}$	نیروی که در جهت حرکت قایق به آب و مولکول های هوا وارد می شود. $\vec{f}'$
نیروی که از طرف آب به پارو وارد می کند. $\vec{F}'$	نیروی که از طرف آب به پارو وارد می کند. $\vec{F}$

۷. در هر یک از موارد زیر، نیروهای وارد بر جسم را مشخص کنید. واکنش هر یک از این نیروها به چه جسمی وارد می شود؟

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

ب) کشتی ای با سرعت ثابت در حال حرکت است.

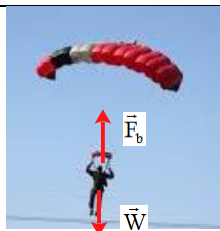
پ) قایقرانی در حال پارو زدن است.

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

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

ج) تویی در راستای قائم به زمین برخورد می کند و برمی گردد.

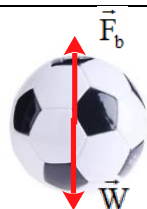
(ت)



واکنش	کنش
نیروی که چتر باز به زمین وارد می کند. $\vec{W}'$	نیروی که زمین به چتر باز وارد می کند. $\vec{W}$
نیروی که از طرف چتر باز به مولکولهای هوا وارد می شود. $\vec{F}_b'$	نیروی که از طرف مولکولهای هوا به چتر باز وارد می شود. $\vec{F}_b$

واکنش	کنش
نیروی که هواپیما به زمین وارد می کند. $\vec{W}'$	نیروی که زمین به هواپیما وارد می کند. $\vec{W}$
نیروی که از طرف هواپیما به مولکولهای هوا وارد می شود. $\vec{F}_b'$	نیروی که از طرف مولکولهای هوا به هوا (نیروی شناوری) به هواپیما وارد می شود. $\vec{F}_b$
نیروی که در جهت حرکت هواپیما به مولکول های هوا به سطح هواپیما وارد می شود. $\vec{f}'$	نیروی که در جهت مخالف حرکت از مولکول های هوا به سطح هواپیما وارد می شود. $\vec{f}$

(ج)



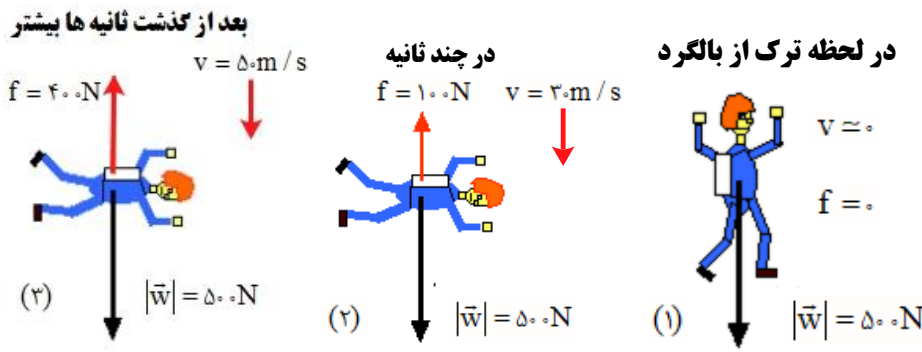
هنگام پایین آمدن

واکنش	کنش
نیروی که زمین به توپ وارد می کند. $\vec{W}'$	نیروی که زمین به توپ وارد می کند. $\vec{W}$
نیروی که از طرف مولکول های هوا رو به بالا به توپ وارد می شود. $\vec{F}_b'$	نیروی که از طرف مولکول های هوا رو به بالا به توپ وارد می شود. $\vec{F}_b$

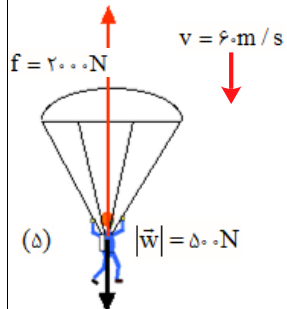


هنگام بالا رفتن

نیروی که زمین به توپ وارد می کند. $\vec{W}'$	نیروی که زمین به توپ وارد می کند. $\vec{W}$
نیروی که از طرف مولکول های هوا رو به پایین به توپ وارد می شود. $\vec{F}_b'$	نیروی که از طرف مولکول های هوا رو به پایین به توپ وارد می شود. $\vec{F}_b$

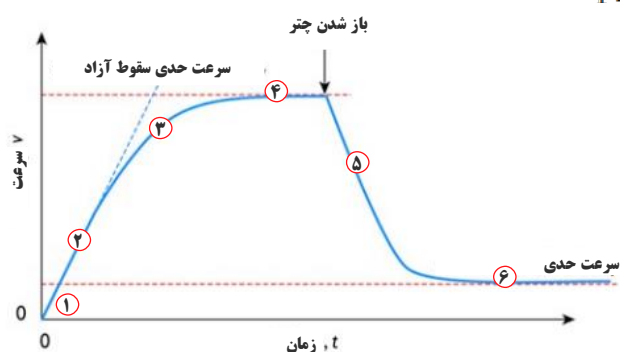
الف) $v_0 = 72 \text{ km/h} = 72 \div 3.6 \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$ $v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \rightarrow 0 - (20 \text{ m/s})^2 = 2a \times 20 \text{ m}$ $a = -\frac{400}{40} \text{ m/s}^2 = -10 \text{ m/s}^2$ ب) $v = at + v_0 \rightarrow 0 = -10 (\text{m/s}^2)t + 20 \text{ m/s} \rightarrow t = 2 \text{ s}$ پ) $F - f_k = ma \rightarrow F - f_k = -10 (\text{m/s}^2) \times 1200 \text{ kg} \rightarrow f_k = 12000 \text{ N}$	۷. راننده خودرویی که با سرعت 72 km/h در یک مسیر مستقیم در حال حرکت است، با دیدن مانعی اقدام به ترمز می کند و خودرو پس از طی مسافت 20 m متوقف می شود. الف) شتاب خودرو در مدت ترمز چقدر است؟ ب) از لحظه ترمز تا توقف کامل خودرو، چقدر طول می کشد؟ پ) نیروی اصطکاک بین لاستیک ها و سطح چقدر است؟ جرم خودرو را 1200 kg بگیرید.	۲۵
فرض می کنیم شخصی به وزن 500 N از بالگرد به بیرون می پرد. بعد از پریدن چتر باز، سرعت اولیه آن بسیار نا چیز است و تندی و مقاومت هوا افزایش می یابد. (جهت حرکت مثبت در نظر گرفته شده است.) بعد از گذشت ثانیه ها بیشتر در چند ثانیه در لحظه ترک از بالگرد  پس از مدتی مقاومت هوا با وزن چتر باز برابر شده و نیروی خالص وارد بر چتر باز صفر می شود و چتر باز با تندی ثابتی به طرف زمین حرکت می کند.	۸. چتر بازی از یک بالگرد تقریباً ساکن که در ارتفاع نسبتاً زیادی قرار دارد، به بیرون می پرد و پس از مدتی چتر خود را باز می کند و در امتداد قائم سقوط می کند. حرکت چتر باز را از لحظه پرش تا رسیدن به زمین تحلیل کنید و نموداری تقریبی از تندی آن بر حسب زمان رسم کنید.	۲۶

باز کرد چتر

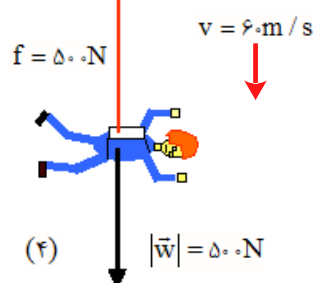


در این حالت چتر باز چتر را باز می کند. که باعث افزایش نیروی مقاومت هوا خواهد شد.

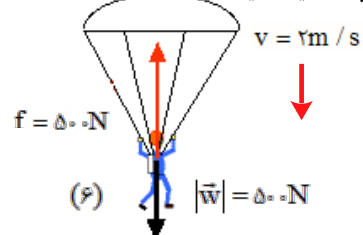
در نهایت نیروی مقاومت کاهش یافته و برابر سرعت وزن خواهد شد و جسم با تندی کم تر به زمین می رسد.



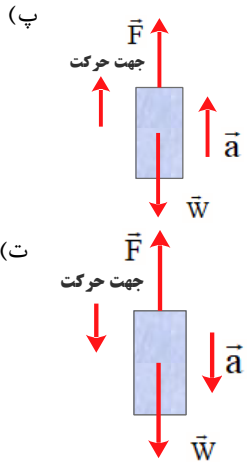
خیلی سریع



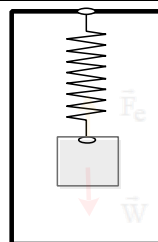
چند ثانیه کافیت



(الف) $\vec{F}_{net} = m\vec{a}$ $F_N - F_f - W = ma = 0 \rightarrow F_N = F_f + W$ با افزایش F_f، نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه افزایش می یابد. (ب) $F_f - F_s = ma = 0 \rightarrow F_f = F_s$ تغییر نمی کند. (پ) $f_{s,max} = \mu_s F_N \rightarrow f_{s,max} = \mu_s (F_f + W)$ با افزایش F_f، $f_{s,max}$ مقدار افزایش می یابد. (ت) نیروی خالص وارد بر جسم در راستای X و Y صفر است. چون جسم در این دو راستا حرکتی ندارد.	۱. در شکل زیر، نیروی F_1 به بزرگی 20 N بر جعبه وارد شده است، اما جعبه همچنان ساکن است. اگر در همین حالت بزرگی نیروی قائم $\vec{F}_2$ که جعبه را به زمین می فشارد از صفر شروع به افزایش کند، کمیت های زیر چگونه تغییر می کنند؟ الف) اندازه نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه ب) اندازه نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر جعبه پ) اندازه بیشینه نیروی اصطکاک ایستایی ت) نیروی خالص وارد بر جسم	۲۷
(الف) $\vec{F}_{net} = m\vec{a} \rightarrow F = ma$ $\rightarrow F = (5/0 \cdot \text{kg})(2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) = 10 \cdot \text{N}$ (ب) $\vec{F}_{net} = m\vec{a} \rightarrow F - F_k = ma$ $\rightarrow F - \mu_k W = ma$ $F - (0/20)(5/0 \cdot \text{kg})(9/8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) = (5/0 \cdot \text{kg})(2/0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$ $\rightarrow F - (9/8 \text{ N}) = 10 \cdot \text{N} \rightarrow F = 19/8 \text{ N}$	۱. می خواهیم به جسمی که جرم آن $5/0 \text{ kg}$ است، شتاب $2/0 \text{ m/s}^2$ بدهیم. در هر یک از حالت های زیر، نیرویی را که باید به جسم وارد کنیم محاسبه کنید. الف) جسم روی سطح افقی بدون اصطکاک حرکت کند. ب) جسم روی سطح افقی با ضریب اصطکاک $0/20$ به طرف راست حرکت کند، و شتابش نیز به طرف راست باشد. پ) جسم در راستای قائم با شتاب رو به بالا شروع به حرکت کند. ت) جسم در راستای قائم با شتاب رو به پایین شروع به حرکت کند.	۲۸

(پ) $\vec{F}_{\text{net}} = ma \rightarrow F - W = ma \rightarrow F - mg = ma$ $F - (5/0 \text{ kg})(9/8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) = (5/0 \text{ kg})(2/0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$ $\rightarrow F - (49 \text{ N}) = 10 \text{ N} \rightarrow F = 59 \text{ N}$ (ت) $W - F = ma \rightarrow mg - F = ma$ $(5/0 \text{ kg})(9/8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) - F = (5/0 \text{ kg})(2/0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$ $\rightarrow (49 \text{ N}) - F = 10 \text{ N} \rightarrow F = 39 \text{ N}$ 	
(الف) $\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a} \rightarrow -f_k = ma \rightarrow -\mu_k F_N = ma$ $-\mu_k mg = ma \rightarrow a = -\mu_k g \rightarrow a = -(0/2)(9/8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) = -1/96 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ جسم متوقف شده است، بنابراین $V = 0$ است. $V^2 - V_0^2 = 2a\Delta x$ $0 - (10 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 = 2(-1/96 \text{ N/kg})\Delta x \rightarrow \Delta x = 25/51 \text{ m}$ (ب) مطابق رابطه $a = -\mu_k g$، شتاب حرکت به جرم جسم بستگی ندارد و مسافت پیموده شده ثابت می ماند.	/// قطعه چوبی را با سرعت افقی 10 m/s روی سطحی افقی پرتاب می کنیم. ضریب اصطکاک جنبشی بین چوب و سطح $0/20$ است. الف) چوب پس از پیمودن چه مسافتی می ایستد؟ ب) اگر از یک قطعه چوب دیگر استفاده کنیم که جرم آن دو برابر جرم قطعه چوب اول و ضریب اصطکاک جنبشی آن با سطح افقی با اولی یکسان باشد و با همان سرعت پرتاب شود، مسافت پیموده شده آن چند برابر می شود؟

(الف)

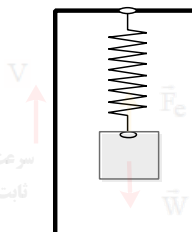


$$F - mg = 0 \rightarrow k\Delta L = mg$$

$$\rightarrow 20(\text{N/cm})(L_1 - 12\text{cm}) = 2\text{kg} \times (9.8\text{N/kg})$$

$$\rightarrow L_1 = 12/9.8\text{cm}$$

(ب)

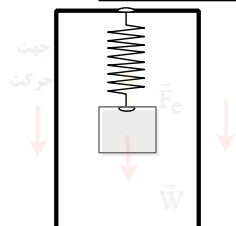


$$F - mg = 0 \rightarrow k\Delta L = mg$$

$$\rightarrow 20(\text{N/cm})(L_2 - 12\text{cm}) = 2\text{kg} \times (9.8\text{N/kg})$$

$$\rightarrow L_2 = 12/9.8\text{cm}$$

(پ)

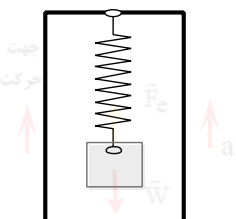


$$F - mg = -ma \rightarrow k\Delta L = m(g - a)$$

$$\rightarrow 20(\text{N/cm})(L_3 - 12\text{cm}) = 2\text{kg} \times [(9.8 - 2)\text{N/kg}]$$

$$\rightarrow L_3 = 12/7.8\text{cm}$$

(ت)



$$F - mg = ma \rightarrow k\Delta L = m(g + a)$$

$$\rightarrow 20(\text{N/cm})(L_4 - 12\text{cm}) = 2\text{kg} \times [(9.8 + 2)\text{N/kg}]$$

$$\rightarrow L_4 = 13/1.8\text{cm}$$

۱۱. وزنه‌ای به جرم 2 kg را به انتهای فنری به طول 12 cm که

ثابت آن 20 N/cm است می‌بندیم و فنر را از سقف یک آسانسور آویزان می‌کنیم. طول فنر را در حالت‌های زیر محاسبه کنید.

(الف) آسانسور ساکن است.

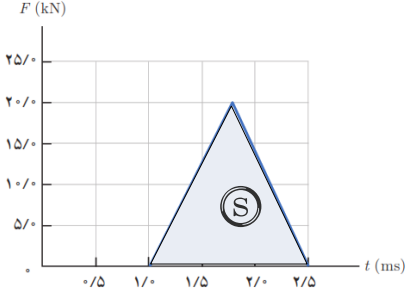
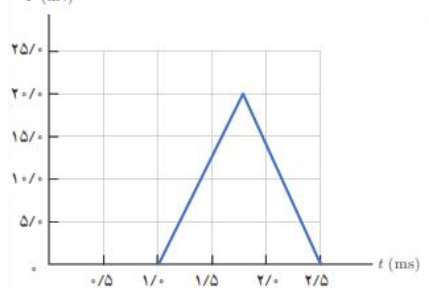
(ب) آسانسور با سرعت ثابت 2 m/s رو به پایین در حرکت است.

(پ) آسانسور با شتاب ثابت 2 m/s^2 از حال سکون رو به پایین شروع به حرکت کند.

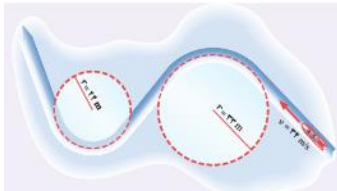
(ت) آسانسور با شتاب ثابت 2 m/s^2 از حال سکون رو به بالا شروع به حرکت کند.

۳۰

الف) زمان واکنش و تندی خودرو ب) $\Delta x = vt \rightarrow 18m = v \times 0.6s \rightarrow v = 30m/s$ پ) $x = \left(\frac{v+v_0}{2}\right)t = \left(\frac{0+30m/s}{2}\right) \times \Delta s \rightarrow 18m$ ت) $a = \frac{v-v_0}{t} = \frac{0-30m/s}{\Delta s} \rightarrow a = -6m/s$ $F_{net} = ma \rightarrow F_{net} = 1500kg \times -6(N/kg) \rightarrow F_{net} = -9000N$	۱۳۹. برای یک راننده دانستن کل مسافت توقف خودرو اهمیت دارد. همان طور که شکل نشان می دهد کل مسافت توقف، دو قسمت دارد: مسافت واکنش (مسافتی که خودرو از لحظه دیدن مانع تا ترمز گرفتن طی می کند) و مسافت ترمز (مسافتی که خودرو از لحظه ترمز گرفتن تا توقف کامل طی می کند). الف) دو عامل مؤثر در مسافت واکنش را بنویسید. ب) زمان واکنش راننده ای $0.6s$ است. در طی این زمان، خودرو مسافت $18m$ را طی می کند. با فرض ثابت بودن سرعت در این مدت، اندازه آن را حساب کنید. پ) اگر در این سرعت راننده ترمز کند و خودرو پس از $5/s$ متوقف شود، مسافت ترمز و شتاب خودرو را حساب کنید. ت) وقتی خودرو ترمز می کند، نیروی خالص وارد بر آن چقدر است؟ جرم خودرو را $1500kg$ فرض کنید.
نیروی خالص عمودی حاصل از سطح زمین $\vec{F}_N$ نیروی کشش $\vec{T}$ نیروی مقاومت هوا $\vec{f}$ نیروی اصطکاک $\vec{f}_k$ نیروی وزن $\vec{W}$ الف) $T - f_k - f = ma = 0 \rightarrow T = f_k + f = 380N + 220N = 600N$ ب) $T' - f_k - f = ma \rightarrow T' = 2(N/kg) \times 1500kg + 600N = 3600N$	۱۴۰. یک خودروی باری با طناب افقی محکمی، یک خودروی سواری به جرم $1500kg$ را می کشد. نیروی اصطکاک و مقاومت هوا در مقابل حرکت خودروی سواری $220N$ و $380N$ است. الف) اگر سرعت خودرو ثابت باشد نیروی کشش طناب چقدر است؟ ب) اگر خودرو با شتاب ثابت $2m/s^2$ به طرف راست کشیده شود، نیروی کشش طناب چقدر است؟
نیروی اصطکاک ایستایی $\vec{F}_s$ نیروی عمودی تکیه گاه $\vec{N}$ نیروی وزن $\vec{W}$ الف) $mg - f_s = ma = 0 \rightarrow f_s = mg$ ب) $\rightarrow f_s = 2/5kg \times 9.8N/kg = 24/5N$ پ) خیر - نیروی اصطکاک تغییری نمی کند. $F_N - F = 0 \rightarrow F = F_N$	۱۵۰. کتابی را مانند شکل با نیروی عمودی F به دیوار قائمی فشرده و ثابت نگه داشته ایم. الف) نیروهای وارد بر کتاب را رسم کنید. ب) اگر جرم کتاب $2/5kg$ باشد، اندازه نیروی اصطکاک را به دست آورید. پ) اگر کتاب را بیشتر به دیوار بفشاریم، آیا نیروی اصطکاک تغییر می کند؟ با این کار چه نیروهایی افزایش می یابد؟

	۲-۳ تکانه و قانون دوم نیوتن	
$k = \frac{1}{2}mv^2$ $P = mv \rightarrow v = \frac{P}{m}$ $\rightarrow k = \frac{1}{2}m\left(\frac{P}{m}\right)^2 \rightarrow k = \frac{P^2}{2m}$	تمرین ۲-۲ نشان دهید بین اندازه تکانه (p) و انرژی جنبشی (K) جسمی به جرم m، رابطه $K = \frac{p^2}{2m}$ برقرار است.	۳۴
(الف) $\Delta P = m\Delta v = m(v_f - v_i)$ $\Delta P = 0.28 \text{ kg} \times (-22 \text{ m/s} - 15 \text{ m/s})$ $\Delta P = -10.76 \text{ kgm/s}$ (ب) $\bar{F} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{-10.76 \text{ kgm/s}}{0.06 \text{ s}} = -179.33 \text{ N}$	۲-۳ تکانه و قانون دوم نیوتن ۱۷. توپی به جرم 280 g با تندی 15 m/s به طور افقی به بازیکنی نزدیک می شود. بازیکن با مشت به توپ ضربه می زند و باعث می شود توپ با تندی 22 m/s در جهت مخالف برگردد. (الف) اندازه تغییر تکانه توپ را محاسبه کنید. (ب) اگر مشت بازیکن 0.06 s با توپ در تماس باشد، اندازه نیروی متوسط وارد بر مشت بازیکن از طرف توپ را به دست آورید.	۳۵
$S_{(F-t)} = \Delta P$ $S_{(F-t)} = \frac{1}{2}(2/5 - 1/5) \times 10^{-3} \times 20 \times 10^3 \text{ N}$ $S_{(F-t)} = \Delta P = 15 \text{ N.s}$ $\bar{F} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{15 \text{ N.s}}{1/5 \times 10^{-3} \text{ s}} = 10000 \text{ N}$	۱۷. شکل زیر، منحنی نیروی خالص بر حسب زمان را برای توپ بیسبالی که با چوب بیسبال به آن ضربه زده شده است، نشان می دهد. تغییر تکانه توپ و نیروی خالص متوسط وارد بر آن را به دست آورید.  	۳۶

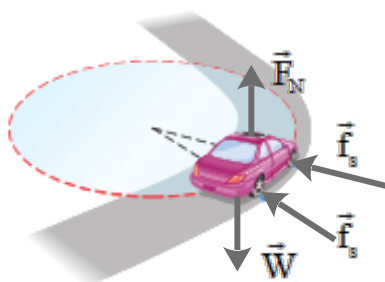
	۲-۴ حرکت دایره ای یکنواخت	
۳۷	پرسش ۸-۲ چرا در حرکت دایره ای یکنواخت، ذره در بازه های زمانی برابر، مسافت های یکسانی را طی می کند؟	زیرا در حرکت دایره ای یکنواخت، تندی متحرک در بازه های زمانی برابر، ثابت است. پس مسافت های یکسانی را طی می کند.
۳۸	پرسش ۹-۲ دوره عقربه ثانیه شمار، دقیقه شمار و ساعت شمار یک ساعت عقربه ای چیست؟ 	$T_{\text{ثانیه}} = 60 \text{ s}$ $T_{\text{دقیقه}} = 1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$ $T_{\text{ساعت}} = 12 \text{ h} = 720 \text{ min} = 43200 \text{ s}$
۳۹	مثال ۱۵-۲ یک دیسک گردان در شهر بازی را در نظر بگیرید که توسط یک موتور الکتریکی در هر دقیقه ۵۰۰ دور می چرخد. فرض کنید افرادی در فاصله های ۱/۰ m، ۲/۰ m و ۳/۰ m از مرکز آن قرار دارند. تندی این افراد را به دست بیاورید و با هم مقایسه کنید. تمرین ۸-۲ مسافتی را که هر یک از افراد در مثال بالا در مدت ۳/۰ s طی کرده اند محاسبه کنید. 	 $T = \frac{t}{N} = \frac{1 \text{ min}}{5} = \frac{60 \text{ s}}{5} = 12 \text{ s}$ $N' = \frac{t}{T} = \frac{3 \text{ s}}{12 \text{ s}} = \frac{1}{4}$ مسافت طی شده $= \frac{1}{4} (2\pi r)$ مسافت فرد شماره (۱) $r_1 = 1 \text{ m} \rightarrow L_1 = \frac{1}{4} \pi r_1 = \frac{1}{4} \times 3/14 \times 1 \text{ m} = 1/57 \text{ m}$ مسافت فرد شماره (۲) $r_2 = 1 \text{ m} \rightarrow L_2 = \frac{1}{4} \pi r_2 = \frac{1}{4} \times 3/14 \times 2 \text{ m} = 3/14 \text{ m}$ مسافت فرد شماره (۳) $r_3 = 3 \text{ m} \rightarrow L_3 = \frac{1}{4} \pi r_3 = \frac{1}{4} \times 3/14 \times 3 \text{ m} = 4/11 \text{ m}$
۴۰	پرسش ۱۰-۲ نشان دهید در حرکت دایره ای یکنواخت، شتاب مرکزگرا از رابطه $a_c = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$ نیز به دست می آید که در آن T و r به ترتیب دوره تناوب و شعاع دایره است.	شکل ۲-۳۳ $v = \frac{2\pi r}{T}$ $a = \frac{v^2}{r}$ $\rightarrow a = \frac{1}{r} \left(\frac{2\pi r}{T} \right)^2 = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$

