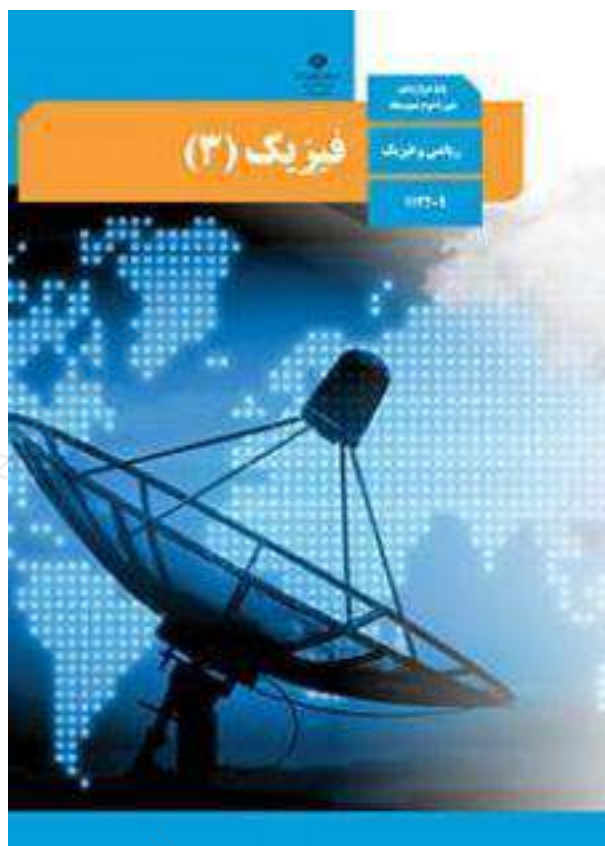


راهنمای حل فصل ۱ فیزیک دوازدهم

رشته ریاضی و فیزیک

منطبق بر کتاب درسی



<https://t.me/Schoolphysics>

گروه فیزیک استان گیلان

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

۲۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۵	۲۷	۱۷
۳۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۶	۲۷	۱۸
۳۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۷	۲۷	۱۸
	۳-۱ حرکت با شتاب ثابت		
۳۲	تمرین ۱-۸	۱۶	۱۹
۳۳	فعالیت ۱-۲	۱۶	۱۹
۳۴	تمرین ۱-۹	۱۸	۲۰
۳۵	پرسش ۱-۷	۲۱	۲۰
۳۶	تمرین ۱-۱۰	۲۱	۲۱
۳۷	تمرین ۱-۱۱	۲۱	۲۱-۲۲
۳۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۸	۲۷	۲۲
۳۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۹	۲۸	۲۳
۴۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۰	۲۸	۲۴
۴۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۱	۲۸	۲۴
۴۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۲	۲۸	۲۵
	۴-۱ حرکت سقوط آزاد		
۴۳	تمرین ۱-۱۲	۲۴	۲۶
۴۴	تمرین ۱-۱۳	۲۴	۲۶
۴۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۳	۲۸	۲۶
۴۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۴	۲۸	۲۷
۴۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۵	۲۸	۲۷

پوشش ۱-۱

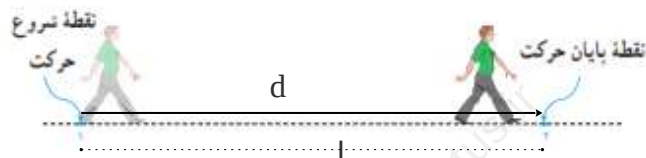
۱- شکل الف شخصی را در حال پیاده‌روی در راستای خط راست و بدون تغییر جهت، از مکان ۱ به مکان ۲ نشان می‌دهد. مسیر حرکت و بردار جابه‌جایی شخص را روی شکل مشخص و اندازه بردار جابه‌جایی را با مسافت مقایسه کنید.

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 پیاده شده مقایسه کنید.

۳- شکل ب مسیر حرکت ماه به دور زمین را نشان می‌دهد. وقتی ماه در جهت نشان داده شده در شکل، از مکان ۱ به مکان ۲ می‌رود مسیر حرکت و بردار جابه‌جایی آن را روی شکل مشخص و اندازه بردار جابه‌جایی آن را با مسافت پیموده شده مقایسه کنید.