$r_1 = 33\text{m} \rightarrow a = \frac{v^2}{r_1} = \frac{(34\text{m/s})^2}{33\text{m}} = 35.03\text{m/s}^2$ $r_2 = 24\text{m} \rightarrow a = \frac{v^2}{r_2} = \frac{(34\text{m/s})^2}{24\text{m}} = 48.16\text{m/s}^2$	تمرین ۹-۲  شکل روبه رو مسیر حرکت سورتمه ای را در مسابقه المپیک زمستانی نشان می دهد. سورتمه روی یک سطح افقی در حال حرکت است. اگر تندی حرکت سورتمه در کل مسیر ۳۴m/s باشد، شتاب مرکزگرای آن را در هر یک از بیج ها به دست آورید.	۴۱
$F_y = 0 \rightarrow N - mg = 0 \rightarrow N = mg$ $F = f_s = \mu_s N = \mu_s mg$ $F = m \frac{v^2}{r}$ $\left. \begin{array}{l} F = f_s = \mu_s mg \\ F = m \frac{v^2}{r} \end{array} \right\} \rightarrow \mu_s mg = m \frac{v^2}{r} \rightarrow v^2 = \mu_s rg$ $v = \sqrt{\mu_s rg} \rightarrow v = \sqrt{1 \times 50\text{m} \times 9.8\text{m/s}^2} = 22.13\text{m/s}$	تمرین ۱۰-۲  خودرویی به جرم ۱۵۰۰ kg را در نظر بگیرید که می خواهد در یک بیج سطح افقی به شعاع ۵۰m بدون آنکه بلغزد، دور بزند. اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین لاستیک و سطح جاده ۱/۰ باشد، حداکثر تندی خودرو چقدر می تواند باشد؟ (راهنمایی: با اینکه خودرو می خواهد یک چهارم دایره را طی کند، می توانیم خودرو را به صورت یک ذره در نظر بگیریم که در یک چهارم دایره، حرکت دایره ای یکنواخت دارد. در راستای عمود بر سطح، نیروی وزن و نیروی عمودی سطح بر خودرو وارد می شود و نیروی اصطکاک ایستایی که عمود بر راستای حرکت است، مانع از لغزش خودرو شده و به طرف مرکز بیج، بر خودرو وارد می شود. این نیرو شتاب مرکزگرای لازم را برای دور زدن تأمین می کند.)	۴۲
(الف) $T = \frac{t}{N} = \frac{60\text{s}}{1000} = 0.06\text{s}$ (ب) $r_1 = 2\text{m} \rightarrow v_1 = \frac{2\pi r_1}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 2\text{m}}{0.06\text{s}} = 209.23\text{m/s}$ (پ) $r_2 = 4\text{m} \rightarrow v_2 = \frac{2\pi r_2}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 4\text{m}}{0.06\text{s}} = 418.46\text{m/s}$ $r_1 = 2\text{m} \rightarrow a_1 = \frac{v_1^2}{r_1} = \frac{(209.23\text{m/s})^2}{2\text{m}} = 21909.52\text{m/s}^2$ $r_2 = 4\text{m} \rightarrow a_2 = \frac{v_2^2}{r_2} = \frac{(418.46\text{m/s})^2}{4\text{m}} = 43819.04\text{m/s}^2$	۱۸. پره های یک بالگرد در هر دقیقه، ۱۰۰۰ دور می چرخند. طول پره ها را ۴/۰m فرض کنید و کمیت های زیر را برای پره ها محاسبه کنید. الف) دوره تناوب پره ها ب) تندی در وسط و نوک پره ها پ) شتاب مرکزگرا در وسط و نوک پره ها	۴۳

$$v = 54 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 54 \times \frac{1}{3.6} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 15 \text{ m/s}$$

$$\left. \begin{aligned} f_s &= \mu_s N = \mu_s mg \\ F &= m \frac{v^2}{r} \end{aligned} \right\} \rightarrow \mu_s mg = m \frac{v^2}{r}$$

$$\rightarrow \mu_s = \frac{v^2}{rg} = \frac{(15 \text{ m/s})^2}{9.8 (\text{m/s}^2) \times 50 \text{ m}} \approx 0.46$$



۱۹. حداقل ضریب اصطکاک ایستایی بین چرخ های خودرو و سطح جاده چقدر باشد تا خودرو بتواند با تندی ۵۴ km/h پیچ افقی مسطحی را که شعاع آن ۵۰m است، دور بزند؟

۴۴

۵-۲ نیروی گرانشی

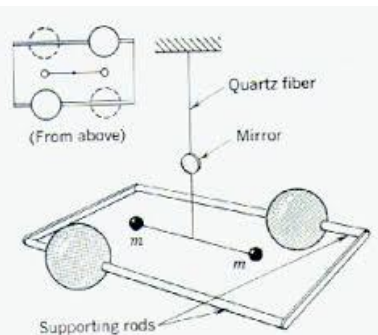
فعالیت ۵-۲

ثابت گرانشی G را اولین بار هنری کاوندیش^۱ در سال ۱۷۹۸ اندازه گیری کرد. در مورد روش اندازه گیری G توسط هنری کاوندیش تحقیق کنید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید.

۴۵

ترازوی کاوندیش وسیله ای است که برای بررسی تجربی قانون جهانی گرانش نیوتن بکار می رود. نیوتن قانون گرانش خود بیان می کند که هر گاه دو ذره به جرم های m_1 ، m_2 به فاصله r از یکدیگر قرار گیرند، این دو نیرو جاذبه ای بر یکدیگر وارد می کنند که این نیرو با حاصل ضرب اندازه دو جرم نسبت مستقیم و با مجذور فاصله بین آنها نسبت عکس دارد. اما این تناسب را می توان تعریف یک ثابت تناسب در تساوی تبدیل نمود. این ثابت را ثابت جهانی گرانش می گویند. برای تعیین مقدار ثابت جهانی گرانش که آن را با G نمایش می دهیم، باید نیروی جاذبه میان دو جرم را اندازه گیری کنیم.

قسمتهای مختلف ترازوی کاوندیش

دو گلوله به جرم m 

دو گلوله کوچک هر یک جرم m ، به دو انتهای یک میله سبکی متصل می شوند. این میله، دمبل صلبی است که محورش افقی است و توسط یک رشته نازک قائم آویزان شده است.

دو گلوله بزرگ به جرم M

دو گلوله بزرگ هر کدام به جرم M ، که در نزدیک دو سر دمبل و در دو طرف مخالف قرار داده شده اند. این دو گلوله نیز بر روی یک میله افقی قرار گرفته اند و نقطه وسط این میله بر روی تکیه گاهی قرار گرفته است، به گونه ای که می تواند آزادانه بچرخد. نقطه وسط این میله درست در راستای مرکز دمبل و در زیر آن قرار دارد.

آینه کوچک

این آینه کوچک بر روی رشته نازک و کمی بالاتر از دمبل قرار دارد. از طریق یک چشمه نور، بر این آینه نور تابیده می شود، نور منعکس شده از آینه بر روی یک مقیاس شیشه ای می افتد و به این وسیله میزان انحراف آینه (یا زاویه چرخش) آن قابل اندازه گیری است.

شرح کار ترازوی کاوندیش

هر گاه میله ای که دو جرم بزرگ m بر روی آن قرار گرفته اند، جرمهای بزرگ M در نزدیکی جرمهای کوچک m قرار گیرند، در این صورت بر اساس قانون جهانی گرانش نیوتن، بر گلوله های کوچک نیرو

جاذبه ای وارد می شود، این امر باعث چرخیدن دمبل و در نتیجه تاب خوردن رشته نازک و چرخش آینه می شود. با استفاده از شیشه مدرج می توان میزان انحراف آینه (زاویه α) را هنگام چرخش گلوله های کوچک اندازه گیری نمود.

اندازه گیری G

ثابت G به کمک روش انحراف بیشینه تعیین می شود، همانطور که در طرز ترازو گفته شود میله بر اثر گرانش گلوله های بزرگ حول نقطه آویز می چرخد. در حین چرخش با گشتاور نیروها مخالفت می کند، زاویه پیچش رشته هنگام حرکت گلوله ها از موضعی به موضع دیگر با مشاهده انحراف باریکه بازتابیده از آینه کوچک متصل به رشته اندازه گیری شود (تصویر رشته لامپ توسط آینه متصل به m و m روی خط کش مدرج می افتد و در نتیجه هر گونه دوران m و m قابل اندازه گیری است).

اگر جرمها و فاصله میان آنها و نیز ثابت پیچش رشته معلوم باشد، می توانیم G را از روی زاویه پیچش اندازه گیری شده محاسبه کنیم. چون نیروی جاذبه کم است اگر بخواهیم پیچش قابل مشاهده ای داشته باشیم باید ثابت پیچش رشته فوق العاده کوچک باشد. در این ترازو جرمها مسلماً ذره نیستند، بلکه اجسامی بزرگ هستند، اما چون این جرمها کره های یکنواختی هستند از لحاظ گرانشی طوری عمل می کنند که گویی تمام جرم آنها در مرکزشان متمرکز شده است. چون G بسیار کوچک است نیروهای گرانشی میان اجسام بر روی سطح زمین فوق العاده کوچک هستند و می توان از آنها صرف نظر کرد.

$$\left. \begin{aligned} F &= G \frac{M_e m}{r^2} \\ F &= \frac{m V^2}{r} \end{aligned} \right\} \rightarrow r^2 = \frac{G M_e T^2}{4\pi^2}$$

$$r^2 = \frac{(6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2) (5.98 \times 10^{24} \text{ kg}) (86400 \text{ s})^2}{4 \times (3.14)^2}$$

$$\rightarrow r = 42 / 26 \times 10^6 \text{ m}$$

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 42 / 26 \times 10^6 \text{ m}}{86400 \text{ s}} = 3000 \text{ m/s}$$

(الف)

(ب)

تمرین ۱۱-۲

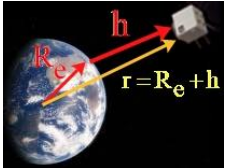
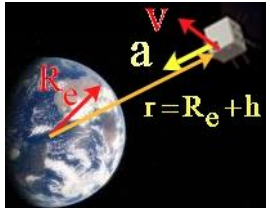
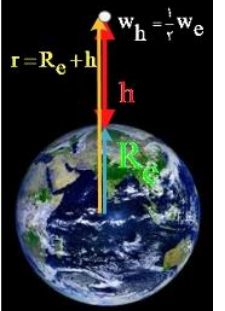


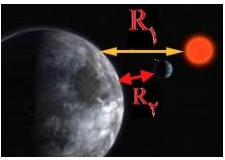
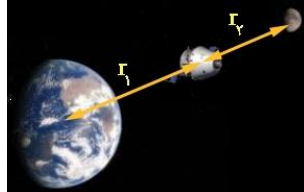
مدار همگام با زمین^۱ و ماهواره های مخابراتی: از دیدگاه مخابراتی، باقی ماندن ماهواره در یک محل نسبت به مکانی در روی زمین (مثلاً بالای ایران) امتیاز محسوب می شود. این در صورتی رخ می دهد که دوره گردش ماهواره به دور زمین با مدت زمان یک دور چرخش زمین به دور خودش، یعنی $24/0 \text{ h}$ یکسان باشد. (الف) در چه فاصله ای از زمین می توان این مدار همگام با زمین را یافت؟ (ب) تبدی مداری این ماهواره چقدر است؟

۴۶

$\left. \begin{aligned} F &= G \frac{M_e m}{r^2} \\ F &= \frac{mV^2}{r} \end{aligned} \right\} \rightarrow G \frac{M_e m}{r^2} = \frac{m \left(\frac{v^2}{r} \right)}{r} \rightarrow G \frac{M_e}{r^2} = \frac{v^2}{r} \rightarrow$ $T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM_e} \right) r^3 \rightarrow T^2 \propto r^3$	پرسش ۱۱-۲ نشان دهید مربع دوره گردش ماهواره ها به دور زمین متناسب با مکعب فاصله ماهواره از مرکز زمین است.	۴۷
$\left. \begin{aligned} F &= G \frac{M_e m}{r^2} \\ F &= mg_h \end{aligned} \right\} \rightarrow G \frac{M_e m}{r^2} = mg_h \rightarrow g_h = G \frac{M_e}{(R_e + h)^2}$ $\rightarrow g_h = G \frac{M_e}{(R_e + h)^2} \xrightarrow{h=0} g = G \frac{GM_e}{R_e^2}$	تمرین ۱۲-۲ نشان دهید شتاب گرانشی روی زمین برابر است با: $g = G \frac{M_e}{R_e^2}$	۴۸
(الف) $\left. \begin{aligned} F &= G \frac{M_e m}{r^2} \\ F &= \frac{mV^2}{r} \end{aligned} \right\} \rightarrow G \frac{M_e m}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \rightarrow v^2 = G \frac{M_e}{r}$ $\rightarrow (7560 \text{ m/s})^2 = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \times 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}}{r}$ $r = 6979000 \text{ m} = 6979 \text{ km}$ $\rightarrow h = r - R_e \rightarrow h = 6979 \text{ km} - 6380 \text{ km} = 599 \text{ km}$ (ب) $\frac{w_h}{w_{R_e}} = \frac{G \frac{M_e}{r^2}}{G \frac{M_e}{R_e^2}} = \left(\frac{R_e}{r} \right)^2 \rightarrow \frac{w_h}{w_{R_e}} = \left(\frac{6380 \text{ km}}{6979 \text{ km}} \right)^2 = 0.8357$	تمرین ۱۳-۲ تلسکوپ فضایی هابل با تندی 7560 m/s گرد زمین می چرخد. الف) فاصله این تلسکوپ از سطح زمین چند کیلومتر است؟ ب) وزن این تلسکوپ در این ارتفاع چند برابر وزن آن روی زمین است؟ پ) دوره تناوب این تلسکوپ را پیدا کنید. ($R_e = 6380 \text{ km}$)	۴۹



$T = \frac{2\pi r}{v} \rightarrow T = \frac{2 \times 3.14 \times 6979000 \text{ m}}{7560 \text{ m/s}} = 5797 / 37 \text{ s} \quad (\text{پ})$		
$F = G \frac{M_e m}{r^2} \rightarrow 10^{-8} \text{ N} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 50 \text{ kg} \times m}{(2m)^2} \rightarrow m = 1199 \text{ kg}$	۵۰. دو جسم در فاصله 200 m از هم، یکدیگر را با نیروی گرانشی کوچک 10^{-8} N جذب می کنند. اگر جرم یکی از اجسام 50 kg باشد، جرم جسم دیگر چقدر است؟	۵۰
(الف)  $F = G \frac{M_e m}{r^2}$ $F = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 600 \text{ kg} \times 5 / 98 \times 10^{24} \text{ kg}}{(2800 \times 10^3 \text{ m} + 6400 \times 10^3 \text{ m})^2}$ $F = 2827 / 5 \text{ N}$ (ب)  $F = ma \rightarrow 2827 / 5 \text{ N} = 600 \text{ kg} \times a \rightarrow a = 4 / 71 \text{ m/s}^2$ (پ) $a = \frac{v^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{4 / 71 (\text{m/s}^2) \times 9200 \times 10^3 \text{ m}}$ $a = 6584 / 45 \text{ m/s}$ $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2 \times 3.14 \times 9200 \times 10^3 \text{ m}}{6584 / 45 \text{ m/s}} = 8774 / 61 \text{ s} \quad (\text{ت})$	۵۱. ماهواره ای به جرم 600 kg در مداری دایره ای به ارتفاع 2800 کیلومتر از سطح زمین، به دور آن می چرخد. (الف) نیروی گرانشی وارد بر ماهواره (ب) شتاب ماهواره (پ) تندی ماهواره (ت) دوره تناوب ماهواره را در این ارتفاع به دست آورید. ($M_e = 5 / 98 \times 10^{24} \text{ kg}$ و $R_e = 6400 \text{ km}$)	۵۱
(الف)  $\frac{w_h}{w_{R_e}} = \left(\frac{R_e}{R_e + h} \right)^2 \rightarrow \frac{1}{2} = \left(\frac{R_e}{R_e + h} \right)^2$ $\rightarrow \sqrt{2} R_e = R_e + h \rightarrow h = (\sqrt{2} - 1) R_e = 0.41 R_e$	۵۲. الف) در چه ارتفاعی از سطح زمین، وزن یک شخص به نصف مقدار خود در سطح زمین می رسد؟ ب) اگر جرم ماهواره ای 25 kg باشد، وزن آن در ارتفاع 36000 کیلومتری از سطح زمین چقدر خواهد شد؟	۵۲

(ب) $F = G \frac{M_e m}{r^2}$ $F = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 25 \text{ kg} \times 5 / 98 \times 10^{24} \text{ kg}}{(3600 \times 10^3 \text{ m} + 6400 \times 10^3 \text{ m})^2}$ $F = 55 / 467 \text{ N}$		
(الف)  $g_{R_{e1}} = \frac{GM_s}{R_1^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 1 / 99 \times 10^{24} \text{ kg}}{(149 / 6 \times 10^6 \times 10^3 \text{ m})^2}$ $g_{R_{e1}} = 5 / 93 \times 10^{-7} \text{ N / kg}$ (ب) $g_{R_{e2}} = \frac{GM_m}{R_2^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 7 / 36 \times 10^{22} \text{ kg}}{(3 / 84 \times 10^5 \times 10^3 \text{ m})^2} = 3 / 33 \times 10^{-5} \text{ N / kg}$	۵۳ ۳۳. الف) شتاب گرانشی ناشی از خورشید در سطح زمین چقدر است؟ ب) شتاب گرانشی ناشی از ماه در سطح زمین چقدر است؟ $M_{\text{خورشید}} = 1 / 99 \times 10^{24} \text{ kg}$ و $M_m = 7 / 36 \times 10^{22} \text{ kg}$ فاصله زمین تا خورشید $= 149 / 6 \times 10^6 \text{ km}$ فاصله زمین تا ماه $= 3 / 84 \times 10^5 \text{ km}$	
(الف)  $F_{em} = G \frac{M_e m}{r_1^2} \text{ \& } F_{mm} = G \frac{M_m m}{r_2^2}$ $F_{\text{net}} = G \frac{M_e m}{r_1^2} - G \frac{M_m m}{r_2^2} = \frac{Gm}{r} (M_e - M_m)$ $r_1 = r_2 = r = \frac{1}{2} d = \frac{1}{2} \times 3 / 84 \times 10^5 \text{ km} = 1 / 92 \times 10^4 \text{ m}$ $F_{\text{net}} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 3 \times 10^4 \text{ kg}}{(1 / 92 \times 10^4 \text{ m})^2} (5 / 98 \times 10^{24} \text{ kg} - 7 / 36 \times 10^{22} \text{ kg})$ $F_{\text{net}} = 320 / 59 \text{ N}$	۵۴ ۳۴. الف) سفینه ای به جرم $3 / 00 \times 10^4 \text{ kg}$ در وسط فاصله بین زمین و ماه قرار دارد. نیروی گرانشی خالصی را که از طرف زمین و ماه به این سفینه در این مکان وارد می شود به دست آورید (از داده های مسئله های قبل استفاده کنید). ب) در چه فاصله ای از زمین، نیروی گرانشی ماه و زمین بر سفینه، یکدیگر را خنثی می کنند؟ $M_{\text{خورشید}} = 1 / 99 \times 10^{24} \text{ kg}$ و $M_m = 7 / 36 \times 10^{22} \text{ kg}$ فاصله زمین تا خورشید $= 149 / 6 \times 10^6 \text{ km}$ فاصله زمین تا ماه $= 3 / 84 \times 10^5 \text{ km}$	

(ب)

$$F_{\text{net}} = G \frac{M_e m}{r_1^2} - G \frac{M_m m}{r_2^2} \left\{ \rightarrow \circ = G \frac{M_e m}{r_1^2} - G \frac{M_m m}{r_2^2} \rightarrow \frac{M_e}{r_1^2} = \frac{M_m}{r_2^2} \right.$$

$$r_1 + r_2 = d$$

$$\frac{M_e}{M_m} = \frac{r_1^2}{(d - r_1)^2} \rightarrow \frac{r_1}{(d - r_1)} = \sqrt{\frac{5 / 98 \times 10^{24} \text{ kg}}{7 / 36 \times 10^{22} \text{ kg}}} = 9$$

$$\rightarrow \frac{r_1}{d - r_1} = 9 \rightarrow r_1 = 9d - 9r_1 \rightarrow r_1 = \circ / 9d = 3 / 456 \times 10^6 \text{ m}$$



راهنمای حل فصل ۳ فیزیک دوازدهم

رشته علوم و تجربی

منطبق بر کتاب درسی



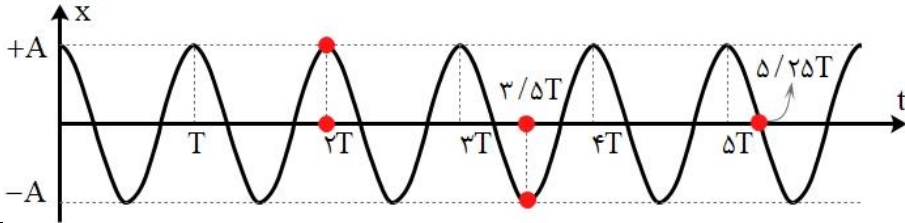
نوسان و موج			
صفحه pdf	صفحه کتاب درسی	فعالیت / پرسش / تمرین / مسائل	
۱	۵۳	۱-۳- نوسان دوره ای	
۱	۵۴	پرسش ۱-۳	۱
۱	۵۵	۲-۳ حرکت هماهنگ ساده	
۱	۵۶	تمرین ۱-۳	۲
۱-۲	۵۶	تمرین ۲-۳	۳
۲	۵۷	فعالیت ۲-۳	۴
۲	۸۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱	۵
۳	۸۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲	۶
۳	۸۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳	۷
۳	۸۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴	۸
۴	۸۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۵	۹
۴	۶۶	۳-۳ انرژی در حرکت هماهنگ ساده	
۴	۸۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۶	۱۰
۵	۸۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۷	۱۱
۵	۸۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۸	۱۲
۶-۵	۸۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۹	۱۳
۶	۶۰	۴-۳ تشدید	
۶	۶۰	فعالیت ۳-۳	۱۴
۷	۶۱	تمرین ۳-۳	۱۵
۷	۶۱	پرسش ۲-۳	۱۶
۸	۸۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۰	۱۷
۸	۹۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۱	۱۸