مسافت و جابجایی باعث عدم تغییر جهت برابر است



مسافت و جابجایی باعث تغییر جهت برابریست. و اندازه

مسافت بیشتر از جابجایی است

$$|\vec{d}| < L$$



مسافت و جایجایی بعلت تغییر جهت برابر نیست. و اندازه مسافت بیشتر از

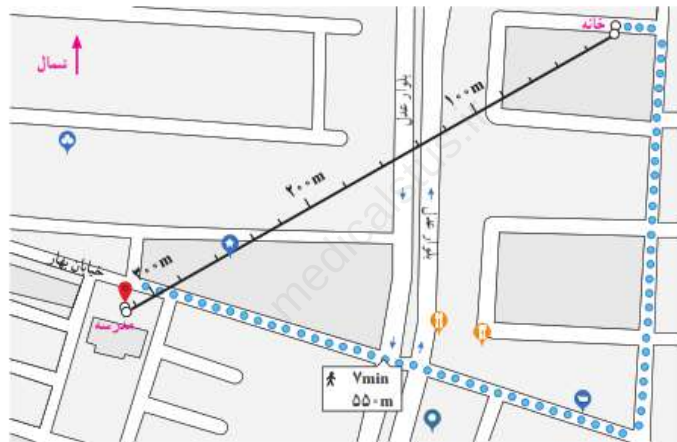
جایجایے است

$$|\vec{d}| < L$$



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

پاره خط جهت دار بردار جابجایی 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 نرم‌افزار نقشه‌یاب (مانند google map)، مکان خانه و مدرسه‌تان را مشخص کنید. سپس مسافت و اندازه بردار جابه‌جایی خانه تا مدرسه را تعیین کنید.	۲
با توجه به دو رابطه $s_{av} = \frac{L}{\Delta t}$ و $\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t}$ سرعت متوسط و میانگین سرعت، زمانی 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 تندی متوسط آن برابر است؟ برای پاسخ خود می‌توانید به شکل‌های پرسش ۱-۱ نیز توجه کنید.	۳

مکان آغازین	مکان پایانی	بردار جابه جایی	سرعت متوسط	جهت حرکت
$-۲\text{ m}\vec{i}$	$۶ / ۴\text{ m}\vec{i}$	$۸ / ۴\text{ m}\vec{i}$	$۲ / ۱\text{ m} / \text{s}\vec{i}$	متحرک A محور X
$۳ / ۱\text{ m}\vec{i}$	$-۲ / ۵\text{ m}\vec{i}$	$-۵ / ۶\text{ m}\vec{i}$	$-۱ / ۴\text{ m} / \text{s}\vec{i}$	متحرک B خلاف محور X
$۲\text{ m}\vec{i}$	$۸ / ۶\text{ m}\vec{i}$	$۶ / ۶\text{ m}\vec{i}$	$۱ / ۶\text{ m} / \text{s}\vec{i}$	متحرک C محور X
$-۱ / ۴\text{ m}\vec{i}$	$۸ / ۲\text{ m}\vec{i}$	$۹ / ۶\text{ m}\vec{i}$	$۳ / ۴\text{ m} / \text{s}\vec{i}$	متحرک D محور X

$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_f - \vec{d}_i = ۶ / ۴\text{ m}\vec{i} - (-۲\text{ m}\vec{i}) = ۸ / ۴\text{ m}\vec{i} \quad \text{متحرک A}$$

$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} = \frac{۸ / ۴\text{ m}\vec{i}}{۴\text{ s}} = ۲ / ۱ \frac{\text{m}}{\text{s}}\vec{i}$$

$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_f - \vec{d}_i \rightarrow -۵ / ۶\text{ m}\vec{i} = -۲ / ۵\text{ m}\vec{i} - \vec{d}_i$$

$$\rightarrow \vec{d}_i = ۳ / ۱\text{ m}\vec{i} \quad \text{متحرک B}$$

$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} = \frac{-۵ / ۶\text{ m}\vec{i}}{۴\text{ s}} = -۱ / ۴ \frac{\text{m}}{\text{s}}\vec{i}$$

$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_f - \vec{d}_i = ۸ / ۶\text{ m}\vec{i} - (۲\text{ m}\vec{i}) = ۶ / ۶\text{ m}\vec{i} \quad \text{متحرک C}$$

$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} = \frac{۶ / ۶\text{ m}\vec{i}}{۴\text{ s}} = ۱ / ۶ \frac{\text{m}}{\text{s}}\vec{i}$$

$$\vec{v}_{av} = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} \rightarrow ۳ / ۴\text{ m} / \text{s}\vec{i} = \frac{\Delta \vec{d}}{۴\text{ s}} \rightarrow \Delta \vec{d} = ۹ / ۶\text{ m}\vec{i} \quad \text{متحرک D}$$

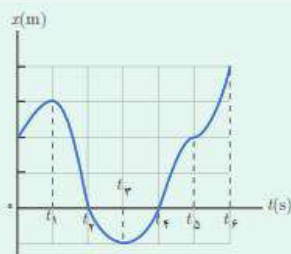
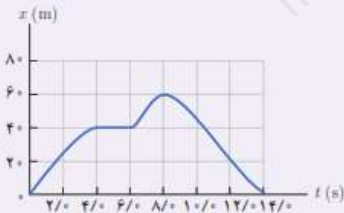
$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_f - \vec{d}_i \rightarrow ۹ / ۶\text{ m}\vec{i} = \vec{d}_f - (-۱ / ۴\text{ m}\vec{i}) =$$