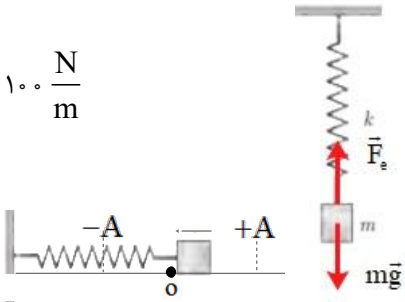
۹	۶۱	۳-۵ موج و انواع آن	
۹	۶۲	پرسش ۳-۳	۱۹
	۶۲	۳-۶ مشخصه های موج	
۹	۶۵	پرسش ۳-۴	۲۰
۹	۶۶	تمرین ۳-۴	۲۱
۱۰-۹	۶۷	پرسش ۳-۵	۲۲
۱۰	۶۸	تمرین ۳-۵	۲۳
۱۰	۶۸	فعالیت ۳-۴	۲۴
۱۱	۶۹	فعالیت ۳-۵	۲۵
۱۱	۷۱	پرسش ۳-۶	۲۶
۱۲	۷۱	فعالیت ۳-۶	۲۷
۱۳-۱۲	۷۲	تمرین ۳-۶	۲۸
۱۳	۷۳	تمرین ۳-۷	۲۹
۱۴-۱۳	۷۵	پرسش ۳-۷	۳۰
		۳-۵ و ۳-۶ موج و انواع آن، و مشخصه های موج	
۱۴	۹۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۲	۳۱
۱۴	۹۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۳	۳۲
۱۵	۹۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۴	۳۳
۱۵	۹۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۵	۳۴
۱۵	۹۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۶	۳۵
۱۵	۹۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۷	۳۶
۱۵-۱۶	۹۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۸	۳۷
۱۶	۹۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۹	۳۸
۱۶	۹۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۰	۳۹
۱۶	۹۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۱	۴۰



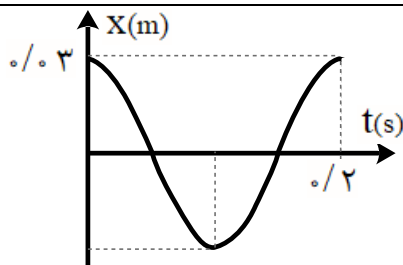
۴۱	پیش و مسئله ها آخر فصل - ۲۲	۹۱	۱۷
۴۲	پیش و مسئله ها آخر فصل - ۲۳	۹۱	۱۷
۴۳	پیش و مسئله ها آخر فصل - ۲۴	۹۱	۱۷
۴۴	پیش و مسئله ها آخر فصل - ۲۵	۹۲	۱۸
۴۵	پیش و مسئله ها آخر فصل - ۲۶	۹۲	۱۸
۴۶	پیش و مسئله ها آخر فصل - ۲۷	۹۲	۱۸
۴۷	پیش و مسئله ها آخر فصل - ۲۸	۹۲	۱۹
۴۸	پیش و مسئله ها آخر فصل - ۲۹	۹۲	۱۹
۴۹	پیش و مسئله ها آخر فصل - ۳۰	۹۲	۲۰
۵۰	پیش و مسئله ها آخر فصل - ۳۱	۹۲	۲۰
۵۱	پیش و مسئله ها آخر فصل - ۳۲	۹۲	۲۱
	۳-۷ بازتاب موج	۷۶	
۵۲	فعالیت ۳-۷	۷۸	۲۲
۵۳	فعالیت ۳-۸	۷۸	۲۲-۲۳
۵۴	فعالیت ۳-۹	۷۹	۲۳
۵۵	تمرین ۳-۸	۷۹	۲۳
۵۶	فعالیت ۳-۱۰	۸۰	۲۳
	۳-۷ بازتاب موج		
۵۷	پیش و مسئله ها آخر فصل - ۳۳	۹۳	۲۴
۵۸	پیش و مسئله ها آخر فصل - ۳۴	۹۳	۲۴
۵۹	پیش و مسئله ها آخر فصل - ۳۵	۹۳	۲۴
۶۰	پیش و مسئله ها آخر فصل - ۳۶	۹۳	۲۵
	۳-۸ شکست موج	۸۱	
۶۱	پیش ۳-۸	۸۲	۲۶
۶۲	تمرین ۳-۹	۸۳	۲۶

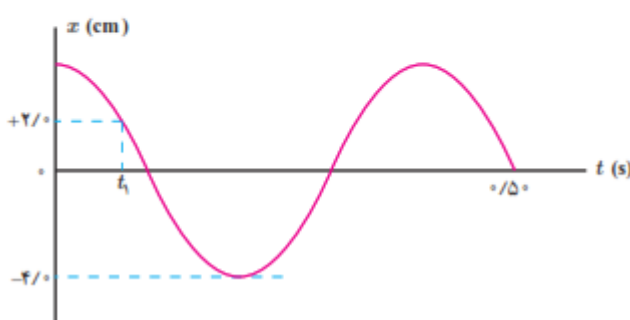
۶۳	تمرین ۳-۱۰	۸۴	۲۶
۶۴	پرسش ۳-۹	۸۴	۲۷
۶۵	پرسش ۳-۱۰	۸۶	۲۷
۶۶	فعالیت ۳-۱۱	۸۶	۲۸-۲۷
۶۷	تمرین ۳-۱۱	۸۸	۲۸
	۳-۸ شکست موج		
۶۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳۷	۹۳	۲۸
۶۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳۸	۹۳	۲۹
۷۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳۹	۹۳	۲۹
۷۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴۰	۹۳	۲۹
۷۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴۱	۹۴	۳۰
۷۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴۲	۹۴	۳۰
۷۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴۳	۹۴	۳۱
۷۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴۴	۹۴	۳۱
۷۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴۵	۹۴	۳۱-۳۲
۷۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴۶	۹۴	۳۲

$T = \frac{1}{65} \text{ min} \rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.92 \text{ s}} = 1.08 \text{ Hz}$	۱-۳ نوسان دوره ای پرسش ۱-۳ بسامه ضربان قلب مربوط به نمودار شکل ۲-۳ چقدر است؟ دوره تناوب ضربان قلب این شخص $\frac{1}{65}$ دقیقه، یا 0.92 ثانیه است.  شکل ۳-۳ نمونه ای از نمودار الکترو قلب نگاره (نوار قلب) یک شخص*
با توجه به نمودار پائین، نتایج زیر به دست می آید: الف) در $t = 2.0 \cdot T$، ذره در $x = +A$ قرار دارد. ب) در $t = 3.5 \cdot T$، ذره در $x = -A$ قرار دارد. پ) در $t = 5.25 \cdot T$، ذره در $x = 0$ قرار دارد. 	۲-۳ حرکت هماهنگ ساده تمرین ۱-۳ ذره ای در حال نوسان هماهنگ ساده با دوره تناوب T است. با فرض اینکه در $t = 0 \text{ s}$ ذره در $x = +A$ باشد، تعیین کنید در هر یک از لحظات زیر، آیا ذره در $x = -A$، در $x = +A$، یا در $x = 0$ خواهد بود؟ الف) $t = 2.0 \cdot T$، ب) $t = 3.5 \cdot T$، پ) $t = 5.25 \cdot T$ (راهنمایی: برای پاسخ به این تمرین، ساده تر آن است که چند دوره از یک نمودار کسینوسی را رسم کنید.)
با توجه به آن چه در ریاضی خوانده ایم، داریم: $\cos \alpha = \cos x$ $x = 2k\pi \pm \alpha \quad k \in \mathbb{Z}$ بنابراین:	تمرین ۲-۳ در حرکت هماهنگ ساده، مکان $x(t)$ باید پس از گذشت یک دوره تناوب برابر مقدار اولیه اش شود. یعنی اگر $x(t)$ مکان در زمان دلخواه t باشد، آن گاه نوسانگر باید در زمان $t + T$ دوباره به همان مکان بازگردد و بنابراین $A \cos \omega t = A \cos \omega(t + T)$. براین اساس نشان دهید $\omega = 2\pi/T$.

$A \cos \omega t = A \cos \omega(t+T) \rightarrow \omega(t+T) = 2k\pi + \omega t$ $\omega t + \omega T = 2k\pi + \omega t \rightarrow \omega T = 2k\pi$ $\xrightarrow{k=1} \omega T = 2\pi \rightarrow \boxed{\omega = \frac{2\pi}{T}}$		
الف) جرمی با جرم مشخص (m) را به فنری با ثابت معلوم (m) آویزان می کنیم. پس از رسیدن به تعادل، جسم را کمی به پایین کشیده و رها می کنیم. مجموعه نوسان می کند. تعداد نوسان ها (N) در مدت t ثانیه را ثبت می کنیم. از رابطه $T = t / N$ دوره تناوب را بدست می آوریم. آزمایش را با وزنه های متفاوت تکرار می کنیم نتیجه می گیریم که دوره تناوب سامانه جرم - فنر با یک فنر معین با جذر جرم وزنه به طور مستقیم متناسب است. $(T \propto \sqrt{m})$ ب) آزمایش بالا را با یک وزنه به جرم مشخص (m) و فنرهای متفاوت انجام می دهیم و نتیجه می گیریم که دوره تناوب سامانه جرم - فنر با یک وزنه معین و فنرهای متفاوت با جذر ثابت فنر به طور وارون متناسب است. $(T \propto \frac{1}{\sqrt{k}})$	فعالیت ۲-۳ با انتخاب وزنه ها و فنرهای مختلف، با جرم ها و ثابت فنرهای معلوم و مناسب، در آرایشی مطابق شکل، و با اندازه گیری زمان تعداد مشخصی نوسان کامل، و سپس محاسبه دوره تناوب T برای هر سامانه جرم - فنر، به طور تجربی نشان دهید که: الف) دوره تناوب سامانه جرم - فنر با یک فنر معین ولی وزنه های متفاوت، با جذر جرم وزنه به طور مستقیم متناسب است ($T \propto \sqrt{m}$). ب) دوره تناوب سامانه جرم - فنر با یک وزنه معین ولی فنرهای متفاوت، با جذر ثابت فنر به طور وارون متناسب است ($T \propto 1/\sqrt{k}$). 	۴
$mg = 20\text{ N}, x = 0.2\text{ m}$ $F_{\text{net}} = 0 \Rightarrow mg = kx \Rightarrow k = \frac{mg}{x} \Rightarrow k = \frac{20\text{ N}}{0.2\text{ m}} = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ $mg = \Delta N \Rightarrow m = \frac{\Delta N}{9.8\text{ (N/kg)}} \approx 0.5\text{ kg}$ $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \times \sqrt{\frac{0.5}{100}} \approx 0.44\text{ s}$ 	۱-۳ و ۲-۳ نوسان دوره ای و حرکت هماهنگ ساده ۱. یک وزنه ۲۰ N را از انتهای یک فنر قائم می آویزیم، فنر ۲۰ cm کشیده می شود. سپس این فنر را در حالی که به یک وزنه ۵۰ N متصل است روی میز بدون اصطکاک به نوسان درمی آوریم. دوره تناوب این نوسان چقدر است؟	۵

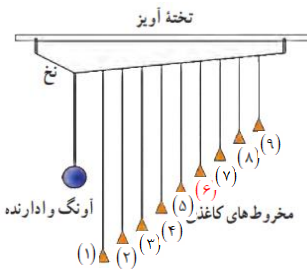
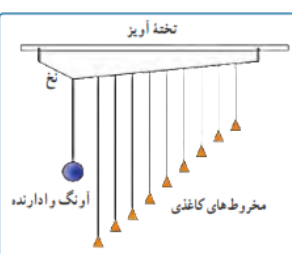
$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \rightarrow \frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{m'}{m}} \Rightarrow \frac{3}{2} = \sqrt{\frac{m+2}{m}}$ $\Rightarrow \frac{9}{4} = \frac{m+2}{m} \Rightarrow 9m - 4m = 8 \Rightarrow m = \frac{8}{5} \text{ kg} \Rightarrow m = 1.6 \text{ kg}$	۶. هرگاه جسمی به جرم m به فنری متصل شود و به نوسان درآید، با دوره تناوب $2/0 \text{ s}$ نوسان می کند. اگر جرم این جسم $2/0 \text{ kg}$ افزایش یابد، دوره تناوب $3/0 \text{ s}$ می شود. مقدار m چقدر است؟	۶
$m = \frac{1600}{4} = 400 \text{ kg}$ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \times 3.14 \sqrt{\frac{400 \text{ kg}}{2 \times 10^4 (\text{N/m})}} = 0.89 \text{ s}$ $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.89 \text{ s}} \approx 1.12 \text{ Hz}$ $\omega = \sqrt{\frac{m}{k}} = \sqrt{\frac{2 \times 10^4 (\text{N/m})}{400 \text{ kg}}} = 7.07 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$	۷. جرم خودرویی همراه با سرنشینان آن 1600 kg است. این خودرو روی چهار فنر با ثابت $2/00 \times 10^4 \text{ N/m}$ سوار شده است. دوره تناوب، بسامد، و بسامد زاویه ای ارتعاش خودرو وقتی از جالهای می گذرد چقدر است؟ فرض کنید وزن خودرو به طور یکنواخت روی فنرهای چهارجرخ توزیع شده است.	۷
$A = 3 \times 10^{-2} = 0.03 \text{ m}, f = 5 \text{ Hz}, T = 0.2 \text{ s}$ $\omega = 2\pi f = 2\pi \times 5 (\text{Hz}) = 10\pi \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$ $x = (0.03 \text{ m}) \cos 10\pi t$ $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{5 \text{ Hz}} = 0.2 \text{ s}$	۸. دامنه نوسان یک حرکت هماهنگ ساده $3/0 \times 10^{-2} \text{ m}$ و بسامد آن $5/0 \text{ Hz}$ هرتز است. معادله حرکت این نوسانگر را بنویسید و نمودار مکان - زمان آن را در یک دوره رسم کنید.	۸



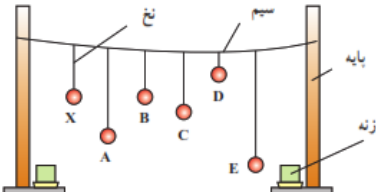
(الف) $A = 0.04 \text{ m}$ $\frac{\Delta T}{4} = 0.05 \text{ s} \Rightarrow T = 0.2 \text{ s} \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.2 \text{ s}} = 10\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ (ب) $x = A \cos \omega t \Rightarrow x = (0.04 \text{ m}) \cos 10\pi t$ $A = 0.04 \text{ m}$ (پ) $x = A \cos \omega t \Rightarrow \frac{x}{A} = \cos \omega t \Rightarrow \frac{2}{4} = \cos 10\pi t_1 \Rightarrow \frac{1}{2} = \cos 10\pi t_1$ $\cos \frac{\pi}{3} = \cos 10\pi t_1 \Rightarrow \frac{\pi}{3} = 10\pi t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{1}{30} \text{ s}$ $F = ma, F = kx \Rightarrow ma = kx $ $\left(\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow k = m\omega^2\right)$ $\Rightarrow ma = m\omega^2 x \Rightarrow a = \omega^2 x = 10\pi^2 \times 0.02 \approx 20 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	۹. نمودار مکان - زمان نوسانگری مطابق شکل زیر است: (الف) معادله حرکت این نوسانگر را بنویسید. (ب) مقدار t_1 را به دست آورید. (پ) اندازه شتاب نوسانگر را در لحظه t_1 محاسبه کنید. 	
۳-۳ انرژی در حرکت هماهنگ ساده $E = \frac{1}{2} kA^2, E = K + U$ $\frac{1}{2} kA^2 = K + U$ $\frac{1}{2} \times (74 \text{ N/m}) \times (0.08 \text{ m})^2 = K + (0.08 \times 10^{-2} \text{ J}) \Rightarrow K = 0.288 \times 10^{-2} \text{ J}$	۷. دامنه نوسان وزنه ای که به یک فنر با ثابت فنر 74 N/m متصل است و در راستای افقی نوسان می کند، برابر با 8 cm است. اگر انرژی پتانسیل این نوسانگر در نقطه ای از مسیر نوسان، $8 \times 10^{-2} \text{ J}$ باشد، انرژی جنبشی آن در این مکان چقدر است؟ (از نیروهای اتلافی چشم پوشی شود.)	۱۰

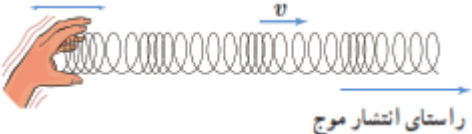
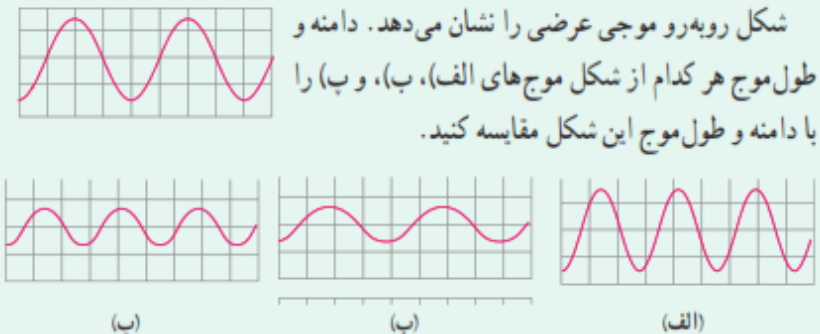
الف) $m = 1 \text{ kg}, k = 600 \text{ N/m}, A = 0.09 \text{ m}$ ب) $v_{\max} = A\omega = A\sqrt{\frac{k}{m}} = 0.09 \text{ m} \times \sqrt{\frac{600 \text{ N/m}}{1 \text{ kg}}} = 2.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ج) $U = E - K = \frac{1}{2}kA^2 - \frac{1}{2}mv^2$ $\Rightarrow U = \frac{1}{2} \times (600 \text{ N/m}) \times (0.09 \text{ m})^2 - \frac{1}{2} \times (1 \text{ kg}) \times (1.6 \text{ m/s})^2 \Rightarrow U = 1.15 \text{ J}$	۱۱. جسمی به جرم 1 kg به فنری افقی با ثابت 600 N/cm متصل است. فنر به اندازه 9 cm فشرده و سپس رها می شود و جسم روی سطح افقی شروع به نوسان می کند. با چشم پوشی از اصطکاک الف) دامنه نوسان و تندی پیشینه جسم چقدر است؟ ب) وقتی تندی جسم 1.6 m/s است، انرژی پتانسیل کشسانی آن چقدر است؟	۱۱
الف) $\omega = 2\pi \text{ rad/s} \rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi(\text{rad})}{2\pi \text{ rad/s}} = 1 \text{ s}$ ب) $t = \frac{T}{4} = \frac{1 \text{ s}}{4} = 0.25 \text{ s}$ ج) $t_r = \frac{T}{2} = \frac{1 \text{ s}}{2} = 0.5 \text{ s}$ د) $E = k + u \rightarrow E = 2k \rightarrow \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = 2 \times \frac{1}{2}mV^2 \rightarrow V = \frac{\sqrt{2}}{2}\omega A$ $V = \frac{\sqrt{2}}{2}\omega A \xrightarrow{A=0.05 \text{ m}} V = \frac{\sqrt{2}}{2} \left(2\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right) \times 0.05 \text{ m} \rightarrow v = 0.5\pi\sqrt{2} \text{ m/s}$	۱۲. معادله حرکت هماهنگ ساده یک نوسانگر در SI به صورت $x = (0.05 \text{ m})\cos 2\pi t$ است. الف) در چه زمانی، پس از لحظه صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به بیشترین مقدار خود می رسد؟ ب) در چه زمانی، پس از لحظه صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به صفر می رسد؟ ج) تندی نوسانگر چقدر باشد تا انرژی جنبشی نوسانگر برابر با انرژی پتانسیل آن شود؟	۱۲
الف) $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \rightarrow \frac{T_{\text{Ostova}}}{T_{\text{Tehran}}} = \frac{\sqrt{\frac{g_{\text{Tehran}}}{g_{\text{Ostova}}}}}{\sqrt{\frac{g_{\text{Tehran}}}{g_{\text{Ostova}}}}} = \frac{\sqrt{\frac{9.8 \text{ m/s}^2}{9.78 \text{ m/s}^2}}}{\sqrt{\frac{9.8 \text{ m/s}^2}{9.78 \text{ m/s}^2}}} = 1.001$ زمان دوره تناوب استوا (T_{Ostova}) بیشتر از زمان دوره تناوب تهران (T_{Tehran}) است. در نتیجه آونگ استوا کندتر حرکت می کند.	۱۳. الف) ساعتی آونگ دار (با آونگ ساده) در تهران تنظیم شده است. اگر این ساعت به منطقه ای در استوا برده شود، عقب می افتد یا جلو؟ مقدار این عقب یا جلو افتادن در یک شبانه روز چقدر است؟ ($g_{\text{Tehran}} = 9.8 \text{ m/s}^2$ و $g_{\text{استوا}} = 9.78 \text{ m/s}^2$) ب) به نظر شما آیا با افزایش دما، یک ساعت آونگ دار جلو می افتد یا عقب؟	۱۳

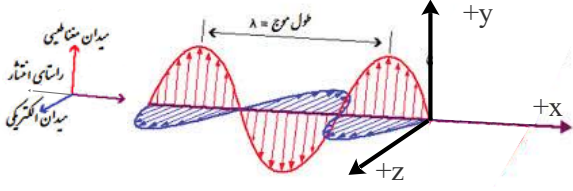
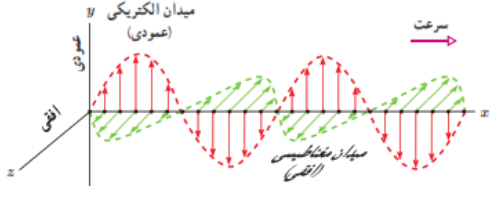


$T_{Ostova} = 1/001 T_{Tehran}$ $\Delta T = T_{Ostova} - T_{Tehran} = 0/001 T_{Tehran} = 0/001 \times 24h$ $\Delta T = 0/001 \times 86400s = 86/4s$ و به اندازه ۸۶/۴ s در استوا ساعت عقب می افتد. ب) با افزایش دما، طول افزایش می یابد. پس $L_2 > L_1$ $\frac{T_2}{T_1} = \frac{\sqrt{L_2}}{\sqrt{L_1}} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} > 1$ با توجه به اینکه دوره ی تناوب بعد از افزایش دما، عددی بزرگ تر از یک می باشد، لذا آونگ کندتر و ساعت عقب می افتد.		
وقتی آونگ وادارنده را به نوسان در می آوریم، باعث حرکت نخ آویز شده و در نتیجه سایر آونگ ها نوسان می کنند. می دانیم بسامد طبیعی آونگ از رابطه $f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$ و بسامد وادارنده آونگ از رابطه $f_d = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$ به دست می آید. با توجه به شکل، طول آونگ ۶، با طول آونگ وادارنده برابر است. بنابراین با حرکت آونگ وادارنده، همه آونگ ها شروع به نوسان می کنند. اما دامنه ی نوسان های آونگ ۶، به تدریج زیاد می شود زیرا $f_d = f_o$ است. بنابراین در آونگ ۶، تشدید صورت می گیرد. 	۴-۳ تشدید فعالیت ۳-۳ آونگ های بارتون^۲: یک آونگ با وزنه سنگین و تعدادی آونگ سبک با طول های متفاوت را مطابق شکل سوار کنید. آونگ ها روی نخ سوار شده اند که هر دو انتهای آن توسط گیره هایی به تخته آویز متصل شده است. به آونگ سنگین اصطلاحاً آونگ وادارنده^۲ گفته می شود، زیرا به نوسان درآوردن این آونگ در صفحه عمود بر صفحه شکل، موجب تاب خوردن نخ آویز و در نتیجه به نوسان واداشتن سایر آونگ ها می شود. آونگ وادارنده را به نوسان درآوردید و آنچه را مشاهده می کنید توضیح دهید. 	۱۴

$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \rightarrow \begin{cases} L_1 = 0.4 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_1}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{0.4 \text{ m}}} = 4.94 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\ L_2 = 0.8 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_2}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{0.8}} = 3.5 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\ L_3 = 1.2 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_3}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{1.2}} = 2.85 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\ L_4 = 2.8 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_4}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{2.8}} = 1.87 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\ L_5 = 3.5 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_5}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{3.5}} = 1.67 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \end{cases}$ در موارد فوق آونگ هایی که بسامد زاویه ای آن ها در محدوده ی بسامد نوسانگر اصلی باشد، با دامنه ی بزرگتری نوسان می کنند.	تمرین ۳-۳ طول تعدادی آونگ ساده که از میله ای افقی آویزان اند، عبارت اند از، 0.4 m، 0.8 m، 1.2 m، 2.8 m، 3.5 m. فرض کنید میله دستخوش نوسان هایی افقی با بسامد زاویه ای در گستره 2 rad/s تا 4 rad/s بشود. کدام آونگ ها با دامنه ی بزرگتری به نوسان در می آیند؟ (توجه کنید گرچه تشدید در بسامد مشخصی رخ می دهد، اما دامنه نوسان در نزدیک این بسامد همچنان بزرگ است).	۱۵
هر زلزله از تعداد زیادی نوسان های پشت سر هم با بسامدهای متفاوت تشکیل شده است. امواج زلزله از کانون زمین لرزه به سطح زمین رسیده و با تغییر دامنه موج به امواج سطحی تبدیل شده که قدرت تخریبی زیادی دارد. در هر زلزله محدوده ای از فرکانس وجود دارد که در آن تعداد زیادی نوسان وجود دارد. در این زمین لرزه، بسامد زلزله با بسامد ساختمان های نیمه بلند یکسان بوده و به همین دلیل پدیده ی تشدید در ساختمان های نیمه بلند اتفاق افتاد. اگر چه در ساختمان های کوتاه تر و بلندتر، نوسان و لرزش داشت ولی تشدید اتفاق نیفتاد و به همین علت، تخریبی در آن ها صورت نگرفت.	پرسش ۲-۳ در پی زمین لرزه ی عظیمی (به بزرگی ۸/۱ در مقیاس ریشتر) که در ساحل غربی مکزیک در سال ۱۹۸۵ اتفاق افتاد ساختمان های نیمه بلند فرو ریختند، ولی ساختمان های کوتاه تر و بلندتر بایجا ماندند. علت این پدیده را توضیح دهید.   (الف) ساختمان های کوتاه و (ب) ساختمان های بلند، در زمین لرزه ی مکزیکوسیتی بر جای ماندند.	۱۶

با هر بار راه رفتن و چرخش بدن افراد روی پل، مقداری انرژی از افراد به پل منتقل می شود. که با برابر بودن بسامد چرخش بدن افراد و بسامد طبیعی پل پدیده تشدید رخ داده و بر دامنه نوسان پل افزوده شده و پل به لرزش در می آید.	۳-۴ تشدید ۱- هر فرد معمولاً با چرخش اندک بدنش به چپ و راست، راه می رود و بدین ترتیب نیروهای کوچکی به زمین زیر پایش وارد می کند. این نیروها بسامدی در حدود $\approx 5\text{Hz}$ دارند. لرزش شدید پل هوایی میلینیم' در آغاز هزاره جدید را به عبور منظم گروهی از افراد از این پل ربط داده اند. چگونه ممکن است نوسان های بدن این افراد موجب چنین لرزشی شده باشد؟
با به نوسان در آمدن آونگ X بقیه آونگ ها نیز به نوسان در می آیند ولی بعد از مدتی آونگی که با آونگ X هم طول است با دامنه بیشتری به نوسان در می آید. زیرا دوره و بسامد آونگ های هم طول X و B باعث پدید تشدید شده و با دامنه بیشتر به نوسان خود ادامه می دهد.	۲- مطابق شکل چند آونگ را از سیمی آویخته ایم. توضیح دهید با به نوسان درآوردن آونگ X، آونگ های دیگر چگونه نوسان می کنند؟ 

با ایجاد یک تپ طولی در فنر، کشیدگی باعث وارد آمدن نیرو به بخش های مجاور می شود و در نتیجه در آن تغییر شکل بوجود آمده و شروع به حرکت و نوسان می کند. همچنین تغییر شکل فنر باعث ذخیره انرژی در فنر شده و حرکت فنر به معنی وجود انرژی جنبشی در بخش های مختلف فنر است. 	۵-۳ موج و انواع آن پرسش ۳-۳ همان طور که گفتیم یکی از ویژگی های موج پیش رونده انتقال انرژی از یک نقطه به نقطه دیگر، در جهت انتشار موج است. با در نظر گرفتن یک تپ طولی در یک فنر بلند کشیده شده، این ویژگی را توضیح دهید.	۱۹
الف) دامنه ها برابر و $\lambda_{\text{الف}} < \lambda_{\text{ب}}$ ب) $\lambda_{\text{ب}} = \lambda_{\text{الف}}$ و $A_{\text{ب}} < A_{\text{الف}}$ پ) $\lambda_{\text{پ}} < \lambda_{\text{الف}}$ و $A_{\text{پ}} < A_{\text{الف}}$	۶-۳ مشخصه های موج پرسش ۴-۳ شکل روبه رو موجی عرضی را نشان می دهد. دامنه و طول موج هر کدام از شکل موج های الف، ب، و پ را با دامنه و طول موج این شکل مقایسه کنید. 	۲۰
$V = \sqrt{\frac{FL}{m}} \rightarrow \begin{cases} V = \sqrt{\frac{226N \times 0.628m}{0.208 \times 10^{-3}kg}} = 826 / 0.4 m/s \\ V = \sqrt{\frac{226N \times 0.628m}{3/32 \times 10^{-3}kg}} = 206 / 75 m/s \end{cases}$	تمرین ۴-۳ در سازهای زهی همانند تار، کمانچه و گیتار با سفت یا شل کردن تار، تندی انتشار موج عرضی در تار تغییر می کند. در یک گیتار طول هر تار بین دو انتهای ثابت $0.628m$ است. برای نواختن بالاترین بسامد، جرم تار $0.4g$ و برای نواختن پایین ترین بسامد، جرم تار $2.4g$ است. تارها تحت کششی برابر $226N$ قرار دارند. تندی انتشار موج برای ایجاد این دو بسامد چقدر است؟ 	۲۱
راستای انتشار عمود بر راستای میدان الکتریکی و مغناطیسی است. و در خلاف جهت محور X می باشد.	پرسش ۵-۳ در یک لحظه خاص، میدان الکتریکی مربوط به یک موج الکترومغناطیسی در نقطه ای از فضا در جهت +z و میدان مغناطیسی مربوط به آن در جهت +y است. جهت انتشار در کدام سو است؟ (جهت های +x، +y، +z و -z را مانند شکل ۳-۲ در نظر بگیرید.)	۲۲

	 شکل ۳-۱۳ یک تصویر لحظه ای از موجی الکترومغناطیسی که میدان الکتریکی در امتداد قائم (y) و میدان مغناطیسی در امتداد افقی (z) و انتشار موج در جهت x است.	
$L = \frac{\lambda}{4} \rightarrow \lambda = 4 \times 8 / 5 \text{ cm} = 34 \text{ cm}$ $f = \frac{c}{\lambda} \rightarrow f = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{0.34 \text{ m}} = 8.82 \times 10^8 \text{ Hz}$	تمرین ۵-۳  طول آنتن یک گوشی تلفن همراه قدیمی معمولاً $\frac{1}{4}$ طول موج دریافتی است. اگر طول چنین آنتنی تقریباً برابر ۸/۵cm باشد بسامدی را که این گوشی با آن کار می کند تعیین کنید.	۲۳
صوت یک موج مکانیکی است که برای انتشار نیاز به محیط مادی دارد و در خلا منتشر نمی شود. ولی امواج الکترومغناطیسی برای انتشار خود، الزاماً به محیط مادی نیاز ندارند و در خلا نیز منتشر می شوند.	فعالیت ۴-۳  مطابق شکل روبه رو یک گوشی تلفن همراه را در یک محفظه تخلیه هوای شیشه ای آویزان کنید. با برقراری تماس با گوشی، صدای آن را خواهید شنید. ولی با به کار افتادن پمپ تخلیه هوا، صدا به تدریج ضعیف و سرانجام خاموش می شود، در حالی که امواج الکترومغناطیسی همچنان به گوشی می رسند. از این آزمایش چه نتیجه ای می گیرید؟	۲۴

فعالیت ۵-۳

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

۲۵

نام و حدود طول موج

جسمه

وسایل آشکارسازی

بعضی از ویژگی های خاص و کاربرد

پرتو گاما (γ)
 $\lambda_{pm} = 10^{-11}m$

هسته مواد رادیواکتیو و پرتوهای کیهانی

شماتر گر گایگر-مولر و فیلم عکاسی

فوتون های با انرژی بسیار بالا و با قدرت نفوذ بسیار زیاد، خیلی خطرناک کاربرد: بافت های سرطانی را از بین می برد، برای پیمایش کردن ترک در فلزات، برای ضد عفونی کردن تجهیزات و وسایل

پرتوی ایکس (X)
 $\lambda = 10^{-10}m$

لامپ پرتو X

فیلم عکاسی و صفحه فلورسان

فوتون های بسیار پر انرژی و با قدرت نفوذ زیاد، خیلی خطرناک کاربرد: استفاده در پرتونگاری، استفاده در مطالعه ساختار بلورها، معالجه بیماری های پوستی، استفاده در پرتودرمانی

فرا بنفش (UV)
 $\lambda = 10^{-8}m$

خورشید، جسم های خیلی داغ، جرقه الکتریکی، لامپ بخار جیوه

فیلم عکاسی، فوتوسل

ویژگی ها: توسط شیشه جذب می شود، سبب بسیاری از واکنش های شیمیایی می شود، باخته های زنده را از بین می برد. کاربرد: لامپ های UV در پزشکی

نور مرئی
 $\lambda = 4 \times 10^{-7}m$ (سبز)

خورشید، جسم های داغ، لیزرها

چشم، فیلم عکاسی، فوتوسل

ویژگی ها: در بدن اجسام نقش اساسی دارد، برای رشد گیاهان و عمل فتوسنتز نقش حیاتی دارد. کاربرد: در سیستم های مخابراتی (لزر و تارهای نوری) مورد استفاده قرار می گیرد.

فروسرخ (IR)
 $\lambda = 10^{-6}m$

خورشید، جسم های گرم و داغ

فیلم های مخصوص عکاسی

ویژگی: هنگامی که جذب می شود، پوست را گرم می کند. کاربرد: برای گرم کردن، برای فیلم برداری و عکاسی در مه و تاریکی، عکاسی IR توسط ماهواره ها

رادیویی
 $\lambda = 10^3m$ (VHF)

اجاق های مایکروویو، آنتن های رادیویی و تلویزیونی

رادیو و تلویزیون

کاربرد: در آنتن رادیو، تلویزیون، مخابرات ماهواره ای و در رادارها برای آشکارسازی هواپیما، موشک و کشتی

پرسش ۶-۳

الف) چگونگی ایجاد صوت توسط دیپازون را توضیح دهید.
ب) به نظر شما چه ساز و کاری موجب صدای وزوز حشرات هنگام پرواز می شود؟

۲۶

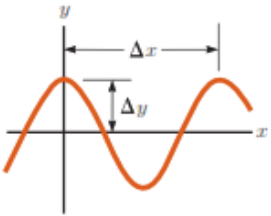
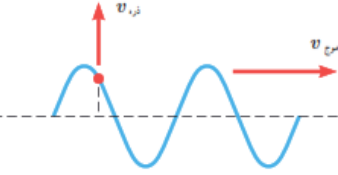
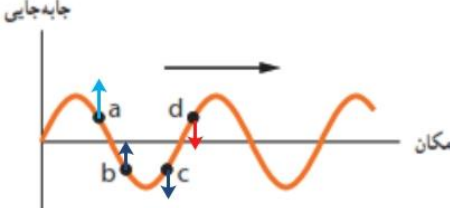
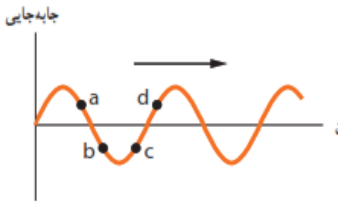
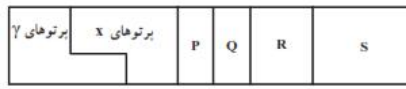
الف) دیپازون از یک فلزی دوشاخه ای درست می شود که انتهای آنها بر هم کوپل می شود اگر ضربه ای به یکی از شاخه ها بزنیم هوای داخل آنرا متراکم می کند و چون ته دیپازون کوپل شده (بسته) است، دیپازون بصورت یک لوله صوتی بسته عمل می کند و فیزیک امواج در رفت و برگشت به صورت امواج ساکن ظاهر می شوند که در حالت تشدید نوسانات صدای صوت آنرا می شنویم.

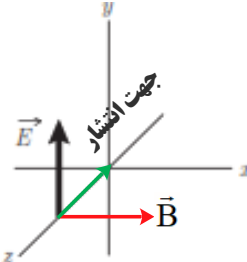
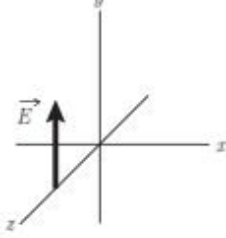
البته هامورنیک های غیر از صوت اصلی با بقیه تداخل می کنند و ما صوت مرکبی را می شنویم. اهمیت دیپازون در این است که ارتعاشات آن صدای خالص تولید می کند (صدای خالص آن است که ارتعاشات آن با تابع سینوسی نشان داده شود)، به علاوه فرکانس آن همیشه ثابت می ماند. از این رو دیپازون را می توان آلت دقیقی برای نت های موسیقی دانست و صحت صداها و نت های مختلف را با آن کنترل نمود. چنانچه ارتعاش دیپازون را با وسایل الکتریکی پایا سازیم، می تواند برای کنترل مدارهای الکتریکی بکار رود. از ثابت ماندن فرکانس دیپازون برای تعیین اجزا زمان استفاده می نمایند و اگر دیپازون را با دقت کامل ساخته باشند می توان با دقتی در حدود یک ده هزارم ثانیه اجزا زمان را اندازه

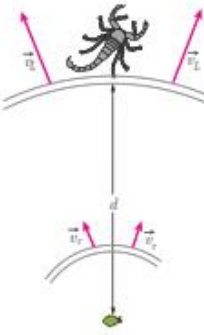
گرفت. امروزه بواسطه ترقی صنعت، ساختن و استعمال این قبیل دیپازون ها امری عادی است و چنانچه در انتخاب فلز دقت به عمل آید و سایر احتیاطات نیز لحاظ گردد، دقت دیپازون تا یک میلیونیم ثانیه می رسد. دیپازون وسیله ای فلزیست دارای دو شاخه که انتهای آنها به یک پایه مشترک وصل شده است. با وارد شدن ضربه به یکی از شاخه ها هوای داخل آن متراکم می شود و از آنجا که نه دیپازون بسته است، این پدیده باعث به وجود آمدن امواج ساکن می شود که صدای آن قابل شنیدن است. بسامد هر دیپازون ثابت است و به پدیده تشدید مربوط است. دیپازون در شنوایی سنجی کاربردهای مختلفی از مقایسه شنوایی، تشخیص و تمایز مشکلات حسی و عصبی و تایید گپ دارد. ب) حشرات هنگام پرواز بال های خود را حرکت می دهند که با حرکت بال هایشان هوای اطراف را منبسط و منقبض کرده و صوت ایجاد می شود. پشه ها و مگس ها برخلاف بقیه حشرات تنها دو بال دارند و بقیه حشرات ۴ بال دارند. گفتنی است، در پشه ها و مگس ها ۲ تا ۴ بال به صورت اندام های کوچکی درآمده اند که دمبل نامیده می شود و هنگام پرواز به بال ها می خورند و این صدای ویز ویز یا سوت هم نتیجه همین برخورد است. دمبل ها به پرواز این حشرات کمک های زیادی می کنند و باعث افزایش تعادل و قدرت مانور زیاد حشرات می شود.		
چطور تندی/ سرعت صدا در هوا را اندازه گیری می کنند؟ یک نفر تفنگ خود را آتش می کند. شخصی دیگر که در سمت دیگر و در ۱۶۰۰ متری او ایستاده است، ۵ ثانیه بعد صدای تیر را می شنود. بنابراین، موج صدا در هر ۵ ثانیه، ۱۶۰۰ متر راه می پیماید. پس: سرعت صوت در هر ثانیه، ۳۲۰ متر بر ثانیه است. چطور تندی/ سرعت صدا را در آب اندازه گیری می کنند؟ سرعت صوت را در زیر آب، با فرستادن موج های صوتی از یک قایق به قایق دیگر اندازه می گیرند. سرعت صوت در آب، حدود ۱۴۶۰ متر بر ثانیه است. برگرفته از: کتاب: صوت نوشته: جی. استفنسن	فعالیت ۳-۶ اندازه گیری تندی صوت: یک روش ساده برای اندازه گیری تندی صوت به این ترتیب است: دو میکروفون را مطابق شکل به یک زمان سنج حساس متصل کنید. این زمان سنج می تواند بازه های زمانی را با دقت میلی ثانیه اندازه گیری کند. وقتی چکش را به صفحه فلزی بگوییم، امواج صوتی که به سمت دو میکروفون روانه می شوند، نخست میکروفون نزدیک تر و سپس میکروفون دور تر را متأثر می سازند. اختلاف فاصله میکروفون ها از محل برخورد چکش با صفحه فلزی را اندازه می گیریم. با استفاده از زمان سنج می توانیم تأخیر زمانی بین دریافت صوت توسط دو میکروفون را ثبت کنیم. اکنون با استفاده از رابطه $v = \Delta x / \Delta t$ می توانیم تندی صوت را در هوا بیابیم. در صورتی که این اسباب را در مدرسه دارید با استفاده از آن، تندی صوت را در هوا اندازه بگیرید.	۲۷
اگر تندی صوت در هوا V_a و اگر تندی صوت در میله V_b $\Delta T = \frac{\Delta x}{V_a} - \frac{\Delta x}{V_b} = \frac{(V_b - V_a) \Delta x}{V_a V_b} \rightarrow \Delta x = \frac{V_a V_b}{V_b - V_a} \Delta t$	نمرین ۳-۶ شخصی با چکش به انتهای میله باریک بلندی ضربه ای می زند. تندی صوت در این میله ۱۵ برابر تندی صوت در هوا است. شخص دیگری که گوش خود را نزدیک به انتهای دیگر میله گذاشته است، دو صدا را که یکی از میله می آید و دیگری از هوای اطراف میله، با اختلاف زمانی ۱/۲۵ s می شنود. اگر تندی صوت در هوا ۳۴۰ m/s باشد، طول میله چقدر است؟	۲۸

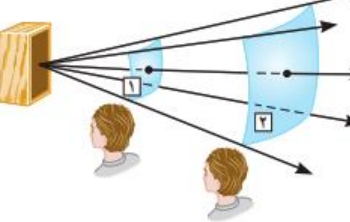
$\rightarrow \Delta x = \frac{v_a (15v_a)}{15v_a - v_a} \Delta t = \frac{15v_a}{14v_a} \Delta t = \frac{15 \times 340 \text{ m/s}}{14} \times 0.12 \text{ s} = 43.7 \text{ m}$		
$\beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = (10 \text{ dB}) \log(I_1 - I_0)$ $\beta_2 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) = (10 \text{ dB}) \log(I_2 - I_0)$ $\beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log(I_2 - I_1) \rightarrow \beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_2}{I_1}\right)$ $\beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{100 I_1}{I_1}\right) \rightarrow \beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log(100) = (10 \text{ dB})(2) = 20 \text{ dB}$	تمرین ۳-۷ با زیاد کردن صدای تلویزیونی، شدت صوتی که به گوش ما می رسد ۱۰۰ برابر می شود. تراز شدت صوتی که می شنویم چند دسی بل افزایش یافته است؟	۲۹
الف) تندی چشمه ها به ترتیب از شکل (الف) تا شکل (ت) افزایش می یابند ب) در شکل های (الف) تا (پ) تندی چشمه ها کوچکتر از تندی صوت است ولی در شکل (ت) این تندی بیشتر از تندی صوت می شود. شکل ها را به ترتیب بررسی می کنیم. ساده تر آن است که فرض کنیم شکل ها ۹۰ پاد ساعتگرد چرخیده اند. در این صورت به جای تحلیل مسئله از دید ناظر پایین شکل، مسئله را از دید ناظر سمت راست بررسی می کنیم. در شکل (الف)، یک چشمه صوت ساکن امواج کروی گسیل می کند. که فاصله شعاعی بین جبهه های موج یکسان است. در شکل های (ب) و (پ) چشمه صوت به سمت راست حرکت کرده است. تنها تفاوت شکل های (ب) و (پ) در این است که تندی چشمه صوت در (ب) بیشتر از این تندی در (ب) است و بدین ترتیب ازدحام جبهه های موج در جلوی چشمه گسیلنده شکل (ب) بیشتر از شکل (ب) است. ناظری که در سمت راست چشمه ها قرار گرفته است در واحد زمان جبهه های موج بیشتری را از (پ) نسبت به (ب) دریافت می کند و بنابراین بسامدی که می شنود نیز	پرسش ۳-۷ در هر ردیف شکل روبه رو، جبهه های موج متوالی حاصل از یک چشمه را می بینید. الف) تندی چشمه ها را با هم مقایسه کنید. ب) تندی هر چشمه را با تندی صوت مقایسه کنید. (الف) (ب) (ب) (ت)	۳۰

بالتر است. با این حال در هر دوی این شکل ها تندی چشمه صوت کمتر از تندی صوت است. اما در شکل (ت) چشمه صوت با تندی ای بزرگ تر از تندی صوت به سمت راست حرکت می کنند، زیرا سریع تر از جبهه های موج در حرکت است. در این شکل ها به رنگ های به کار گرفته شده زرد و قرمز توجه کنید. در شکل (ت) که چشمه صوت با تندی بزرگ تر از جبهه های موج ایجاد شده حرکت می کند، منحنی های قرمز از زرد بیرون زده اند و مخروطی ایجاد شده است که به آن مخروط ماخ می گویند. در چنین وضعیت های دیگر معادله هایی که برای اثر دوپلر ارائه می شوند به کار نمی آیند.		
(الف) تندی موج تغییر نمی کند. (ب) بسامد موج به چشمه موج بستگی دارد پس تغییر نمی کند. طبق رابطه $V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ با افزایش کشش ریسمان، تندی موج افزایش می یابد. طبق رابطه $\lambda = \frac{V}{f}$ با افزایش تندی موج، طول موج نیز افزایش می یابد.	۳-۵ و ۳-۶ موج و انواع آن، و مشخصه های موج ۱۳. یک نوسان ساز موج هایی دوره ای در یک ریسمان کشیده ایجاد می کند. (الف) با افزایش بسامد نوسان ساز کدام یک از کمیت های زیر تغییر نمی کند؟ بسامد موج، تندی موج، طول موج. (ب) حال اگر به جای افزایش بسامد، کشش ریسمان را افزایش دهیم، هر یک از کمیت های زیر چه تغییری می کند؟ بسامد موج، تندی موج، طول موج.	۳۱
(الف) (ب) $\lambda = \frac{V}{f} \rightarrow \lambda = \frac{10 \text{ cm}}{f} \rightarrow f = 2 \text{ Hz}$ (پ) $L = \frac{\lambda}{4} \rightarrow L = \frac{10 \text{ cm}}{4} = 2.5 \text{ cm}$	۱۳. شکل زیر یک تصویر لحظه ای از موجی عرضی در یک ریسمان کشیده شده را نشان می دهد. موج به سمت چپ حرکت می کند. (الف) با رسم این موج در زمان $T/4$ بعد، نشان دهید جزء M ریسمان در این مدت در چه جهتی حرکت کرده است. همچنین روی این موج، دامنه موج و طول موج را نشان دهید. (ب) اگر طول موج 5 cm و تندی موج 10 cm/s باشد، بسامد موج را به دست آورید. (پ) تعیین کنید موج در مدت $T/4$ چه مسافتی را پیموده است؟ (الف)	۳۲