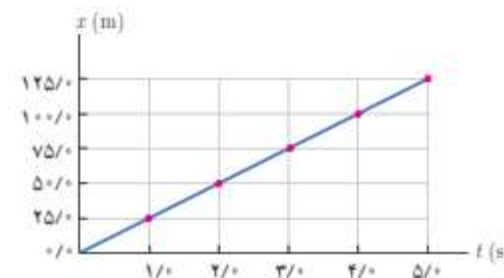
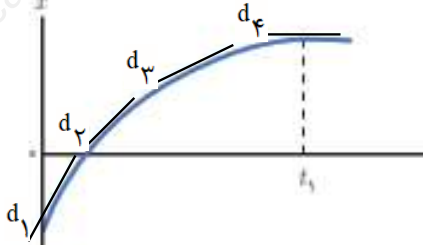
$$\rightarrow \vec{d}_f = ۸ / ۲\text{ m}\vec{i}$$

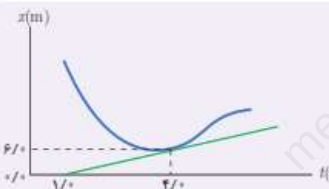
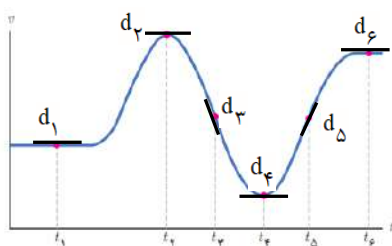
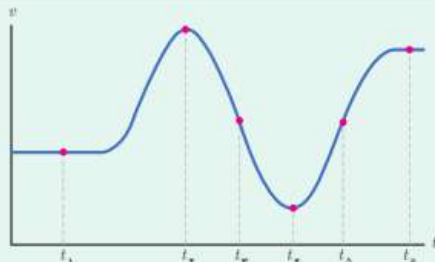
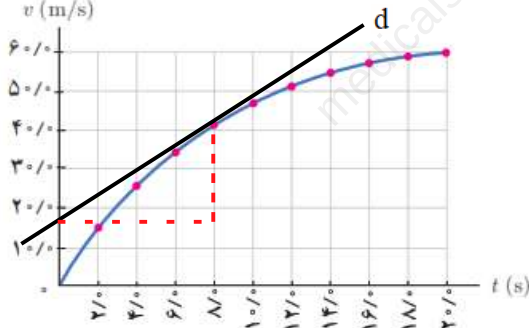
تمرین ۱-۱

جدول زیر را کامل کنید. فرض کنید هر چهار متحرک در مدت زمان $۴ / ۰\text{ s}$ فاصله بین مکان آغازین و مکان پایانی را طی می کنند

مکان آغازین	مکان پایانی	بردار جابه جایی	سرعت متوسط	جهت حرکت
$(-۲ / ۰\text{ m})\vec{i}$	$(۶ / ۴\text{ m})\vec{i}$			متحرک A
	$(-۲ / ۵\text{ m})\vec{i}$	$(-۵ / ۶\text{ m})\vec{i}$		متحرک B
$(۲ / ۰\text{ m})\vec{i}$	$(۸ / ۶\text{ m})\vec{i}$			متحرک C
$(-۱ / ۴\text{ m})\vec{i}$			$(۳ / ۴\text{ m} / \text{s})\vec{i}$	متحرک D

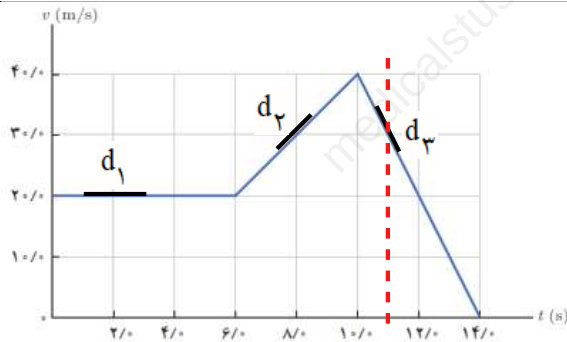
الف) در زمان های t_f و t_i ب) در بازه (صفر تا t_1) و (t_1 تا t_2) و (t_2 تا t_3) و (t_3 تا t_4) پ) در بازه (t_1 تا t_2) و (t_2 تا t_3) و (t_3 تا t_4) ت) دو بار - t_1 و t_2 ث) در جهت محور X	پرسش ۱-۳ با توجه به نمودار مکان - زمان شکل رویه رو به پرسش های زیر پاسخ دهید: الف) متحرک چند بار از مبدأ مکان عبور 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؟ 												
الف) در لحظه ۸ S ب) در بازه صفر تا ۴S و ۴S تا ۸S پ) در بازه ۸S تا ۱۴S ت) ۴S تا ۶S ث) <table border="1" data-bbox="105 665 840 1055"> <thead> <tr> <th>بازه زمانی $\Delta t = t_f - t_i$</th> <th>تندی متوسط $S_{av} = \frac{I}{\Delta t}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\Delta t_1 = 2s - 0s$</td> <td>$S_{av} = \frac{20m}{2s} = 10 \frac{m}{s}$</td> </tr> <tr> <td>$\Delta t_2 = 6s - 4s$</td> <td>$S_{av} = \frac{0}{2} = 0 \frac{m}{s}$</td> </tr> <tr> <td>$\Delta t_3 = 5s - 2s$</td> <td>$S_{av} = \frac{20m}{3s} = 6 \frac{m}{s}$</td> </tr> <tr> <td>$\Delta t_4 = 14s - 8s$</td> <td>$S_{av} = \frac{60m}{6s} = 10 \frac{m}{s}$</td> </tr> <tr> <td>$\Delta t_5 = 14s - 0s$</td> <td>$S_{av} = \frac{120m}{14s} = 8 \frac{m}{s}$</td> </tr> </tbody> </table>	بازه زمانی $\Delta t = t_f - t_i$	تندی متوسط $S_{av} = \frac{I}{\Delta t}$	$\Delta t_1 = 2s - 0s$	$S_{av} = \frac{20m}{2s} = 10 \frac{m}{s}$	$\Delta t_2 = 6s - 4s$	$S_{av} = \frac{0}{2} = 0 \frac{m}{s}$	$\Delta t_3 = 5s - 2s$	$S_{av} = \frac{20m}{3s} = 6 \frac{m}{s}$	$\Delta t_4 = 14s - 8s$	$S_{av} = \frac{60m}{6s} = 10 \frac{m}{s}$	$\Delta t_5 = 14s - 0s$	$S_{av} = \frac{120m}{14s} = 8 \frac{m}{s}$	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 $0s$ تا $2s$، $2s$ تا $4s$، $4s$ تا $6s$، $6s$ تا $8s$، $8s$ تا $10s$، $10s$ تا $12s$، $12s$ تا $14s$، $14s$ تا $16s$ حساب کنید. 
بازه زمانی $\Delta t = t_f - t_i$	تندی متوسط $S_{av} = \frac{I}{\Delta t}$												
$\Delta t_1 = 2s - 0s$	$S_{av} = \frac{20m}{2s} = 10 \frac{m}{s}$												
$\Delta t_2 = 6s - 4s$	$S_{av} = \frac{0}{2} = 0 \frac{m}{s}$												
$\Delta t_3 = 5s - 2s$	$S_{av} = \frac{20m}{3s} = 6 \frac{m}{s}$												
$\Delta t_4 = 14s - 8s$	$S_{av} = \frac{60m}{6s} = 10 \frac{m}{s}$												
$\Delta t_5 = 14s - 0s$	$S_{av} = \frac{120m}{14s} = 8 \frac{m}{s}$												

بازه زمانی $\Delta t = t_f - t_i$ $\Delta t_1 = 2s - 0s$ $\Delta t_2 = 6s - 4s$ $\Delta t_3 = 5s - 2s$ $\Delta t_4 = 14s - 8s$ $\Delta t_5 = 14s - 0s$	سرعت متوسط $V_{av} = \frac{d}{\Delta t}$ $V_{av} = \frac{20m}{2s} = 10 \frac{m}{s}$ $V_{av} = \frac{40-40}{2} = 0 \frac{m}{s}$ $V_{av} = \frac{20m}{3s} = 6 \frac{m}{s}$ $V_{av} = \frac{-60m}{6s} = -10 \frac{m}{s}$ $V_{av} = \frac{0m}{14s} = 0 \frac{m}{s}$	
	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 ۴- از روی نمودار مکان - زمان توضیح دهید در چه صورت سرعت لحظه ای متحرک همواره با سرعت متوسط آن برابر است.
 شیب خط $d_3 < d_4$ شیب خط $d_2 < d_3$	$V_1 > V_2 > V_3 > V_4$	پرسش ۵- شکل رویه 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؟

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.	
$V = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{6m - 0}{4s - 1s} = 2 \frac{m}{s}$ شیب خط مماس در لحظه $t = 4s$	تمرین ۳-۱ شکل روبه‌رو نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می‌دهد. خط مماس بر منحنی در لحظه $t = 4/s$ رسم شده است. سرعت متحرک را در این لحظه پیدا کنید. 
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 دوچرخه‌سواری را نشان می‌دهد که در امتداد محور x در حرکت است. جهت شتاب دوچرخه‌سوار را در هر یک از لحظه‌های t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 و ... تعیین کنید. 
(الف) $a_{av} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{60(m/s) - 0}{20s - 0} = 3 \frac{m}{s^2}$ 	تمرین ۴-۱ نمودار سرعت - زمان خودرویی که در راستای محور x حرکت می‌کند در بازه زمانی $t = 0/s$ تا $t = 20/s$ مطابق شکل روبه‌رو است. (الف) شتاب متوسط خودرو در این بازه زمانی چقدر است؟ (ب) شتاب خودرو را در لحظه $t = 8/s$ به دست آورید. 