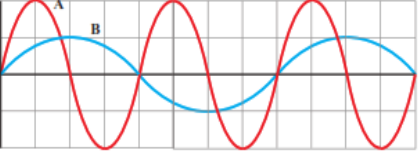
$\lambda = \Delta x = 40 / \text{cm}$ $A = \Delta y = 15 / \text{cm}$ $\lambda = \frac{V}{f} \rightarrow 40 \times 10^{-2} \text{ m} = \frac{V}{\lambda \text{ Hz}} \rightarrow V = 3 / 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $T = \frac{1}{f} \rightarrow T = \frac{1}{\lambda} \text{ s} = 0 / 125 \text{ s}$	۱۳. در نمودار جابه جایی - مکانی موج عرضی شکل زیر  $\Delta x = 40 / \text{cm}$ و $\Delta y = 15 / \text{cm}$ است. اگر بسامد نوسان های چشمه λ / Hz باشد، طول موج، دامنه، تندی و دوره تناوب موج چقدر است؟	۳۳												
تندی انتشار موج (V موج) به جنس و ویژگی های محیط انتشار بستگی دارد و از رابطه $V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ به دست می آید. هر ذره نیز با انتشار موج در محیط با تندی (V ذره) نوسان می کند که در نقاط مختلف متغیر است. در شکل داده شده V ذره بر V موج عمود است.	۱۵. شکل زیر موجی عرضی در یک ریسمان را نشان می دهد که با تندی v به سمت راست حرکت می کند، در حالی که تندی ذره نشان داده شده ریسمان v_r است. آیا این دو تندی با هم برابرند؟ توضیح دهید. 	۳۴												
جابه جایی مکان 	۱۷. شکل زیر یک موج سینوسی را در لحظه ای از زمان نشان می دهد که در جهت محور x در طول ریسمان کشیده شده ای حرکت می کند. چهار جزء از این ریسمان روی شکل نشان داده شده اند. در این لحظه هر یک از این چهار جزء بالا می روند یا پایین؟ 	۳۵												
$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \rightarrow V = \sqrt{\frac{FL}{M}} \rightarrow V = \sqrt{\frac{FL}{\rho V}} = \sqrt{\frac{FL}{\rho AL}} \rightarrow V = \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$ $\rightarrow V = \sqrt{\frac{156 \text{ N}}{(\gamma / 8 \times 10^{-2} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}) \times 0 / 50 \times 10^{-6}}} = 200 \text{ m/s}$	۱۷. سیمی با جگالی $\gamma / 80 \text{ g/cm}^3$ و سطح مقطع 50 mm^2 بین دو نقطه با نیروی ۱۵۶ N کشیده شده است. تندی انتشار موج عرضی را در این سیم محاسبه کنید.	۳۶												
(الف) <table border="1"> <tr> <td>پرتوهای گاما</td> <td>پرتوهای X</td> <td>فرابنفش</td> <td>نور مرئی</td> <td>فروسرخ</td> <td>رادیویی</td> </tr> <tr> <td>γ</td> <td>X</td> <td>P</td> <td>Q</td> <td>R</td> <td>S</td> </tr> </table>	پرتوهای گاما	پرتوهای X	فرابنفش	نور مرئی	فروسرخ	رادیویی	γ	X	P	Q	R	S	۱۸. شکل زیر طیف موج های الکترومغناطیسی را با یک مقیاس تقریبی نشان می دهد. (الف) نام قسمت هایی از طیف را که با حروف علامت گذاری شده اند، بنویسید. (ب) اگر در طول طیف از چپ به راست حرکت کنیم، مقدار کدام مشخصه های موج افزایش یا کاهش می یابد و کدام ثابت می ماند؟ 	۳۷
پرتوهای گاما	پرتوهای X	فرابنفش	نور مرئی	فروسرخ	رادیویی									
γ	X	P	Q	R	S									

طول موج افزایش می یابد بسامد کاهش می یابد (ب) سرعت ثابت می ماند. طول موج افزایش می یابد. بسامد و انرژی موج کاهش می یابد.		
	۱۹. شکل زیر میدان الکتریکی یک موج الکترومغناطیسی سینوسی را در نقطه ای معین و دور از چشمه، در یک لحظه نشان می دهد. موج انرژی را در خلاف جهت محور انتقال می دهد. جهت میدان مغناطیسی موج را در این نقطه و این لحظه تعیین کنید. 	۳۸
(الف) $f = \frac{C}{\lambda} \rightarrow f = \frac{3 \times 10^8 \frac{m}{s}}{6/20 \times 10^{-7}} = 4/8 \times 10^{14} \text{ Hz}$ (ب) $\lambda = \frac{C}{f} \rightarrow \lambda_0 = \frac{3/0 \times 10^8 \frac{m}{s}}{4/30 \times 10^{14}} = 6/9 \times 10^{-7} \text{ m}$ $\lambda = \frac{2/25 \times 10^8 \frac{m}{s}}{4/30 \times 10^{14}} = 5/2 \times 10^{-7} \text{ m}$	۲۰. الف) طول موج نور نارنجی در هوا حدود $6/20 \times 10^{-7} \text{ m}$ است، بسامد این نور چند هرتز است؟ ب) بسامد نور قرمز در حدود $4/30 \times 10^{14} \text{ Hz}$ است. طول موج این نور را در هوا و آب حساب کنید. (سرعت نور را در هوا $3/0 \times 10^8 \text{ m/s}$ و در آب $2/25 \times 10^8 \text{ m/s}$ فرض کنید.)	۳۹
الف) فاصله بین دو تراکم متوالی (یا دو انبساط متوالی) λ است. $\lambda = \frac{V}{f} \rightarrow \lambda = \frac{100 \frac{m}{s}}{10 \text{ Hz}} = 10 \text{ m}$ ب) فاصله بین یک تراکم و یک انبساط متوالی $\lambda/2$ است. $\frac{\lambda}{2} = 5 \text{ m}$	۲۱. چشمه موجی با بسامد 10 Hz در یک محیط که تندی انتشار موج در آن 100 m/s است، نوسان هایی طولی ایجاد می کند. اگر دامنه نوسان ها $4/0 \text{ cm}$ باشد، الف) فاصله بین دو تراکم متوالی این موج چقدر است؟ ب) فاصله بین یک تراکم و یک انبساط متوالی چقدر است؟	۴۰

$V_L > V_T \rightarrow (\Delta t)_L < (\Delta t)_T$ $(\Delta t)_L = t_L ; (\Delta t)_T = t_T$ $\Delta t = t_T - t_L \rightarrow \Delta t = \frac{d}{V_T} - \frac{d}{V_L} \rightarrow 4/0 \times 10^{-7} \text{ s} = \frac{d}{50 \frac{\text{m}}{\text{s}}} - \frac{d}{150 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{2d}{150 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$ $d = \frac{150 \times 4/0 \times 10^{-7} \text{ m}}{2} = 0/3 \text{ m} = 30 \text{ cm}$	 ۴۱. عقرب های ماسه ای وجود طعمه را با امواجی که بر اثر حرکت طعمه در ساحل شنی ایجاد می شود، احساس می کنند. این امواج که در سطح ماسه منتشر می شوند، بر دو نوع اند: امواج عرضی با تندی $v_T = 50 \text{ m/s}$ و امواج طولی با تندی $v_L = 150 \text{ m/s}$. عقرب ماسه ای می تواند با استفاده از اختلاف زمانی بین زمان رسیدن این امواج به نزدیک ترین پای خود، فاصله خود از طعمه را تعیین کند. اگر این اختلاف زمان برابر $\Delta t = 4/0 \text{ ms}$ باشد، طعمه در چه فاصله ای از عقرب قرار دارد؟	۴۱
دمای هوا تندی انتشار صوت در محیط علاوه بر جنس محیط به دمای محیط نیز بستگی دارد. اما شکل موج، دامنه موج، بسامد موج که از مشخصات چشمه موج هستند، بر تندی صوت تاثیر ندارند.	۴۲. توضیح دهید کدام یک از عامل های زیر بر تندی صوت در هوا مؤثر است. الف) شکل موج ب) دامنه موج پ) بسامد موج ت) دمای هوا	۴۲
الف) $\omega = 2\pi f \rightarrow \omega = 2(3/14)(6/7 \times 10^6 \text{ Hz}) = 42/0 \times 10^6 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 4/2 \times 10^7 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ ب) $\lambda = \frac{V}{f} \rightarrow \lambda = \frac{150 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{6/7 \times 10^6 \text{ Hz}} \rightarrow \lambda = 2/24 \times 10^{-4} \text{ m}$	 ۴۳. در سونوگرافی معمولاً از کاوه ای دستی موسوم به تراگذار فراصوتی^۱ برای تشخیص پزشکی استفاده می شود که دقیقاً روی ناحیه مورد نظر از بدن بیمار گذاشته و حرکت داده می شود. این کاوه در بسامد $6/7 \text{ MHz}$ عمل می کند. الف) بسامد زاویه ای در این کاوه نوسان چقدر است؟ ب) اگر تندی موج صوتی در بافتی نرم از بدن 150 m/s باشد، طول موج این موج در این بافت چقدر است؟	۴۳

(الف) $V'_{\text{فلز}} > V_{\text{هوا}}$ $t'_{\text{فلز}} < t_{\text{هوا}}$ $\Delta t = t - t' \rightarrow \Delta t = \frac{L}{V} - \frac{L}{V'} \rightarrow \Delta t = \frac{L(V' - V)}{V \times V'}$ (ب) $\Delta t = \frac{L(V' - V)}{V \times V'} \rightarrow 1/100 \text{ s} = \frac{L(5941 - 340)}{340 \times 5941} \rightarrow 1/100 \text{ s} = \frac{5601L}{2019940}$ $\rightarrow L = 360/6 \text{ m}$	۴۴. ۲۵. تندی صوت در یک فلز خاص، برابر $v_{\text{فلز}}$ است. به یک سر لوله توخالی بلندی از جنس این فلز به طول L ضربه محکمی می زنیم. شنونده ای که در سر دیگر این لوله قرار دارد دو صدا را می شنود. یکی ناشی از موجی است که از دیواره لوله می گذرد و دیگری از موجی است که از طریق هوای داخل لوله عبور می کند. الف) اگر تندی صوت در هوا $v_{\text{هوا}}$ باشد، بازه زمانی Δt بین دریافت این دو صدا در گوش شنونده چقدر خواهد بود؟ ب) اگر $\Delta t = 1/100 \text{ s}$ و فلز از جنس فولاد باشد، طول L لوله چقدر است؟ ($v_{\text{هوا}} = 340 \text{ m/s}$)	۴۴
$I_1 = \frac{\bar{P}}{A_1} = \frac{1/2 \times 10^{-2} \text{ W}}{4 \text{ m}^2} = 3 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$ $I_2 = \frac{\bar{P}}{A_2} = \frac{1/2 \times 10^{-2} \text{ W}}{12 \text{ m}^2} = 1 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$ شنونده دوم توان بر واحد سطح کمتری از شنونده اول دریافت می کند.	۴۵. ۲۷. موجی صوتی با توان $1/2 \times 10^{-2} \text{ W}$ عمود بر جهت انتشار از دو صفحه فرضی (شکل ۳-۲۶) می گذرد. با فرض اینکه مساحت صفحه ها به ترتیب $A_1 = 4 \text{ m}^2$ و $A_2 = 12 \text{ m}^2$ باشد، شدت صوت در دو سطح را تعیین کنید و توضیح دهید چرا شنونده در محل صفحه دوم، صدا را آهسته تر می شنود. 	۴۵
$\beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{10^{-2} \text{ W/m}^2}{10^{-12} \text{ W/m}^2}\right) = 102 \text{ dB}$	۴۶. ۲۷. شدت صدای حاصل از یک مته سنگ شکن در فاصله 10 m از آن 10^{-2} W/m^2 است. تراز شدت صوتی آن برحسب dB چقدر می شود؟	۴۶

$\beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) \rightarrow 28 \text{ dB} = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_1}{10^{-12} \text{ W/m}^2}\right)$ $\rightarrow 2/8 = \log\left(\frac{I_1}{10^{-12} \text{ W/m}^2}\right) \rightarrow \frac{I_1}{10^{-12} \text{ W/m}^2} = 10^{2/8}$ $\rightarrow I_1 = 10^{2/8} \times 10^{-12} \text{ W/m}^2 = 10^{-9/2} \text{ W/m}^2 = 10^{-10} \times 10^{1/8} \text{ W/m}^2$ $I_1 = 6/31 \times 10^{-10} \text{ W/m}^2$ یا $\beta = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \rightarrow I = I_0 \cdot 10^{\left(\frac{\beta}{10 \text{ dB}}\right)}$ $\beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) \rightarrow I_1 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \times 10^{\left(\frac{28 \text{ dB}}{10 \text{ dB}}\right)} = 6/31 \times 10^{-10} \text{ W/m}^2$ $\beta_2 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) \rightarrow I_2 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \times 10^{\left(\frac{92 \text{ dB}}{10 \text{ dB}}\right)} = 1/58 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2$	۴۷. اگر به مدت ۱۰ دقیقه در معرض صوتی با تراز شدت ۲۸dB باشیم، آستانه شنوایی به طور موقت از ۰dB به ۲۸dB افزایش می یابد. مطالعات نشان داده است که به طور متوسط اگر به مدت ۱۰ سال در معرض صدایی با تراز شدت ۹۲dB قرار گیریم، آستانه شنوایی به طور دائم به ۲۸dB افزایش می یابد. شدت های صوت مربوط به ۲۸dB و ۹۲dB چقدر است؟ (راهنمایی: برای پاسخ دادن لازم است از مائین حساب مناسب استفاده کنید.)	۴۷
$\beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_2}{I_1}\right) \rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 10^{\left(\frac{\Delta\beta}{10 \text{ dB}}\right)} = 10^{\left(\frac{5 \text{ dB}}{10 \text{ dB}}\right)} = 10^{1/2} = 3/16$	۴۸. یک دستگاه صوتی، صدایی با تراز شدت $\beta_1 = 90 \text{ dB}$ و دستگاه صوتی دیگر، صدایی با تراز شدت $\beta_2 = 95 \text{ dB}$ ایجاد می کند. شدت های مربوط به این دو تراز (برحسب W/m^2) به ترتیب I_1 و I_2 هستند. نسبت I_2/I_1 را تعیین کنید.	۴۸

$I = \frac{\bar{P}}{A} = \frac{\bar{P}}{4\pi r^2} \rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{\bar{P}}{4\pi r_1^2}}{\frac{\bar{P}}{4\pi r_2^2}} = \frac{r_2^2}{r_1^2} = \left(\frac{160\text{m}}{640\text{m}}\right)^2 = \left(\frac{1}{4}\right)^2$ $\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{1}{4}\right)^2 \rightarrow I_2 = 16I_1 = 16 \times 0.1\text{W/m}^2 = 1.6\text{W/m}^2$	۴۹. در یک آتش بازی، موشکی در بالای آسمان منفجر می شود. فرض کنید صوت به طور یکنواخت در تمام جهات ها منتشر شود. از جذب انرژی صوتی در محیط و نیز از بازتابی که ممکن است امواج صوتی از زمین پیدا کند چشم پوشی کنید. با فرض اینکه صوت با شدت $I = 0.1\text{W/m}^2$ به شنونده ای برسد که به فاصله $r_1 = 640\text{m}$ از محل انفجار قرار دارد، این صوت به شنونده ای که در فاصله $r_2 = 160\text{m}$ از محل انفجار قرار دارد با چه شدتی می رسد؟	۴۹
بر طبق شکل $\lambda_B = 2\lambda_A$ ، $A_A = 2A_B$ $V_A = V_B \rightarrow \frac{f_B}{f_A} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{1}{2}$ $\left. \begin{aligned} E &= 2\pi^2 m A^2 f^2 \\ I &= \frac{\bar{P}}{4\pi r^2} = \frac{E}{4\pi r^2 t} \end{aligned} \right\} \rightarrow I = \frac{2\pi m A^2 f^2}{4\pi r^2}$ $\frac{I_B}{I_A} = \frac{A_B^2 f_B^2}{A_A^2 f_A^2} = \frac{A_B^2 f_B^2}{(2A_B)^2 (2f_B)^2} = \frac{1}{16} \rightarrow I_A = 16I_B$	۵۰. نمودار جابه جایی - مکان دو موج صوتی A و B که در یک محیط منتشر شده اند، به صورت زیر است. دامنه، طول موج، بسامد و شدت این دو موج صوتی را با هم مقایسه کنید. 	۵۰

۵۱

۳۳. شکل زیر جهت های حرکت یک چشمه صوتی و یک ناظر (شنونده) را در وضعیت های مختلف نشان می دهد.

چشمه	ناظر (شنونده)	
•	•	(الف)
• →	•	(ب)
← •	•	(پ)
•	• →	(ت)
•	← •	(ث)

بسامدی را که ناظر در حالت های مختلف می شنود با حالت الف مقایسه کنید.

اگر چشمه به طرف ناظر حرکت کند (حالت ب)، تجمع جبهه های موج در جلوی آن بیشتر خواهد شد. بنابراین ناظر ساکن رو به روی آن طول موج کوتاه تری نسبت به وضعیتی که چشمه، ساکن بود اندازه می گیرد که این به معنی افزایش بسامد برای این ناظر است.

$$f_{\text{الف}} > f_{\text{ب}}$$

چشمه به ناظر نزدیک می شود. با دور شدن چشمه، از بسامدی که ناظر اندازه می گیرد کم می شود و بنابراین در حالت (پ) کاهش بسامد داریم

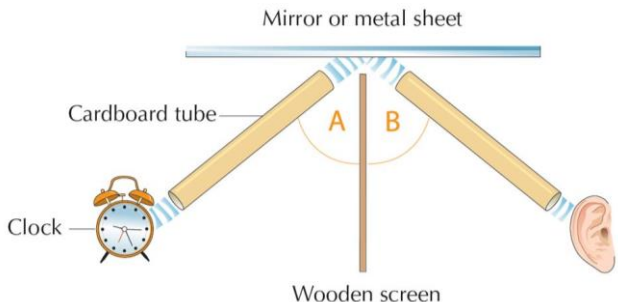
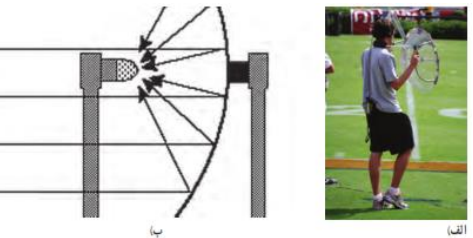
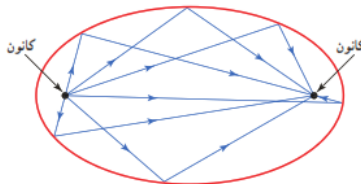
$$f_{\text{الف}} > f_{\text{پ}}$$

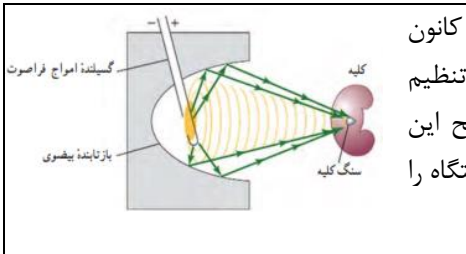
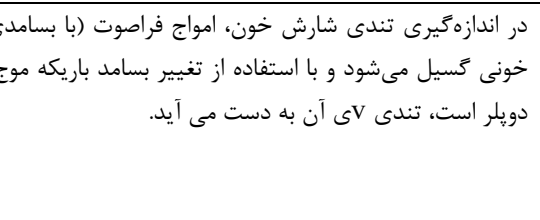
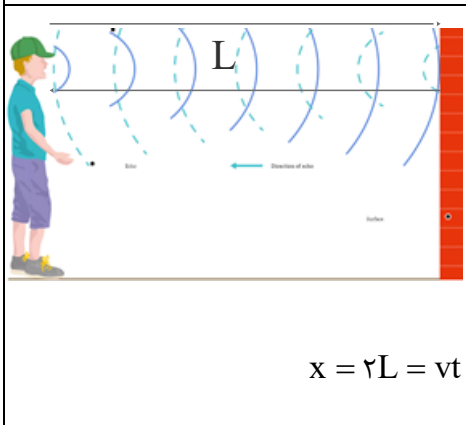
چشمه از ناظر دور می شود. در حالت (ت) از چشمه دور شود به معنی کاهش بسامد خواهد بود.