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

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



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

(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.

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



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)

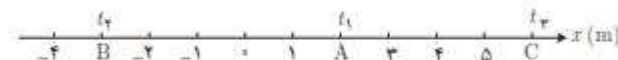
$$s_{av} = \frac{L}{\Delta t} = \frac{118 \text{ km}}{\frac{4}{3} \text{ h}} = 89 \frac{\text{km}}{\text{h}} \quad V_{av} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{60 \text{ km}}{\frac{4}{3} \text{ h}} = 45 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

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.

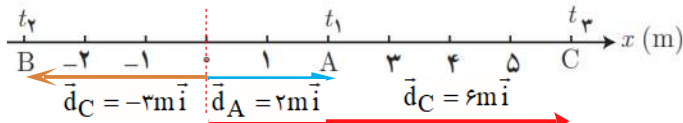
۱۴

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.



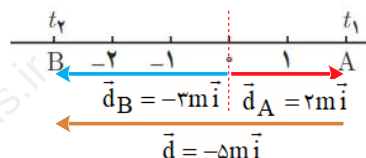
الف) بردارهای مکان متحرک را در هر یک از این لحظه ها روی محور x رسم کنید و بر حسب بردار یکه بنویسید.
ب) بردار جابه جایی متحرک را در هر یک از بازه های زمانی t_1 تا t_2 ، t_2 تا t_3 و t_1 تا t_3 به دست آورید.

الف)

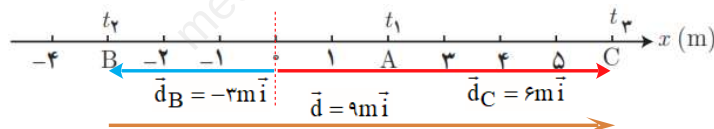


ب)

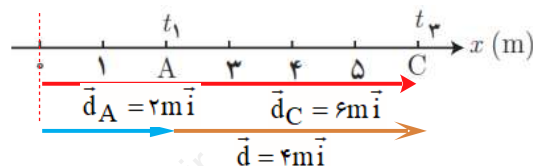
$$t_2 - t_1: \vec{d} = \vec{d}_B - \vec{d}_A = -3\text{m}\vec{i} - 1\text{m}\vec{i} = -4\text{m}\vec{i}$$



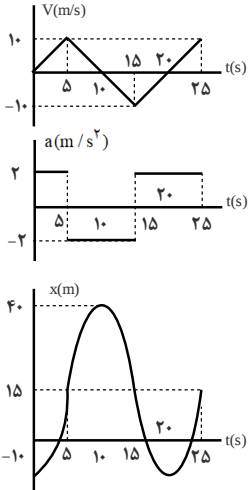
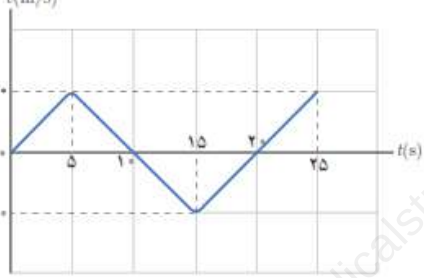
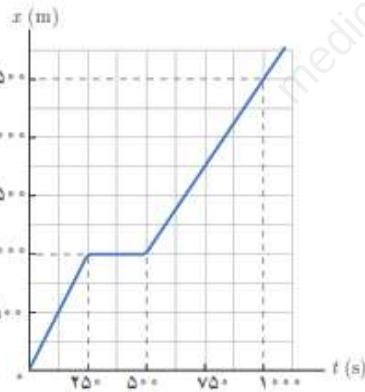
$$t_3 - t_2: \vec{d} = \vec{d}_C - \vec{d}_B = 5\text{m}\vec{i} - (-2\text{m})\vec{i} = 7\text{m}\vec{i}$$

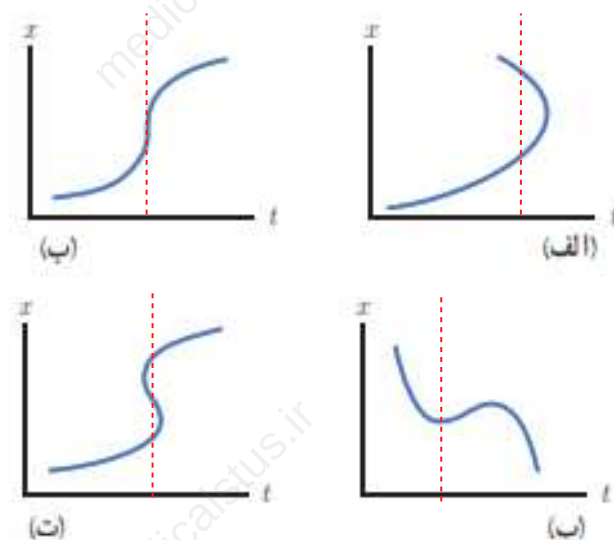
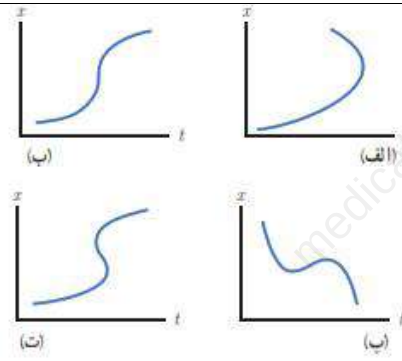
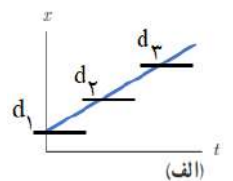
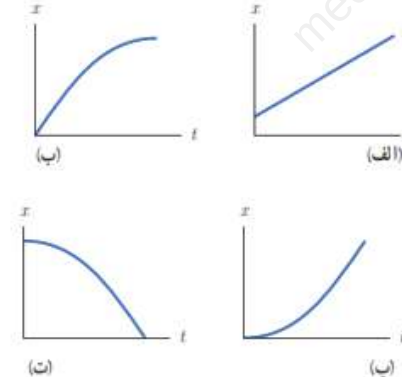


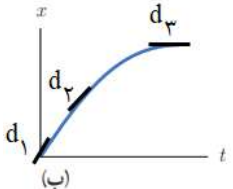
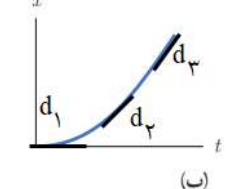
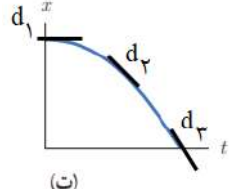
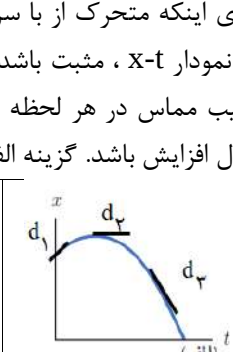
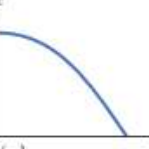
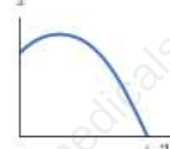
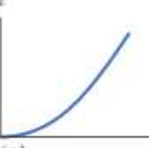
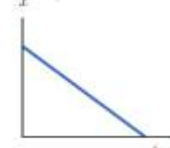
$$t_3 - t_1: \vec{d} = \vec{d}_C - \vec{d}_A = 5\text{m}\vec{i} - 1\text{m}\vec{i} = 4\text{m}\vec{i}$$

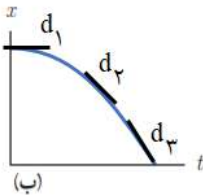
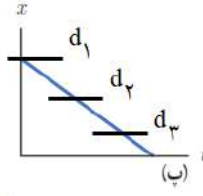
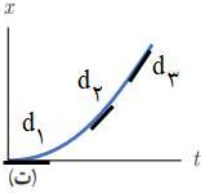
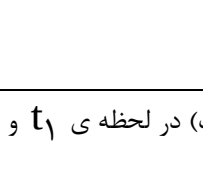
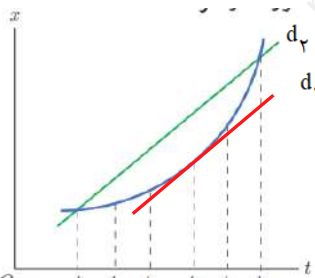
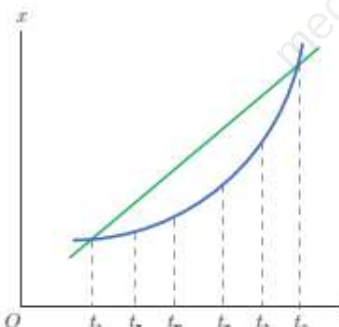


الف) شیب خط متحرک C بیشتر از شیب خط متحرک A و شیب خط متحرک B. موازی با محور زمان است. در نتیجه $a_C > a_A > a_B$ $a_B = 0$ شیب خط متحرک A $a_A = \frac{10 \text{ m/s} - 0}{10 \text{ s} - 0} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ شیب خط متحرک C $a_A = \frac{20 \text{ m/s} - 0}{10 \text{ s} - 0} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $\Delta X_A = v_{av} \Delta t = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 10 \text{ s} = 50 \text{ m}$ $\Delta X_B = v_{av} \Delta t = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 10 \text{ s} = 200 \text{ m}$ $\Delta X_C = v_{av} \Delta t = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 10 \text{ s} = 100 \text{ m}$	۱۵ 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 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.