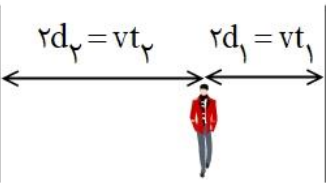
$$f_{\text{الف}} > f_{\text{ت}}$$

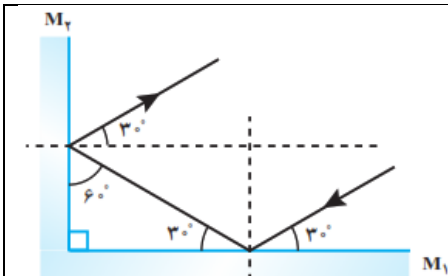
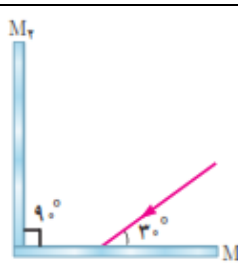
ناظر از چشمه دور می شود. در حالت (ث) ناظر به هدف چشمه حرکت کند با جبهه های موج بیشتری مواجه می شود که به معنی افزایش بسامد است.

$$f_{\text{الف}} > f_{\text{ث}}$$

این اسباب شامل دو لوله متصل به دو دهانه است که یکی نقش دهانه ورودی صدا و دیگری نقش گوش را بازی می کند. با ایجاد صدا در دهانه ورودی، صوت پس از عبور از لوله اول، و بازتاب از یک دیواره سخت، با عبور از لوله دوم وارد دهانه گوش می شود و ما آن را می شنویم، برای جلوگیری از انتشار مستقیم صوت از منبع به سمت شنونده، مانعی بر روی گیره های شکل نصب می شود. شنونده با حرکت لوله دوم، در زاویه مشخصی در می یابد که صدا با بیشترین بلندی به گوش او می رسد. اکنون اگر مکان لوله دوم ثابت شود، با واری زاویه لوله اول یا مانع (خط عمود بر دیواره بازتابنده) و زاویه لوله دوم با مانع، در می یابیم که بیشترین بلندی دریافتی به ازای برابر بودن زاویه تابش و زاویه بازتابش حاصل می شود. 	۳-۷ بازتاب موج فعالیت ۳-۷ با اسباب نشان داده شده در شکل روبه رو، می توان زاویه تابش و زاویه بازتابش را در امواج صوتی اندازه گیری کرد. با استفاده از این اسباب، قانون بازتاب عمومی را برای امواج صوتی تحقیق کنید.  نمایشی از اسباب آزمایش بازتاب صوت	۵۲
در میکروفون سهموی از یک سطح کار سهموی برای جمع و کانونی کردن امواج صوتی در یک گیرنده استفاده می شود. این میکروفون ها به همین دلیل، حساسیت بسیار زیادی به صداهایی دارند که موازی با محور سطح سهموی به این سطح می تابند. استفاده مرسوم از این میکروفون ها در ثبت صداهای پرندگان دوردست، و صداهای میادین ورزشی (شکل الف)، و نیز استراق سمع است. شکل ب طراحی از چگونگی کار این دستگاه را نشان می دهد.  دستگاه لینو تریپسی از این ویژگی سطح بیضوی که در کانون دارد استفاده می کند. بنابراین اگر موج صوتی در یک کانون ایجاد شود، این موج پس از بازتاب از نقاط مختلف سطح، در کانون دیگر جمع می شود. 	فعالیت ۳-۸ درباره میکروفون سهموی که از آن برای ثبت صداهای ضعیف و دستگاه لیتوتریپسی که از آن برای شکستن سنگ های کلیه، با کمک بازتابنده های بیضوی استفاده می شود تحقیق کنید.  تصویری از یک میکروفون سهموی	۵۳

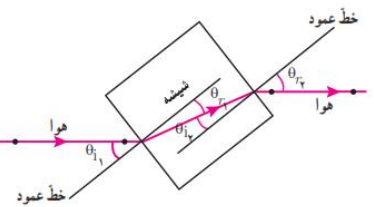
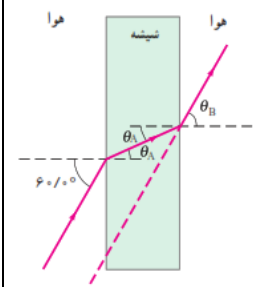
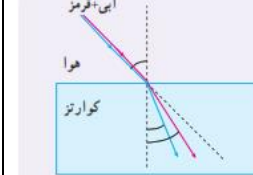
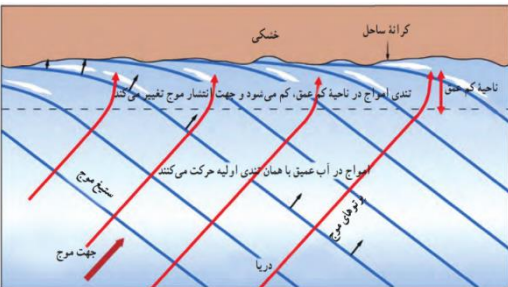
	در دستگاه لیتو تریپسی، چشمه ای فراصوت در یک کانون بازتابنده بیضوی ایجاد می کنند و محل بیمار را طوری تنظیم می کنند که سنگ کلیه او در محل کانون دوم سطح این بازتابنده باشد. شکل پ، طرحی از چگونگی کار این دستگاه را نشان می دهد.		
در اندازه گیری تندی شارش خون، امواج فراصوت (با بسامدی عموماً بین ۲ تا ۱۰ مگاهرتز) به سمت یک رگ خونی گسیل می شود و با استفاده از تغییر بسامد باریکه موج فراصوتی بازتابیده از گویچه سرخ، که ناشی از اثر دوپلر است، تندی ۷ی آن به دست می آید.		فعالیت ۹-۳ اندازه گیری تندی شارش خون: از مکان یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر می توان برای تعیین تندی شارش خون (گویچه های قرمز) در رگ ها استفاده کرد. در مورد چگونگی این فناوری تحقیق کنید.	۵۴
	تأخیر زمانی صورت بازتابیده و صوت اولیه کمتر از ۰/۱s باشد، گوش انسان قادر به تمیز پژواک از صوت اولیه نخواهد بود. از اینجا می توان فاصله کمینه لازم بین چشمه صوت و سطح باز تاباننده را برای تمیز یک پژواک از صوت اولیه محاسبه کنیم. $x = 2L = vt \rightarrow L = \frac{1}{2}vt = \frac{1}{2}(340\text{ m/s})(0.1\text{ s}) = 17\text{ m}$	تمرین ۸-۳ کمترین فاصله بین شما و یک دیوار بلند چقدر باشد تا پژواک صدای خود را از صدای اصلی تمیز دهید؟ تندی صوت در هوا را 340 m/s در نظر بگیرید.	۵۵
امواج میکرو موج یا فروسرخ در محدوده مشخصی گسیل می کنند. فاصله خودرو از فرستنده گسیلنده موج با اندازه گیری زمان بین گسیل و دریافت موج به دست می آید. تندی خودرو نیز از تغییر بسامد موج دریافتی نسبت به موج گسیل شده با استفاده از رابطه دوپلری که برای امواج الکترومغناطیسی به کار می آید، تعیین می شود		فعالیت ۱۰-۳ رادار دوپلری: از امواج الکترومغناطیسی نیز می توان برای مکان یابی پژواکی استفاده کرد. در این مورد و کاربرد آن به خصوص در تعیین تندی خودروها تحقیق کنید. (راهنمایی: اثر دوپلر برای امواج الکترومغناطیسی نیز برقرار است.) 	۵۶

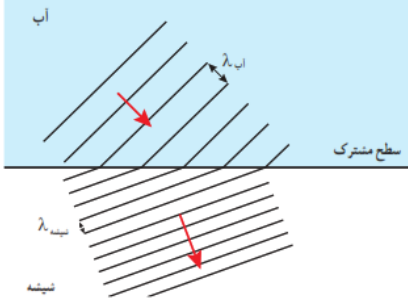
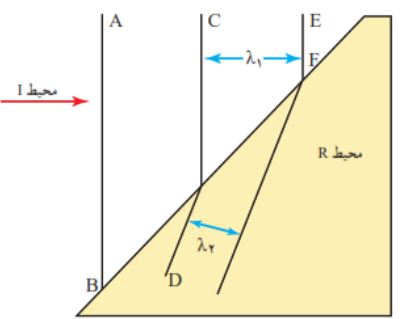
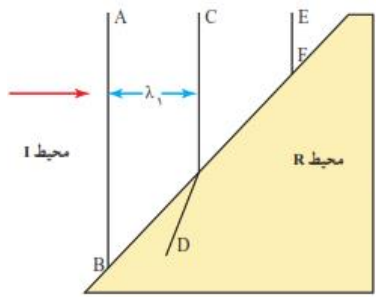
الف) $2d_1 = vt_1 \rightarrow v = \frac{2d_1}{t_1} = \frac{480 \cdot m}{1/5s} = 320 \cdot m/s$ ب) $d_r = \frac{vt_r}{2} = \frac{(320 \cdot m/s) \times (2/5s)}{2} = 40 \cdot m$ $d = d_1 + d_r = 40 \cdot m + 240 \cdot m = 280 \cdot m$ 	۳-۷ بازتاب موج سرس. دانش آموزی بین دو صخره قائم ایستاده است و فاصله او از صخره نزدیک تر ۲۴۰m است. دانش آموز فریاد می زند و اولین پژواک صدای خود را پس از ۱/۵s و صدای پژواک دوم را ۱/۰s بعد از پژواک اول می شنود. الف) تندی صورت در هوا چقدر است؟ ب) فاصله بین دو صخره را بیابید.	اگر فاصله از پلکان به حد کافی زیاد باشد، به طوری که بتوان مانند شکل زیر مسیر تپهای متوالی را تقریباً موازی در نظر گرفت، تقریباً بسامد ثابتی برای رشته تپهای متوالی درک می کنید. $f = \frac{1}{\Delta t} = \frac{v}{2w}$ این صدا به صورت رشته های دوره ای از تپها باز می گردد و مانند یک نت نواخته شده درک می شود. بدیهی است اگر پهنای پله ها کوچک تر باشد، با توجه به اینکه $f \propto \frac{1}{w}$ است، بسامد ادراک شده بیشتر می شود. مسیر تپهای متوالی که هر کدام از یک پله نشأت گرفته اند، موازی نیست و بسامد ثابتی را برای رشته تپهای متوالی درک نمی کنید؛ بلکه گستره ای از بسامدها را درک می کنید که به تدریج کم می شوند. به طوری که بسامد دریافتی از پله های پایینی (که تپهای بازتابیده از آنها را زودتر می شنویم) بیشتر از بسامد دریافتی از پله های بالایی است که تپهای بازتابیده از آنها را دیرتر می شنویم) و بدین ترتیب صدا را به صورت رشته ای دوره ای از تپها می شنوید.	سرس. اگر در فاصله مناسبی از یک رشته پلکان بلند بایستید و یک بار کف بزنید، پژواکی بیشتر از یک صدای برهم زدن دست می شنوید. نمونه جالبی از این پدیده در برابر رشته پله های معبد قدیمی کوکولکان^۱ در مکزیک رخ می دهد. این معبد از ۹۲ پله سنگی تشکیل شده است. در مورد چنین پژواکی توضیح دهید.  تصویری از معبد کوکولکان	ناشی از بازتاب پخشنده است.	سرس. وقتی یک باریکه لیزر را به دیوار کلاس می تابانیم، همه دانش آموزان نقطه رنگی ایجاد شده روی دیوار را می بینند. دلیل آن چیست؟
---	--	--	---	-----------------------------------	--

	۳۴. در شکل زیر پرتوهای بازتابیده از آینه های تخت M_1 و M_2 را رسم کنید. 	۶۰
--	--	----

	۸-۳ شکست موج	
وقتی موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد موج عبوری تغییری نمی کند، زیرا بسامد توسط چشمه موج تعیین می شود، اما تندی در قسمت نازک طناب بیشتر است و بنابر رابطه $\lambda = v / f$ در می یابیم طول موج عبوری بیشتر از طول موج فرودی می شود.	۶۱ پرسش ۸-۳ اگر موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد، تندی، و طول موج عبوری در مقایسه با موج فرودی چه تغییری می کند؟	۶۱
وقتی جبهه های موج به مرز می رسند، بسامد موج تغییری نمی کند طول موج فرودی مربوط به ناحیه عمیق $\lambda_1 = \lambda_d$ طول موج فرودی مربوط به ناحیه کم عمق $\lambda_2 = \lambda_s$ $\lambda_d = 10 \text{ cm}$, $v_s = 0.4 v_d$ $f = \frac{v_d}{\lambda_d} \rightarrow v_d = 10 \text{ cm} \times 5 \text{ Hz} = 50 \text{ cm/s}$ $f = \frac{v_s}{\lambda_s} = \frac{v_d}{\lambda_d} \rightarrow \lambda_s = \frac{v_s}{f} = \frac{0.4 v_d}{f}$ $= \frac{0.4 \times 50 \text{ cm/s}}{5 \text{ Hz}} = 4 \text{ cm}$	۶۲ تمرین ۹-۳ در یک تشت موج به کمک یک نوسان ساز تیغه ای که با بسامد $5/0 \text{ Hz}$ کار می کند، امواجی تخت ایجاد می کنیم، به طوری که فاصله بین دو برآمدگی متوالی آن برابر با 10 cm می شود. اگر اکنون تیره ای شیشه ای را در کف تشت قرار دهیم، امواج در ورود به ناحیه کم عمق بالای تیره، شکست پیدا می کنند. اگر تندی امواج در ناحیه کم عمق، $0.4/0$ برابر تندی در ناحیه عمیق باشد، طول موج امواج در ناحیه کم عمق چقدر می شود؟	۶۲
فرض می کنیم $v_i = 0.4 v_d$ $v_d \sin \theta_r = v_i \sin \theta_i \rightarrow v_d \sin \theta_r = 0.4 v_d \times \sin(30^\circ)$ $\sin \theta_r = 0.2 \rightarrow \theta_r = 11.5^\circ$	۶۳ تمرین ۱۰-۳ در تمرین ۹-۳ با فرض اینکه زاویه تابش امواج برابر 30° باشد، زاویه شکست چقدر می شود؟ ۹-۳ تمرین در یک تشت موج به کمک یک نوسان ساز تیغه ای که با بسامد $5/0 \text{ Hz}$ کار می کند، امواجی تخت ایجاد می کنیم، به طوری که فاصله بین دو برآمدگی متوالی آن برابر با 10 cm می شود. اگر اکنون تیره ای شیشه ای را در کف تشت قرار دهیم، امواج در ورود به ناحیه کم عمق بالای تیره، شکست پیدا می کنند. اگر تندی امواج در ناحیه کم عمق، $0.4/0$ برابر تندی در ناحیه عمیق باشد، طول موج امواج در ناحیه کم عمق چقدر می شود؟	۶۳

	پس از رسم امتداد پرتو تابش (خطوط قرمز) و خطوط عمود بر سطح (خطوط زرد) بر خط جدایی محیطها، را رسم می-کنیم. در محیط b پرتو نور از خط عمود دور می-شود، بنابراین پرتو از محیطی که در آن تندی نور کمتر است وارد محیطی شده است که در آن تندی نور بیشتر است. ولی پس از آن، در محیط c، پرتو به خط عمود نزدیک می-شود. بنابراین تندی نور در محیط c کمتر از تندی نور در محیط b است. و به همین ترتیب، تندی نور در محیط a کمتر از تندی نور در محیط c است. $V_b > V_c > V_a$	پرسش ۹۰۳ شکل روبه رو یک پرتوی موج الکترومغناطیسی را نشان می-دهد که با عبور از محیط اولیه a، از طریق محیط های b و c به محیط a بازمی-گردد. این محیط ها را بر حسب تندی موج در آنها از بیشترین تا کمترین مرتب کنید.	۶۴
(الف) (ب)	در شکل (الف) پرتوی نور از محیطی با ضریب شکست کمتر وارد محیطی با ضریب شکست بیشتر شده است. و به خط عمود نزدیک تر می-شود که در شکل (الف) برقرار است و بنابراین شکل (الف) از لحاظ فیزیکی ممکن است در شکل (ب) پرتو نور در سمتی درست شکسته نشده است، و امکان شکسته شدن در سویی وجود ندارد. در شکل (پ) پرتو نور از خط عمود دور شده است در حالیکه هنگامیکه پرتو نور از محیطی با ضریب شکست کمتر به محیطی با ضریب شکست بیشتر شده باشد، پرتو نور به خط عمود نزدیک تر می-شود. (پ)	پرسش ۱۰۴ کدام یک از سه شکل زیر یک شکست را نشان می-دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟ (الف) (ب) (پ)	۶۵
یک تیغه متوازی السطوح را در نظر بگیرید و آن را روی کاغذ سفیدی قرار دهید، باریکه نوری را به وجهی از تیغه بتابانید به طوری که از وجه مقابل آن خارج شود. محل تیغه بر کاغذ را با رسم اضلاع آن بر روی کاغذ مشخص کنید. همچنین مسیر باریکه فرودی و باریکه خروجی از تیغه را روی کاغذ رسم کنید. برای رسم دقیق تر مسیر باریکه های فرودی و خروجی می-توانید مطابق شکل الف کاغذ سفید را روی قطعه یونولیتی قرار دهید و مسیر باریکه ها را با فرو بردن سوزن هایی در آن مشخص کنید. اکنون تیغه را بردارید و با استفاده از یک خط کش، مسیر باریکه نور در درون تیغه را رسم کنید. بر روی مسیر باریکه های نور، پیکانه هایی رسم کنید تا جهت پرتوها مشخص شود. با استفاده از یک نقاله، خطوط	فعالیت ۱۱-۳ اندازه گیری ضریب شکست: با توجه به مثال ۱۱-۳، آزمایشی را طراحی و اجرا کنید که به کمک آن بتوان ضریب شکست یک تیغه متوازی السطوح شفاف را اندازه گرفت.	۶۶	

عمود بر وجه های تیغه در محل ورود و خروج باریک های نور را رسم کنید و زاویه های بین باریک ها و خطوط عمود را اندازه بگیرید. شکل ب، طرحی از چنین ترسیمی را نشان می دهد. اکنون می توانیم با استفاده از قانون اسنل برای ورود باریک از هوا به تیغه، ضریب شکست تیغه را به دست آوریم و یا اینکه ضریب شکست را با استفاده از قانون اسنل برای خروج باریک از تیغه به هوا بیابیم.  الف) تصویری از اسباب آزمایش اندازه گیری ضریب شکست ب) نمودار پرتویی آزمایش توجه کنید: θ_i زاویه تابش و θ_r زاویه شکست و $\theta_{i1} = \theta_{r1}$ و $\theta_{i2} = \theta_{r2}$ است. بنابراین پرتوهای فرودی و خروجی با هم موازی اند	مثال ۳-۱۱ پرتوی نوری مطابق شکل، از هوا بر تیغه شیشه ای متوازی السطوحی، با زاویه تابش 60° فرود می آید. الف) زاویه شکست (θ_r) پرتو در شیشه چقدر است؟ ب) زاویه خروجی (θ_{r2}) پرتو از شیشه چقدر است؟ 	
قانون اسنل را به طور مجزا برای دو پرتوی قرمز و آبی می نویسیم. برای پرتوی قرمز داریم $n_1 \sin \theta_1 = n_{2, \text{Red}} \sin \theta_{2, \text{Red}} \rightarrow \sin \theta_{2, \text{Red}} = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1$ $\rightarrow \sin \theta_{2, \text{Red}} = \frac{1}{1.459} \sin 45^\circ \rightarrow \theta_{2, \text{Red}} = 28.8^\circ = 28^\circ 48'$ برای پرتوی آبی داریم $\sin \theta_{2, \text{Blue}} = \frac{1}{1.467} \sin 45^\circ \rightarrow \theta_{2, \text{Blue}} = 29^\circ = 29^\circ 00'$	تمرین ۳-۱۱ شکل روبه رو باریک نوری متشکل از دو پرتوی قرمز و آبی را نشان می دهد که از هوا و با زاویه تابش 45° بر سطح تیغه تختی از کوارتز می تابند. زاویه های شکست برای این دو پرتو را محاسبه کنید. ضریب شکست نورهای قرمز و آبی در کوارتز به ترتیب برابرند با $n_{\text{قرمز}} = 1.459$ و $n_{\text{آبی}} = 1.467$. 	۶۷
با نزدیک شدن امواج به یک ساحل شیب دار و رسیدن جبهه های موج به ساحل که در آنجا عمق آب کم می شود، جهت انتشار موج تغییر می کند. به عبارتی، با ورود امواج از ناحیه عمیق به ناحیه کم عمق، تندی آنها کم می شود. 	۳-۸ شکست موج ۳۷. با رسم شکلی از جبهه های موج توضیح دهید چگونه جهت انتشار جبهه های موج با رسیدن به یک ساحل شیب دار، تغییر می کند.	۶۸

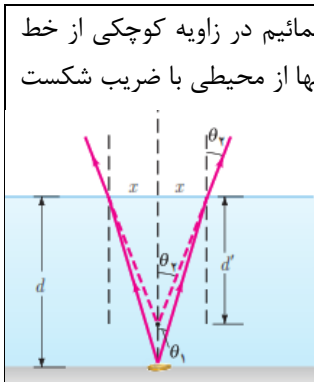
شیشه ضریب شکست بزرگ تری نسبت به هوا دارد. پرتو شکسته شده در شیشه به خط عمود نزدیک می شود. بنابراین پرتوی A، نمی تواند درست باشد، زیرا پرتو از خط عمود دور شده است. اگر نور از شیشه وارد هوا می شد. این پرتو صحیح بود. پرتوی B در امتداد پرتوی فرودی است. پرتوی C پاسخ درستی است زیرا به سمت خط عمود کج شده است. پرتوی D نادرست است. توجه کنید که برای این پرتو، زاویه شکست $\theta_r = 0^\circ$ است	۳۸. شکل زیر پرتویی را نشان می دهد که از هوا وارد شیشه شده است. کدام گزینه های A تا D، می تواند پرتوی داخل شیشه را نشان دهد؟ 	۶۹
مطابق شکل مقابل خواهیم داشت (البته در این شکل فاصله بین جبهه های موج در دو محیط به یک مقیاس نیست، ولی در هر حال $\lambda_{\text{شیشه}} > \lambda_{\text{آب}}$ است). 	۳۹. ضریب شکست آب $1/3$ و ضریب شکست شیشه $1/5$ است. اگر نوری به طور مایل از آب به مرز شیشه با آب بتابد، با رسم نموداری، جبهه های موج را در دو محیط نشان دهید.	۷۰
الف) ادامه موج EF، پرتوی شکسته شده در محیط R است که باید موازی با D باشد. به عبارتی، پرتوهای شکسته باید موازی هم باشند. ب و پ) با عبور موج از محیطی به محیط دیگر، بسامد موج تغییر نمی کند. بنابراین نسبت v/λ ثابت می ماند و داریم $\frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2} \rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ از روی شکل مقابل در می یابیم که $\lambda_2 > \lambda_1$ و بنابراین $v_2 < v_1$ است. به عبارتی با دانستن فاصله بین جبهه های موج در دو محیط می توان درباره نسبت تندی موج در دو محیط اظهار نظر کرد. مثلاً برای شکل مقابل در این مسئله، نسبت λ_1 به λ_2 تقریباً $1/6$ می شود که همان نسبت v_1 به v_2 نیز هست. 	۴۰. شکل زیر جبهه های موجی را نشان می دهد که بر مرز بین محیط I و محیط R فرود آمده اند. الف) ادامه جبهه موج EF را در محیط R رسم کنید. ب) توضیح دهید در کدام محیط تندی موج بیشتر است. پ) آیا با استفاده از این نمودار می توان نسبت تندی موج عبوری به موج فرودی را محاسبه کرد؟ 	۷۱

	(الف) برای موج شکسته، به جز بسامد سایر مشخصه ها با موج فرودی متفاوت است. چرا که تندی و طول موج تغییر می کنند و این دو به ضریب شکست بستگی دارند. در حالی که برای موج بازتابیده، بسامد، طول موج و تندی با موج فرودی برابر است. (ب) امتداد پرتوها بر اثر شکست تفاوت پیدا می کند. پرتوی شکسته شده باید به خط عمود نزدیک شود.		۱۴۱. در شکل زیر موج نوری فرودی از هوا وارد شیشه می شود. بخشی از موج در سطح جدایی دو محیط بازمی تابد و بخشی دیگر شکست می یابد و وارد شیشه می شود. (الف) مشخصه های موج بازتابیده و موج شکست یافته را با موج فرودی مقایسه کنید. (ب) جبهه های موج بازتابیده و شکست یافته را رسم کنید.	۷۲
	نمی کند و بنابراین برای موج بازتابیده شکلی مانند روبرو خواهیم داشت. برای جبهه های موج شکست یافته نیز نخست یک پرتوی شکست یافته را رسم می کنیم و سپس جبهه های موج مربوط به آن را نشان می دهیم. که فاصله جبهه های موج در شیشه، کوتاه تر است.		۱۴۲. طول موج نور قرمز لیزر هلیوم - نئون در هوا حدود ۶۳۳nm است، ولی در زجاجیه چشم ۴۷۴nm است. (الف) بسامد این نور چقدر است؟ (ب) ضریب شکست زجاجیه برای این نور چقدر است؟ (پ) تندی این نور در زجاجیه را محاسبه کنید.	۷۳
(الف) $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{633 \times 10^{-9} \text{ m}} = 4.74 \times 10^{14} \text{ Hz}$ (ب) $n = \frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{633 \times 10^{-9} \text{ m}}{474 \times 10^{-9} \text{ m}} = 1.34$ (پ) $V = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.34} = 2.25 \times 10^8 \text{ m/s}$				



۱۴۳. سکه ای را در گوشه فنجان خالی قرار دهید و طوری مقابل آن قرار گیرید که نتوانید سکه را ببینید. سپس بی آنکه سرتان را حرکت دهید به آرامی در فنجان آب بریزید، به طوری که آب ریختن شما موجب جابه جایی سکه نشود. با پرشدن فنجان، سکه را خواهید دید. با رسم پرتوها علت دیده شدن سکه را توضیح دهید.

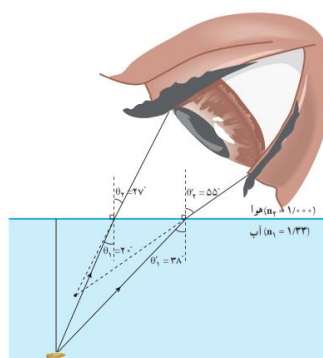
۷۴



اگر به طور قائم از بالا نگاه کنیم. پرتوی که از نقطه ای از سکه رسم نمائیم در زاویه کوچکی از خط عمود از سطح آب قرار می گیرد. به دلیل شکسته شدن پرتوها و ورود آنها از محیطی با ضریب شکست بیشتر به محیطی با ضریب شکست کمتر، پرتوها در محل خروج از سطح آب، از خط عمود دور می شوند و این طور به نظر می رسد که امتداد آنها در نقطه ای بالاتر از کف فنجان همدیگر را قطع می کنند (که با رسم خط چین هایی نشان داده شده است. همین باعث می شود عمق فنجان را کمتر ببینیم.