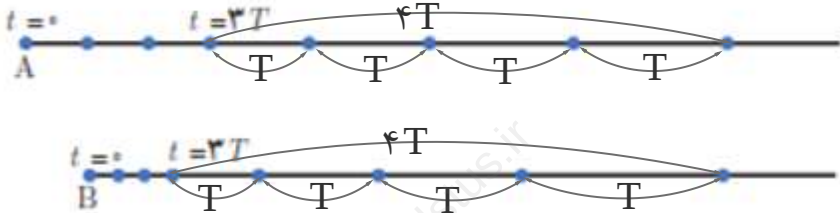
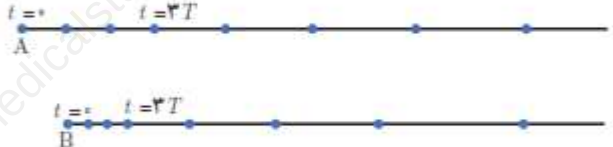
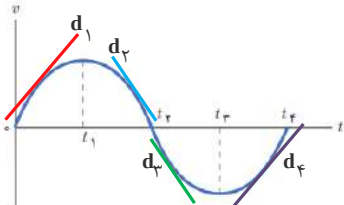
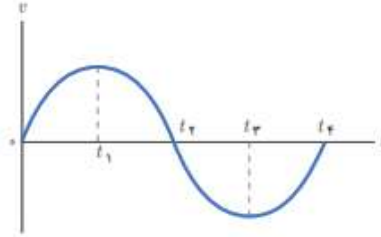
$a_1 = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{10 \text{ m/s} - 0}{5 \text{ s} - 0} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $a_2 = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{-10 \text{ m/s} - 10 \text{ m/s}}{15 \text{ s} - 5 \text{ s}} = -2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $a_3 = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{-10 \text{ m/s} - 10 \text{ m/s}}{25 \text{ s} - 15 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $x_1 = \left(\frac{0 + 10 \text{ m/s}}{2} \right) 5 \text{ s} - 10 \text{ m} = 15 \text{ m}$ $x_2 = \left(\frac{0 + 10 \text{ m/s}}{2} \right) 5 \text{ s} + 15 \text{ m} = 40 \text{ m}$ $x_3 = \left(\frac{0 - 10 \text{ m/s}}{2} \right) 5 \text{ s} + 40 \text{ m} = 15 \text{ m}$ $x_4 = \left(\frac{0 - 10 \text{ m/s}}{2} \right) 5 \text{ s} + 15 \text{ m} = -10 \text{ m}$ $x_5 = \left(\frac{0 + 10 \text{ m/s}}{2} \right) 5 \text{ s} - 10 \text{ m} = 15 \text{ m}$ 	۱۷ ۴. نمودار سرعت - زمان متحرکی مطابق شکل زیر است. الف) نمودار شتاب - زمان این متحرک را رسم کنید. 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.
الف) در بازه زمانی صفر تا 250 s دوندۀ سریعتر دویدۀ شیب خط در بازه زمانی صفر تا 250 s بیشتر از شیب خط در بازه زمانی 500 s تا 1000 s می باشد. ب) در بازه زمانی 250 s تا 500 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) $V_1 = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1000 - 0 \text{ m}}{250 \text{ s}} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ت) $V_r = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(2500 - 1000) \text{ m}}{500 \text{ s}} = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	۱۸ ۷. 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 دویدۀ است؟ ب) در کدام بازۀ زمانی، دوندۀ ایستاده است؟ پ) سرعت دوندۀ را در بازۀ زمانی $s = 250$ تا $s = 500$ حساب کنید. ت) سرعت دوندۀ را در بازۀ زمانی $s = 500$ تا $s = 1000$ حساب کنید. ث) سرعت متوسط دوندۀ را در بازۀ زمانی $s = 1000$ تا $s = 1000$ حساب کنید. 

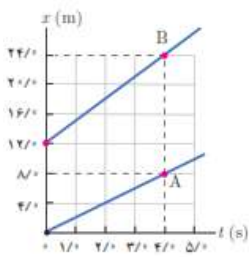
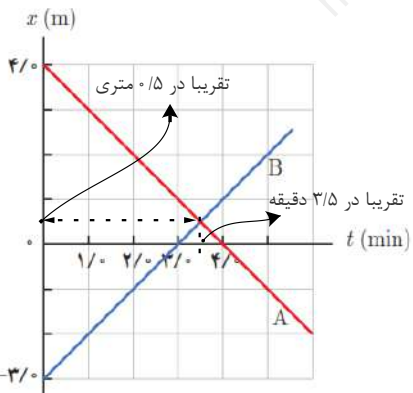
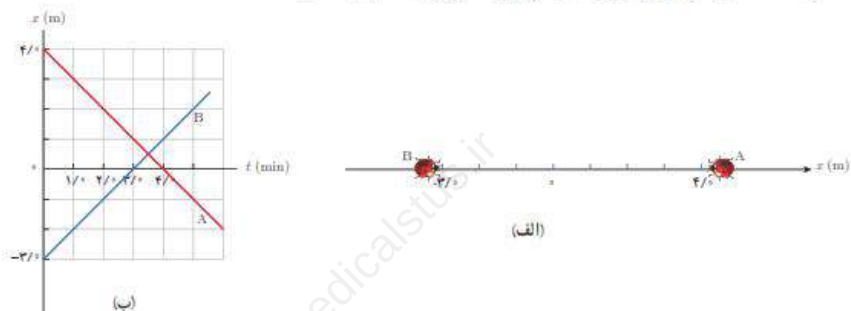
(ث) $V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(250 - 0)m}{100s} = 2.5 \frac{m}{s}$	
پ در شکل های الف ، ب و ت نشان میدهد که یک لحظه متحرک در دو مکان است و در شکل ب برای یک لحظه، جابجایی رخ داده 	۱۹ ۱. توضیح دهید کدام یک از نمودارهای مکان - زمان شکل زیر می تواند نشان دهنده نمودار $x-t$ یک متحرک باشد. 
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 ۲. 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. 