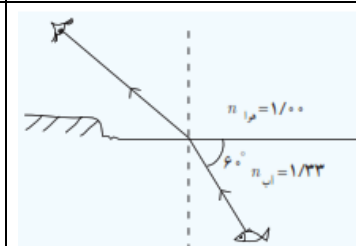
اگر کسی به طور مایل نگاه

کند، افزون بر جابه جایی قائم، یک جابه جایی افقی نیز وجود دارد و همان طور که در شکل زیر برای داده هایی خاص نشان داده شده است. تصویر در هر دو امتداد قائم و افقی به ناظر نزدیک می شود. البته محل این تصویر یکتا نیست و هر چه پرتوهای که به چشم ناظر می رسند افقی تر گردند، تصویر به ناظر نزدیک تر می گردد بیشترین آن برای پرتوهای است که نزدیک به زاویه حد به سطح جدایی می تابند.



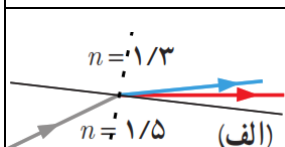
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \rightarrow \sin \theta_2 = \frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2} = \frac{(1/33) \sin 3^\circ}{1} = 0.665$$

$$\rightarrow \theta_2 = 41.7^\circ$$

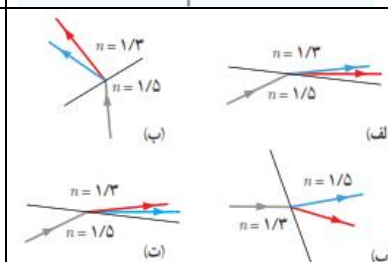


۱۴۴. مطابق شکل، پرتو نوری که از ماهی به چشمان شخص می رسد تحت زاویه 6° به مرز آب - هوا برخورد کرده است. زاویه شکست این پرتو در هوا چقدر است؟

۷۵

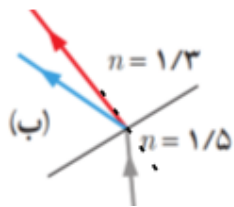
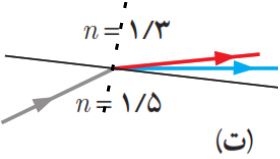
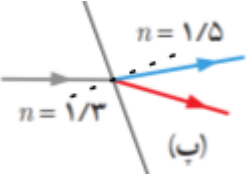


شکل (الف) پرتو شکسته شده از خط عمود دور شده است. و پرتوی آبی می بایست بیشتر از پرتوی قرمز شکست پیدا می کرد.



۱۴۵. در شکل های زیر، پرتوی فرودی که شامل نورهای قرمز و آبی است در سطح مشترک دو ماده شکست پیدا کرده اند. کدام شکل، شکستی را نشان می دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟

۷۶

شکل (ب) پرتوی قرمز تقریباً در امتداد خط عمود و پرتوی آبی در سمت نادرست (چپ خط عمود) شکسته شده است.  شکل (ت) پرتو شکسته شده از خط عمود دور شده است. و پرتوی آبی بیشتر از پرتوی قرمز شکست پیدا کرده است. که گزینه ی درستی است.  شکل (پ) پرتوها در سمتی درست شکسته شده اند، ولی پرتوی آبی به خط عمود نزدیک شده اند. بنابراین کلیت این شکل نیز نادرست است. 		
با استفاده از یک منشور به سادگی می توانیم بین این دو نظر، یکی را انتخاب کنیم. اگر نور زرد، ترکیبی باشد در منشور تجزیه می شود و می توانیم نورهای قرمز و سبز را مشاهده کنیم.	۱۴۷. دو دانش آموز به نور زرد نگاه می کنند. یکی از آنها نور زرد را ترکیب دو نور قرمز و سبز و دیگری آن را از یک نوع رنگ می داند. به نظر شما با چه تجربه ای می توان بین این دو نظر، یکی را انتخاب کرد؟	۷۷

فصل چهارم

آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای

تمرین ۴-۱

نوری با طول موج 240 nm به سطحی از جنس فلز تنگستن می‌تابد و سبب گسیل فوتوالکترون‌ها از آن می‌شود.
(الف) بسامد نور فرودی را پیدا کنید.

(ب) اگر توان چشمه نور فرودی 50 W باشد، در هر دقیقه چه تعداد فوتون از این چشمه گسیل می‌شود؟
(پ) اگر توان و در نتیجه شدت چشمه نور فرودی به نصف کاهش پیدا کند، شمار فوتون‌های گسیل‌شده از چشمه در هر دقیقه چه تغییری می‌کند؟

(الف)

$$c = \lambda f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{240 \times 10^{-9} \text{ m}} = 1.25 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

(ب)

$$E = pt = (50 \text{ W})(6 \cdot s) = 300 \text{ J} \Rightarrow E = nhf \Rightarrow n = \frac{E}{hf} = \frac{300 \text{ J}}{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})(1.25 \times 10^{15} \text{ Hz})} = 3.62 \times 10^{23} \text{ Hz}$$

(پ) با توجه به اینکه تعداد فوتون‌ها با انرژی و انرژی با توان رابطه مستقیم دارد، با نصف شدن توان چشمه نور، تعداد فوتون‌های گسیل‌شده از چشمه نیز نصف می‌شود.

تمرین ۴-۲

طول موج های اولین و دومین خط های طیفی اتم هیدروژن در رشته پاشن ($n' = 3$) را به دست آورید و تعیین کنید که این خط ها در کدام گستره طول موج های الکترومغناطیسی واقع اند.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = (0.11 \text{ nm}^{-1}) \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} \right) \Rightarrow \lambda \approx 469 \text{ nm}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda} = (0.11 \text{ nm}^{-1}) \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{5^2} \right) \Rightarrow \lambda \approx 142 \text{ nm}$$

گستره طول موج های فروسرخ هستند.

تمرین ۳-۴

شکل مقابل تعدادی از ترازهای انرژی اتم هیدروژن را نشان می‌دهد.
 الف) کمترین طول موج فوتونی را پیدا کنید که با گذار بین این ترازها به دست می‌آید.
 ب) اگر الکترون از تراز انرژی $1/51 \text{ eV}$ به تراز پایه جهش کند طول موج فوتون گسیلی را پیدا کنید.
 پ) کدام گذار بین دو تراز می‌تواند به گسیل فوتونی با طول موج 600 nm منجر شود؟ توجه کنید که این طول موج‌ها در گستره مرئی است.

0 eV _____
 $-1/51 \text{ eV}$ _____
 $-3/40 \text{ eV}$ _____

(الف)

$$E_U - E_L = hf = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_\infty - E_1} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{0 - (-13/6 \text{ eV})} \approx 91,2 \text{ nm}$$

(ب)

$-13/6 \text{ eV}$ _____

$$E_U - E_L = hf = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_2 - E_1} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{(-1/5 \text{ eV}) - (-13/6 \text{ eV})} \approx 102,5 \text{ nm}$$

(پ)

$$E_U - E_L = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{600 \text{ nm}} \approx 2,06 \text{ eV}$$

پرسش ۴-۱

آیا معادله ۴-۶ برای فرایند جذب فوتون نیز برقرار است؟ $E_U - E_L = hf$

بله، الکترون‌ها می‌توانند در جهت عکس گذار کنند، یعنی در فرایندی که **جذب فوتون** خوانده می‌شود و از ترازهای انرژی پایین‌تر به ترازهای انرژی بالاتر بروند. در این حالت، اتم، فوتونی را که دقیقاً انرژی لازم برای گذار را دارد جذب می‌کند. این انرژی دقیقاً از رابطه ۴-۶ بدست می‌آید.



تمرین ۴-۴

با توجه به آنچه تاکنون دیدید و همچنین با استفاده از جدول تناوبی عناصر، که در پیوست کتاب آمده است، نماد هسته را در هر یک از موارد زیر تعیین کنید.
(الف) ایزوتوپ فلونور (F) با عدد نوترونی ۱۰
(ب) ایزوتوپ قلع (Sn) با عدد نوترونی ۶۶

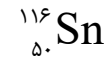
(الف)

$$A = N + Z = 10 + 9 = 19$$



(ب)

$$A = N + Z = 66 + 50 = 116$$

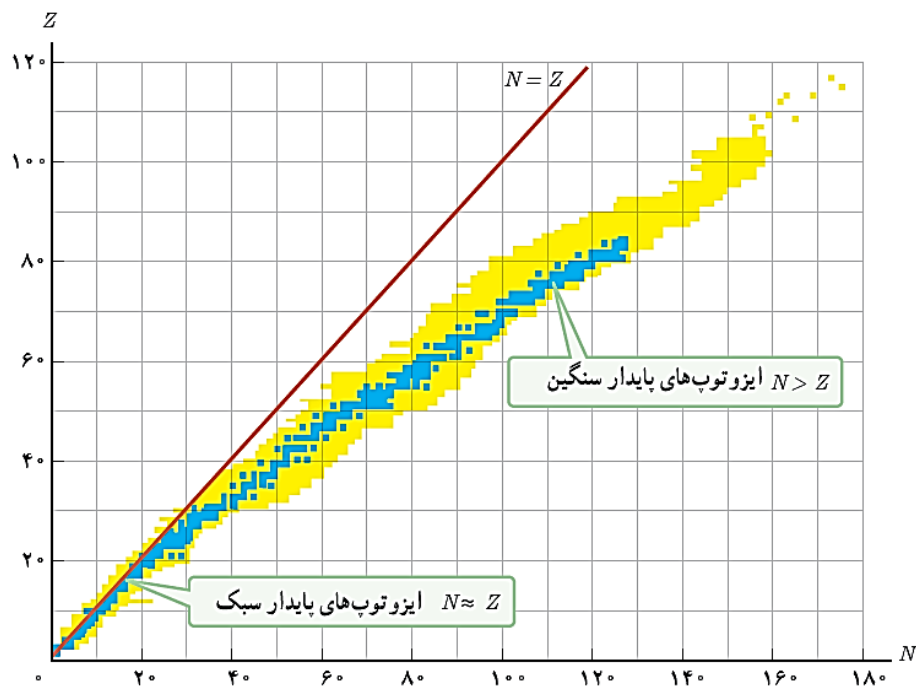


پرسش ۲-۴

هر نقطه آبی رنگ در نمودار شکل ۲-۴ نشان‌دهنده یک هسته پایدار است. با توجه به این نمودار به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف) نسبت تعداد نوترون به تعداد پروتون (N/Z) برای هسته‌های پایدار مختلف ثابت است یا متفاوت؟ توضیح دهید.

ب) ایزوتوپ‌های مختلف یک عنصر را چگونه می‌توان با استفاده از این نمودار تشخیص داد؟

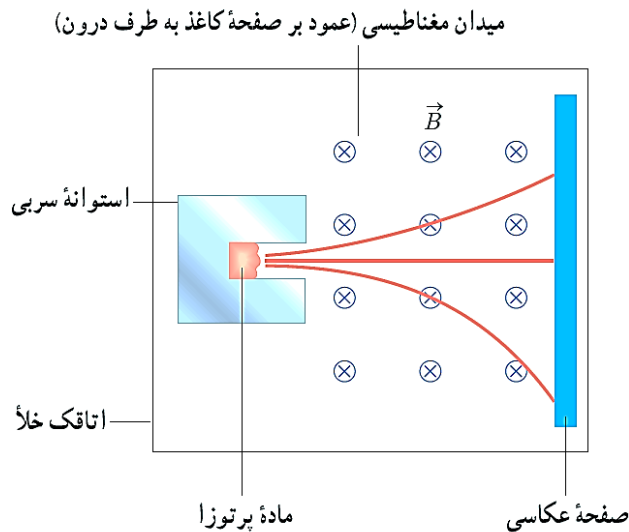


الف) متفاوت است، زیرا هر عنصر می‌تواند ایزوتوپ‌های مختلفی داشته باشد.

ب) عناصری که تعداد پروتون (Z) یکسان و تعداد نوترون (N) متفاوت داشته باشند، نشان‌دهنده ایزوتوپ هستند.

پرسش ۳-۴

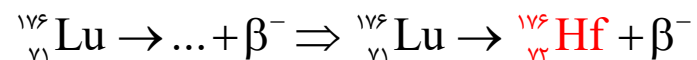
شکل روبه‌رو طرح آزمایش ساده‌ای را نشان می‌دهد که به کمک آن می‌توان سه نوع پرتوزایی طبیعی را مشاهده کرد و به تفاوت بار و جرم پرتوها از یکدیگر پی‌برد. قطعه‌ای از ماده پرتوزا را در ته حفره باریکی در یک استوانه سربی قرار می‌دهند. استوانه را درون اتاقکی می‌گذارند و هوای درون آن را تخلیه می‌کنند. سپس یک صفحه عکاسی مقابل حفره قرار می‌دهند و میدان مغناطیسی یکنواختی درون اتاقک برقرار می‌کنند. خطوط قرمز رنگ، مسیر حرکت پرتوها را نشان می‌دهد. نوع بار پرتوها را با هم مقایسه کنید.



با توجه به قاعده دست راست که در فیزیک ۲ آموخته‌اید، پرتویی که بدون انحراف به مسیر خود ادامه داده است، بدون بار و خنثی است، پرتویی که به سمت بالا منحرف شده است، دارای بار مثبت و پرتویی که به سمت پایی منحرف شده است، دارای بار منفی است.

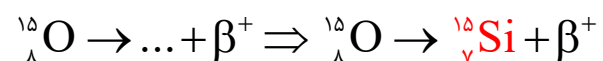
تمرین ۴-۵

لوتتیم (${}^{176}_{71}\text{Lu}$) عنصر پرتوزایی است که با گسیل بتای منفی، واپاشی می‌کند. معادله این واکنش را بنویسید و با استفاده از جدول تناوبی عنصرها که در پیوست آمده است، عنصر جدیدی را که تولید می‌شود تعیین کنید.



تمرین ۴-۶

ایزوتوپ $({}^{15}_8\text{O})$ با گسیل پوزیترون، واپاشی می‌کند. معادله این واکنش را بنویسید و با استفاده از جدول تناوبی عنصرها که در پیوست آمده است، عنصر جدیدی را که تولید می‌شود تعیین کنید.



تمرین ۴-۷

پس از گذشت ۹ روز، تعداد هسته‌های پرتوزای یک نمونه، به $\frac{1}{8}$ تعداد موجود در آغاز کاهش یافته است. نیمه عمر (برحسب روز) ماده چقدر است؟

$$\frac{1}{2^n} = \frac{1}{8} = \frac{1}{2^3} \Rightarrow n = 3$$

$$n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} \Rightarrow 3 = \frac{9}{T_{\frac{1}{2}}} \Rightarrow T_{\frac{1}{2}} = \frac{9}{3} = 3 \text{ day}$$

مسئله فصل

۱- یک لامپ حاوی گاز کم فشار سدیم، فوتون‌هایی با طول موج 589 nm گسیل می‌کند.
 الف) بسامد و انرژی فوتون‌های گسیلی را حساب کنید. انرژی را بر حسب ژول و همچنین الکترون ولت بیان کنید.
 ب) فرض کنید توان تابشی مفید لامپ 50 W است. در هر دقیقه چند فوتون از این لامپ گسیل می‌شود؟

الف)

$$c = \lambda f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{589 \times 10^{-9} \text{ m}} \approx 5.1 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$E = hf = (6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})(5.1 \times 10^{14} \text{ Hz}) \approx 3.4 \times 10^{-19} \text{ J}$$

ب)

$$E = 3.4 \times 10^{-19} \text{ J} \times \frac{1 \text{ eV}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ J}} = 1.125 \text{ eV}$$

$$E = pt = (50 \text{ W})(60 \text{ s}) = 3000 \text{ J} \Rightarrow E = nhf \Rightarrow n = \frac{E}{hf} = \frac{3000 \text{ J}}{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})(5.1 \times 10^{14} \text{ Hz})} = 8.82 \times 10^{19}$$

مسئله فصل

۲- توان باریکه نور خروجی یک لیزر گازی هلیوم نئون 5 mW است. اگر توان ورودی این لیزر 50 W باشد،
(الف) بازده لیزر را حساب کنید.
(ب) اگر طول موج باریکه نور خروجی 633 nm باشد، شمار فوتون‌هایی را پیدا کنید که در هر ثانیه از این لیزر گسیل می‌شود.

(الف)

$$Ra = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100 = \frac{5 \times 10^{-3}}{50} \times 100 = 0.01\%$$

(ب)

$$E = pt = (5 \times 10^{-3} \text{ W})(1 \text{ s}) = 5 \times 10^{-3} \text{ J} \Rightarrow E = nh \frac{c}{\lambda} \Rightarrow n = \frac{E\lambda}{hc} = \frac{(5 \times 10^{-3} \text{ J})(633 \times 10^{-9} \text{ m})}{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})(3 \times 10^8 \text{ m/s})} \approx 1.59 \times 10^{14}$$

مسئله فصل

۳- یک لامپ رشته‌ای با توان W ۱۰۰ از فاصله یک کیلومتری دیده می‌شود. فرض کنید نور لامپ به طور یکنواخت در فضای اطراف آن منتشر می‌شود و بازده لامپ ۵ درصد است (یعنی W ۵ تابش مرئی گسیل می‌کند) و فقط ۱ درصد این تابش دارای طول‌موجی در حدود nm ۵۵۰ است. در هر ثانیه چه تعداد فوتون با این طول‌موج وارد مردمک‌های چشم ناظری می‌شود که در این فاصله قرار دارد؟ (قطر مردمک را mm ۲ در نظر بگیرید.)

ابتدا انرژی ناشی از یک درصد از W ۵ را محاسبه می‌کنیم:

$$p_{out} = 5 \times \frac{1}{100} = 0.05 W \quad E_{out} = pt = (0.05 W)(1s) = 0.05 J$$

حالا باید ببینیم با توجه به مساحت چشم چه مقدار از این انرژی به چشم انسان می‌رسد:

$$\frac{E_{out}}{A_t} = \frac{E_{eye}}{A_{eye}} \Rightarrow \frac{E_{out}}{4\pi r_t^2} = \frac{E_{eye}}{\pi r_e^2} \Rightarrow \frac{0.05 J}{4 \times (10^{-3} m)^2} = \frac{E_{eye}}{(1 \times 10^{-2} m)^2} \Rightarrow E_{eye} = \frac{5}{4} \times 10^{-12} J$$

$$E = pt = (5 \times 10^{-3} W)(1s) = 5 \times 10^{-3} J \Rightarrow E = nh \frac{c}{\lambda} \Rightarrow n = \frac{E\lambda}{hc} = \frac{(\frac{5}{4} \times 10^{-12} J)(550 \times 10^{-9} m)}{(6.63 \times 10^{-34} J.s)(3 \times 10^8 m/s)} = 3.456 \times 10^{12}$$

مسئله فصل

۴- شدت تابشی خورشید در خارج جو زمین حدود 1360 W/m^2 است؛ یعنی در هر ثانیه به سطحی برابر 1 m^2 مقدار انرژی 1360 J می‌رسد. وقتی این تابش به سطح زمین می‌رسد مقداری زیادی از شدت آن، به علت جذب در جو و ابرها از دست می‌رود. اگر شدت تابشی متوسط خورشید در سطح زمین به ازای هر مترمربع حدود 300 W/m^2 باشد، در هر ثانیه چند فوتون به هر مترمربع از سطح زمین می‌رسد؟ طول موج متوسط فوتون‌ها را 570 nm فرض کنید.

$$E = nh \frac{c}{\lambda} \Rightarrow n = \frac{E\lambda}{hc} = \frac{(300 \text{ J})(570 \times 10^{-9} \text{ m})}{(6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})(3 \times 10^8 \text{ m/s})} \approx 8.597 \times 10^{23}$$

مسئله فصل

۵- الف) منظور از اثر فوتوالکتریک چیست؟

ب) توضیح دهید نظریه کوانتومی تابش که توسط اینشتین مطرح شد و در آن نور به صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی در نظر گرفته شد چگونه به تبیین اثر فوتوالکتریک کمک کرد؟

الف) وقتی نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطحی فلزی بتابد الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شوند. این پدیده فیزیکی را، اثر فوتوالکتریک و الکترون‌های جدا شده از سطح فلز را فوتوالکترون می‌نامند.

ب) بنا بر نظر اینشتین، وقتی نوری تکفام بر سطح فلزی می‌تابد، هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون‌های فلز برهم‌کنش می‌کند. اگر فوتون انرژی کافی داشته باشد تا فرایند خارج کردن الکترون از فلز را انجام دهد، الکترون به طور آنی از آن گسیل می‌شود. در این صورت بخشی از انرژی فوتون صرف جدا کردن الکترون از فلز می‌شود و مابقی آن به انرژی جنبشی الکترون خارج شده تبدیل می‌شود. اگر بسامد نور تابیده شده بر سطح فلز از بسامدی موسوم به بسامد آستانه (که به جنس فلز بستگی دارد) کمتر باشد، فوتون‌ها، حداقل انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از فلز را ندارند و پدیده فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد. همچنین برای نوری که فوتون‌های آن دارای حداقل انرژی لازم برای وقوع پدیده فوتوالکتریک هستند، افزایش شدت نور (با ثابت ماندن بسامد) فقط سبب افزایش تعداد فوتون‌ها و در نتیجه افزایش تعداد فوتوالکترون‌ها می‌شود، در حالی که انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها بدون تغییر می‌ماند.

مسئله فصل

۶- توضیح دهید برای یک فلز معین، تغییر هر یک از کمیت‌های زیر چه تأثیری در نتیجه اثر فوتوالکتریک دارد.
(الف) افزایش یا کاهش بسامد نور فرودی نسبت به بسامد آستانه
(ب) افزایش شدت نور فرودی در بسامدهای کوچک‌تر از بسامد آستانه
(پ) کاهش شدت نور فرودی در بسامدهای بزرگ‌تر از بسامد آستانه

(الف) اگر بسامد نور فرودی از بسامد آستانه کوچک‌تر باشد، اثر فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد و اگر بسامد نور فرودی از بسامد آستانه بزرگ‌تر باشد، اثر فوتوالکتریک رخ می‌دهد.

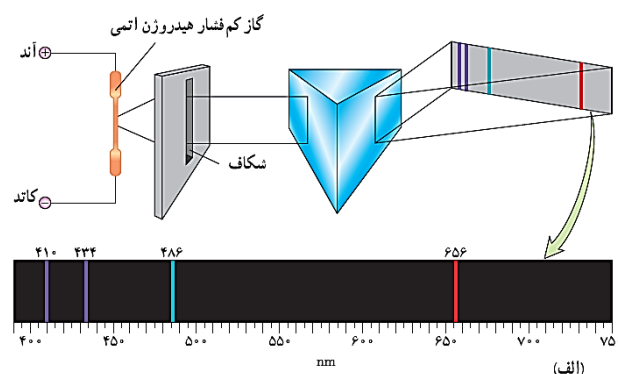
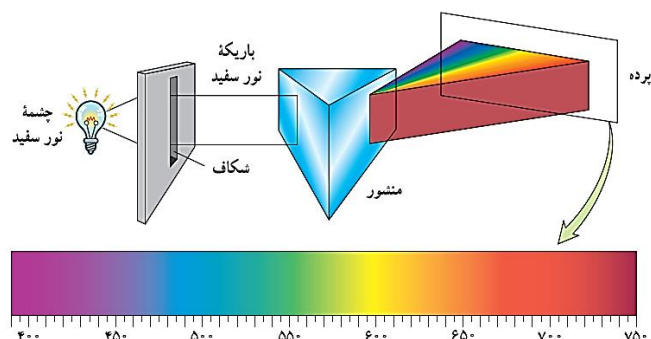
(ب) هیچ تأثیری ندارد.

(پ) فقط تعداد فوتوالکترن‌ها را بیشتر می‌کند و تأثیری در انرژی آن‌ها ندارد.

مسئله فصل

۷- الف) طیف گسیلی یک جسم در چه مواردی پیوسته و در چه مواردی گسسته یا خطی است؟ منشأ فیزیکی این تفاوت را توضیح دهید.

ب) توضیح دهید چگونه می‌توان طیف‌های گسیلی پیوسته و خطی را ایجاد کرد.



الف) برای یک جسم جامد، نظیر رشته داغ یک لامپ روشن، این امواج شامل گستره پیوسته‌ای از طول‌موج هاست. به همین دلیل طیف ایجاد شده در این شرایط را طیف گسیلی پیوسته یا به اختصار طیف پیوسته می‌نامند.

تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم کنش قوی بین اتم‌های سازنده آن است. حال آنکه گازهای کم فشار و رقیق که اتم‌های منفرد آنها از برهم کنش‌های قوی موجود در جسم جامد آزادند به جای طیف پیوسته، طیفی گسسته را گسیل می‌کنند که شامل طول‌موج‌های معینی است. این طیف گسسته را، معمولاً طیف گسیلی خطی یا به اختصار طیف خطی می‌نامند و طول‌موج‌های ایجاد شده در آن، برای اتم‌های هر گاز منحصر به فرد هستند و سرنخ‌های مهمی را درباره نوع و ساختار اتم‌های آن گاز به دست می‌دهند.

ب) برای تشکیل طیف گسیلی پیوسته نور را از یک منشور عبور می‌دهند. برای تشکیل طیف گسیلی خطی اتم‌های هر گاز نظیر هیدروژن، هلیوم، سدیم و نئون معمولاً از یک لامپ باریک و بلند شیشه‌ای که حاوی مقداری گاز رقیق و کم فشار است استفاده می‌شود.

مسئله فصل

۸- شکل زیر سه رشته طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی را روی نمودار تراز انرژی نشان می‌دهد که بر اساس مدل اتمی بور رسم شده است.

(الف) منظور از $n = 1$ و انرژی -13.6 eV چیست؟

(ب) بر اساس مدل اتمی بور دلیل خطی بودن طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی را توضیح دهید.

(پ) اختلاف کوتاه‌ترین و بلندترین طول‌موج در هر رشته را، گستره طول‌موج‌های آن رشته می‌نامند. گستره طول‌موج‌های رشته لیمان ($n' = 1$) را پیدا کنید.

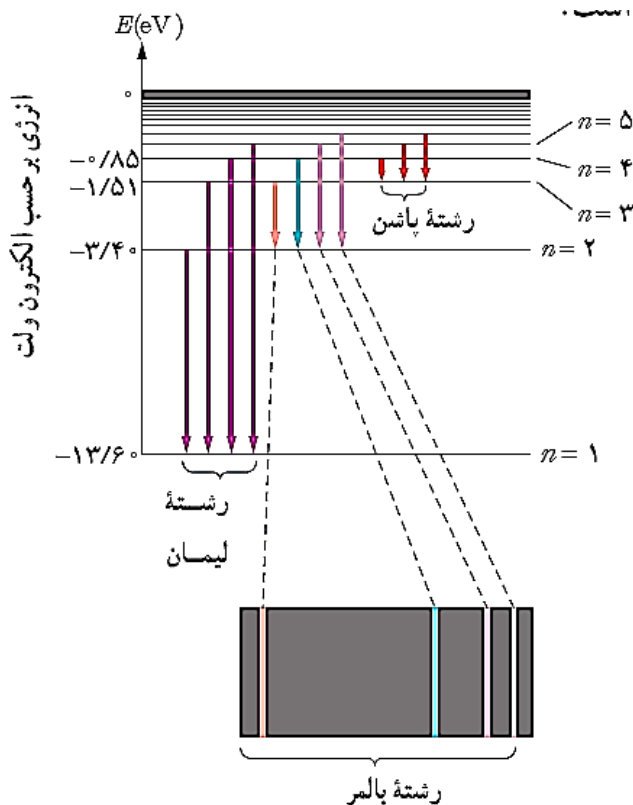
(الف) منظور از $n = 1$ تراز حالت پایه و منظور از -13.6 eV انرژی اتم حالت پایه است.

(ب) دلیل خطی بودن طیف گسیلی گاز هیدروژن، گسسته بودن ترازهای انرژی این اتم است.

(پ)

$$E_U - E_L = hf = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{hc}{E_{\infty} - E_1} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{0 - (-13.6 \text{ eV})} \approx 91.2 \text{ nm}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{hc}{E_2 - E_1} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{(-3.4 \text{ eV}) - (-13.6 \text{ eV})} \approx 121.5 \text{ nm}$$



مسئله فصل

۹- الف) فرایند جذب فوتون توسط اتم را توضیح دهید.

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

الف) الکترون‌ها می‌توانند در جهت عکس‌گذار کنند، یعنی در فرایندی که جذب فوتون خوانده می‌شود از ترازهای انرژی پایین‌تر به ترازهای انرژی بالاتر بروند

ب) در این حالت، فوتونی را که دقیقاً انرژی لازم برای گذار را دارد جذب می‌کند. به این ترتیب اگر فوتون‌هایی با گستره پیوسته‌ای از طول‌موج‌ها از گاز بگذرند و سپس طیف آنها تشکیل شود، یک دسته خط‌های جذبی تاریک در طیف پیوسته مشاهده خواهند شد. خط‌های تاریک، طول‌موج‌هایی را مشخص می‌کنند که با فرایند جذب فوتون برداشته شده‌اند.

پ) زیرا هنگامیکه نور فرابنفش به مواد می‌تابد، باعث گذار الکترون‌ها می‌شود و فوتون‌هایی را گسیل می‌کند. از آنجاکه انرژی فوتون‌های گسیلی با انرژی نور فرابنفش برابر و یا از آن کمتر است، طول‌موج‌های گسیل یافته معمولاً برابر همان طول‌موج نور فرودی یا بزرگتر از آن خواهد شد.

مسئله فصل

۱۰- مبنای مدل رادرفورد، نتایج آزمایش‌هایی بود که از پراکندگی ذره‌های آلفا توسط یک ورقه نازک طلا به دست آمده بود (شکل الف).

الف) توضیح دهید چرا بیشتر ذره‌های آلفا مانند ذره‌های ۱ و ۲ یا اصلاً منحرف نمی‌شوند یا به مقدار کمی منحرف می‌شوند.

ب) تنها تعداد بسیار کمی از ذره‌ها مانند ذره ۳ منحرف می‌شوند. این امر چه نکته‌ای را درباره ساختار اتم طلا نشان می‌دهد؟

پ) چرا رادرفورد در آزمایش خود از صفحه بسیار نازک طلا استفاده کرده بود؟

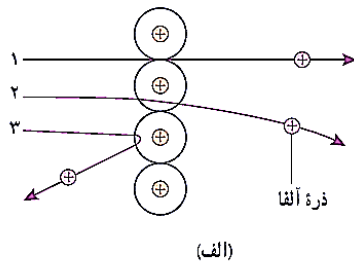
ت) شکل ب، به کدام مشکل مدل رادرفورد اشاره دارد؟ در مدل بور چگونه این مشکل رفع شده است؟

الف) زیرا بیشتر فضای اتم خالی است.

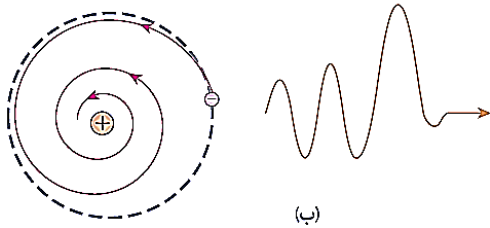
ب) اینکه هسته اتم فضای بسیار کوچکی از اتم را تشکیل می‌دهد.

پ) زیرا می‌خواست از عبور پرتوی آلفا از درون اتم مطمئن شود.

ت) در مدل رادرفورد الکترون پس از گسیل پی‌درپی امواج الکترومغناطیسی روی هسته فروافتد اما بور فرض کرد که وقتی یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی‌شود. از این رو گفته می‌شود الکترون در مدار مانا یا حالت مانا قرار دارد.



(الف)



(ب)

مسئله فصل

۱۱- با استفاده از رابطه بور برای انرژی الکترون در اتم هیدروژن،
الف) اختلاف انرژی $\Delta E(n_U \rightarrow n_L) = E_U - E_L$ را حساب کنید.

ب) نشان دهید که:

$$\Delta E(4 \rightarrow 2) = \Delta E(4 \rightarrow 3) + \Delta E(3 \rightarrow 2)$$

$$\Delta E(4 \rightarrow 1) = \Delta E(4 \rightarrow 2) + \Delta E(2 \rightarrow 1)$$

الف)

$$\Delta E(n_U \rightarrow n_L) = E_U - E_L = \frac{-E_R}{n_U^2} - \frac{-E_R}{n_L^2} = -E_R \left(\frac{1}{n_U^2} - \frac{1}{n_L^2} \right)$$

ب)

$$\Delta E(4 \rightarrow 3) + \Delta E(3 \rightarrow 2) = (E_4 - E_3) + (E_3 - E_2) = E_4 - E_2 = \Delta E(4 \rightarrow 2)$$

$$\Delta E(4 \rightarrow 2) + \Delta E(2 \rightarrow 1) = (E_4 - E_2) + (E_2 - E_1) = E_4 - E_1 = \Delta E(4 \rightarrow 1)$$

مسئله فصل

۱۲- الکترون اتم هیدروژنی در تراز $n = 5$ قرار دارد.

الف) با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن، اگر این اتم به حالت پایه برود، امکان گسیل چند نوع فوتون با انرژی متفاوت وجود دارد؟

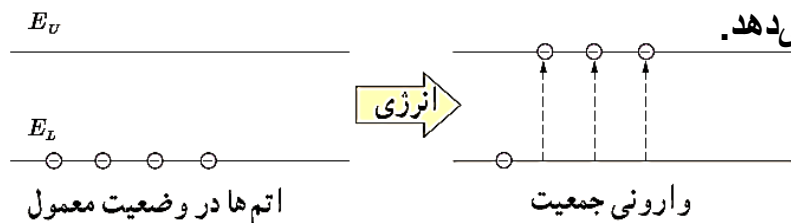
ب) فرض کنید فقط گذارهای $\Delta n = 1$ مجاز باشند، در این صورت امکان گسیل چند نوع فوتون با انرژی متفاوت وجود دارد؟

ب) ۴ فوتون بصورت زیر:

$$n = 5 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$$

$$n = 5 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 3 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 2 \rightarrow 1 \\ 1 \end{array} \right. \text{الف) ۱۵ فوتون} \\ 4 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 2 \rightarrow 1 \\ 1 \end{array} \right. \text{بصورت روبه‌رو:} \\ 3 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 2 \rightarrow 1 \\ 1 \end{array} \right. \\ 2 \rightarrow 1 \\ 1 \end{array} \right.$$

مسئله فصل



۱۳- شکل زیر فرایند ایجاد باریکه لیزر را به طور طرح وار در ۴ مرحله نشان می‌دهد.

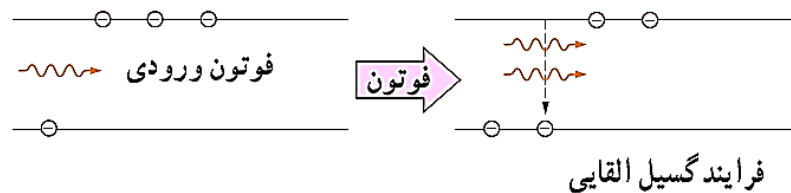
(الف) منظور از عبارت «اتم‌ها در وضعیت معمول» چیست؟

(ب) نقش انرژی داده شده چیست و معمولاً این انرژی چگونه تأمین می‌شود؟

(پ) منظور از «وارونی جمعیت» چیست؟

(ت) انرژی فوتون ورودی چقدر باید باشد تا فرایند گسیل القایی انجام شود؟

(ث) فوتون‌هایی که بر اثر فرایند گسیل القایی و جهش الکترون‌ها به تراز پایین‌تر ایجاد می‌شوند چه ویژگی‌های مشترکی دارند؟



(الف) منظور همان حالت پایدار اتم است.

(ب) در گسیل القایی یک چشمه انرژی خارجی مناسب باید وجود داشته باشد تا الکترون‌ها را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته کند. این انرژی می‌تواند به روش‌های متعددی از جمله درخش‌های شدید نور معمولی و یا تخلیه‌های ولتاژ بالا فراهم شود.

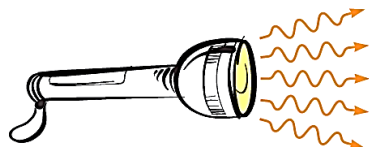
(پ) وارونی جمعیت الکترون‌ها در یک محیط لیزری، مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون‌ها در ترازهایی موسوم به ترازهای شبه پایدار نسبت به تراز پایین‌تر بسیار بیشتر باشند.

(ت) انرژی فوتون ورودی باید برابر با اختلاف انرژی دو تراز باشد.

(ث) این فوتون‌ها که باریکه لیزری را ایجاد می‌کنند هم‌بسامد، هم‌جهت و هم‌فاز هستند.

مسئله فصل

۱۴- در شکل زیر نحوه گسیل فوتون‌ها از سه چشمه نور شامل لامپ رشته‌ای، چراغ قوه با لامپ رشته‌ای و لیزر با یکدیگر مقایسه شده است.
(الف) با توجه به آنچه در این فصل فراگرفتید تفاوت فوتون‌های گسیل‌شده از هر چشمه را با یکدیگر بیان کنید.
(ب) چرا توصیه جدی می‌شود که هیچگاه به طور مستقیم به باریکه نور ایجادشده توسط لیزر نگاه نکنید؟



(الف) فوتون‌های گسیل‌شده از لامپ انرژی‌های متفاوتی دارند و در تمام جهات منتشر می‌شوند. فوتون‌های گسیل‌شده از چراغ قوه انرژی‌های متفاوتی دارند ولی تقریباً در یک جهت منتشر می‌شوند. فوتون‌های گسیل‌شده از باریکه لیزر هم بسامد، هم جهت و هم فاز هستند.

(ب) زیرا تعداد زیادی فوتون هم بسامد، هم جهت و هم فاز به چشم ما برخورد می‌کند و می‌تواند به چشم آسیب جدی وارد کند.

مسئله فصل

۱۵- مرتبه بزرگی تعداد نوترون‌هایی را که می‌توان تنگ هم در یک توپ تنیس به شعاع 3.2 cm جای داد، تخمین بزنید. در این صورت مرتبه بزرگی جرم این توپ چقدر است؟ (مرتبه بزرگی شعاع و جرم نوترون را به ترتیب 10^{-15} m و 10^{-27} kg در نظر بگیرید).

ابتدا حجم یک توپ تنیس به شعاع 3.2 cm را تخمین می‌زنیم:

$$V_B = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3.2 \times (3.2 \times 10^{-2} \text{ m})^3 \sim 10^{-4} \text{ m}^3$$

در ادامه حجم یک نوترون را تخمین می‌زنیم:

$$V_N = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3 \times (10^{-15} \text{ m})^3 \sim 10^{-45} \text{ m}^3$$

حالا تعداد نوترون‌ها را تخمین می‌زنیم:

$$n = \frac{V_B}{V_N} = \frac{10^{-4} \text{ m}^3}{10^{-45} \text{ m}^3} = 10^{41}$$

در نهایت جرم این توپ نوترونی را محاسبه می‌کنیم:

$$M = n \times m = 10^{41} \times 10^{-27} \text{ kg} = 10^{14} \text{ kg}$$

مسئله فصل

۱۶- برای $({}^{208}_{82}\text{Pb})$ مطلوب است:
الف) تعداد نوکلئون‌ها
ب) تعداد نوترون‌ها
پ) بار الکتریکی خالص هسته

$$\text{الف)} \quad A = 208$$

$$\text{ب)} \quad A = N + Z \Rightarrow N = A - Z = 208 - 82 = 126$$

$$\text{پ)} \quad q = ne = 82 \times (1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) = 1.312 \times 10^{-17} \text{ C}$$

مسئله فصل

۱۷- در هر یک از موارد زیر نماد X چه عنصری را نشان می‌دهد و در هسته هر یک چند نوترون وجود دارد؟ در صورت لزوم از جدول تناوبی استفاده کنید.

(الف) $^{195}_{78}X$

(ب) $^{32}_{16}X$

(پ) $^{61}_{29}X$

$$A = N + Z \Rightarrow N = A - Z = 195 - 78 = 117 \quad ^{195}_{78}\text{Pt}$$

$$N = A - Z = 32 - 16 = 16 \quad ^{32}_{16}\text{S}$$

$$N = A - Z = 61 - 29 = 32 \quad ^{61}_{29}\text{Cu}$$

مسئله فصل

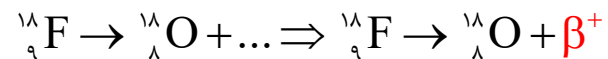
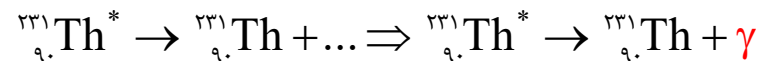
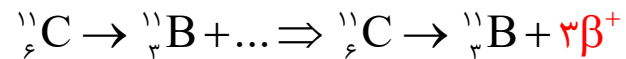
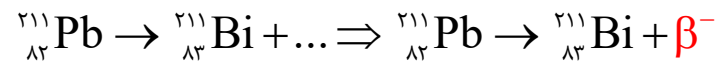
۱۸- آیا می‌توان ایزوتوپ $({}^{61}_{26}X)$ را با روش شیمیایی از ایزوتوپ $({}^{59}_{25}X)$ جدا کرد؟ از ایزوتوپ $({}^{61}_{26}Y)$ چطور؟ پاسخ خود را توضیح دهید.

خیر، زیرا ایزوتوپ‌های یک عنصر خواص شیمیایی یکسانی دارند.

بله، زیرا خواص شیمیایی متفاوت است.

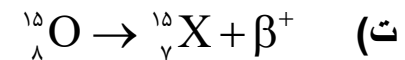
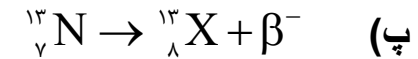
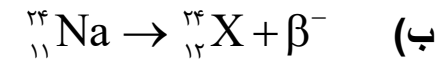
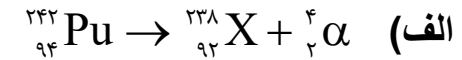
مسئله فصل

۱۹- جاهای خالی در فرایندهای واپاشی زیر نشان دهنده یک یا چند ذره α , β^+ , β^- است. در هر واکنش، جای خالی را کامل کنید.



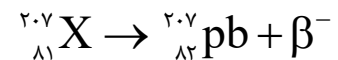
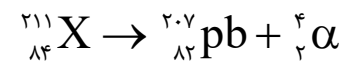
مسئله فصل

- ۲۰- هسته دختر به دست آمده از هر یک از واپاشی‌های زیر را به صورت A_ZX مشخص کنید.
- (الف) ${}^{242}_{94}\text{Pu}$ واپاشی α انجام دهد.
- (ب) ${}^{24}_{11}\text{Na}$ واپاشی β^- انجام دهد.
- (پ) ${}^{13}_7\text{N}$ واپاشی β^- انجام دهد.
- (ت) ${}^{15}_8\text{O}$ واپاشی β^+ انجام دهد.



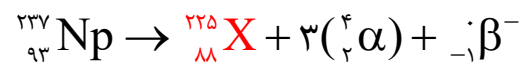
مسئله فصل

۲۱- سرب ${}^{207}_{82}\text{pb}$ هسته دختر پایداری است که می‌تواند از واپاشی α یا واپاشی β^- حاصل شود. فرایندهای مربوط به هر یک از این واپاشی‌ها را بنویسید. در هر مورد هسته مادر را به صورت ${}^A_Z\text{X}$ مشخص کنید.



مسئله فصل

۲۲- نپتونیم ${}^{237}_{93}\text{Np}$ ایزوتوپی است که در راکتورهای هسته‌ای تولید می‌شود. این ایزوتوپ ناپایدار است و واپاشی آن از طریق گسیل ذرات $\alpha, \alpha, \beta, \alpha$ صورت می‌گیرد. پس از وقوع تمام این واپاشی‌ها، عدد اتمی و عدد جرمی هسته نهایی چقدر است؟

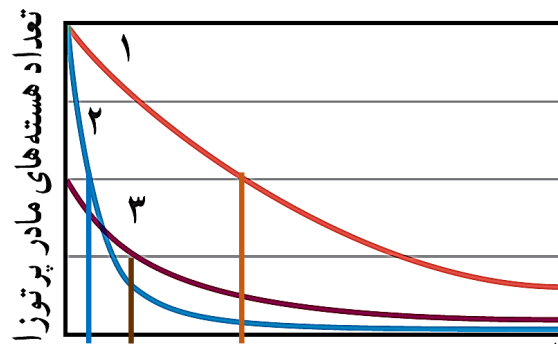


$$Z = 88$$

$$A = 225$$

مسئله فصل

۲۳- شکل زیر نمودار تغییرات تعداد هسته‌های مادر پرتوزای سه نمونه را بر حسب زمان نشان می‌دهد. نیمه عمر این سه نمونه را با هم مقایسه کنید.



نیمه عمر زمانی است که تعداد هسته‌های یک عنصر به نصف می‌رسد. با توجه به شکل متوجه می‌شویم که ترتیب نیمه عمرها بصورت زیر است:

$$(T_{\frac{1}{2}})_2 < (T_{\frac{1}{2}})_3 < (T_{\frac{1}{2}})_1$$

مسئله فصل

۲۴- هنگامی که نیتروژن جو زمین توسط پرتوهای کیهانی (که معمولاً از جنس پروتون، ذره‌های α و الکترون هستند) بمباران می‌شود، ایزوتوپ پرتوزای کربن ۱۴ با آهنگ ثابتی در لایه‌های فوقانی جو تولید می‌شود. این کربن پرتوزا، با کربن ۱۲ که به طور طبیعی در جو وجود دارد درهم می‌آمیزد. بررسی‌ها نشان داده است که به ازای هر ۱۰۰۰۰ میلیارد اتم پایدار کربن ۱۲، تقریباً یک اتم پرتوزای کربن ۱۴ از این طریق وارد جو می‌شود. اتم‌های کربن جو از طریق فعالیت‌های بیولوژیکی از قبیل فتوسنتز و تنفس، به نحو کاتوره‌ای مکان خود را عوض می‌کنند و به بدن جانداران منتقل می‌شوند. به طوری که اتم‌های کربن هر موجود زنده شامل کسر کوچک و ثابتی از ایزوتوپ پرتوزای کربن ۱۴ است. وقتی موجود زنده‌ای می‌میرد، مقدار کربن پرتوزای به تله افتاده در موجود غیر زنده، با نیمه عمر ۵۷۳۰ سال رو به کاهش می‌گذارد. کربن ۱۴ موجود در یک نمونه زغال قدیمی، ۱/۵۶ درصد (معادل ۶۴/۱) مقدار عادی کربن ۱۴ موجود در زغالی است که تازه تولید شده است. سن تقریبی این زغال قدیمی چقدر است؟

$$\frac{1}{2^n} = \frac{1}{64} = \frac{1}{2^6} \Rightarrow n = 6$$

$$n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} \Rightarrow 6 = \frac{t}{5730 \text{ yr}} \Rightarrow t = 34380 \text{ yr}$$

مسئله فصل

۲۵- نیمه عمر بیسموت ۲۱۲ حدود ۶۰ دقیقه است. پس از گذشت چهار ساعت، چه کسری از ماده اولیه، در نمونه‌ای از این بیسموت، باقی می‌ماند؟

$$n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{240 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 4$$

$$\frac{1}{2^n} = \frac{1}{2^4} = \frac{1}{16}$$