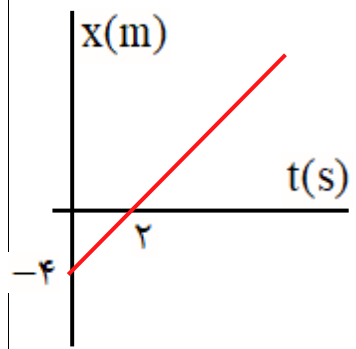
شیب خط مماس بر نمودار x در لحظه $t=0$ با محور دارای مقدار می باشد. این شیب رفته رفته کم شده تا موازی با محور زمان می رسد. در نتیجه در لحظه $t=0$ دارای تندی است. و با گذشت زمان کم و صفر می شود.	 (ب)	
شیب خط مماس بر نمودار x در لحظه $t=0$ با محور زمان موازی است و مقدار تندی صفر است. که با گذشت زمان شیب 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.	 (ب)	
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.  (ب)  (الف)  (ت)  (ب)

افزایش می یابد. در این بازه شتاب در خلاف جهت محور x می باشد.	 (ب)	
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.	 (ب)	
شیب خط در نمودار x ثابت و منفی است. در نتیجه سرعت ثابت است. و شتاب صفر است.	 (ب)	
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.	 (ت)	
الف) در لحظه t_1 و t_6 از کنار یکدیگر می گذرند.  ب) در لحظه t_4 که شیب برابر دارند تندی دو خودرو یکسان است. پ) در بازه t_1 و t_6 سرعت متوسط دو خودرو بعلت 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_6 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. ج) جابجایی متحرک B در زمان برابر بیشتر از متحرک A می باشد. از آنجائیکه سرعت متحرک B در لحظه 3T 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 4T 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 $t=0, t=T, t=2T, t=3T, t=4T$ و ... 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.
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 2 ثانیه پیدا کنید.
دربازه 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 دربازه 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. 

$V_B = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{24 \text{ m} - 12 \text{ m}}{4 \text{ s}} = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ شیب خط متحرک B $V_A = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{8 \text{ m} - 0}{4 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ شیب خط متحرک A $x = vt + x_0 \rightarrow \begin{cases} x_B = 3t + 12 \\ x_A = 2t + 0 \end{cases}$	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.
(ف)  تقریباً ۰/۵ متری تقریباً ۳/۵ دقیقه $V_A = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0 \text{ m} - 4 \text{ m}}{4 \text{ min}} = -1 \frac{\text{m}}{\text{min}}$ $V_B = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0 \text{ m} - (-3) \text{ m}}{3 \text{ min}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{min}}$ $x = vt + x_0 \rightarrow \begin{cases} x_A = -1(\text{m/min})t + 4\text{m} \\ x_B = 1(\text{m/min})t - 3\text{m} \end{cases}$ $x_A = x_B \rightarrow -1(\text{m/min})t + 4\text{m} = 1(\text{m/min})t - 3\text{m} \rightarrow$ $2t = 7 \text{ min} \rightarrow t = 3.5 \text{ min}$ $x_A = -1(\text{m/min}) \times 3.5 \text{ min} + 4\text{m} = 0.5 \text{ m}$ (ب)	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)

(الف) $x_1 = 6m$ $x_2 = 36m$ $t_1 = 5s$ $t_2 = 20s$ $v_{21} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{36m - 6m}{20s - 5s} = 2 \frac{m}{s}$ $v_{21} = v_{10} = \frac{x_1 - x_0}{t_1 - t_0} \rightarrow 2 \frac{m}{s} = \frac{6m - x_0}{5s - 0s}$ $\rightarrow x_0 = -10m + 6m = -4m$ $x = vt + x_0 \rightarrow x = 2(m/s)t - 4m$ (ب) 	۱۴. جسمی با سرعت ثابت بر مسیری مستقیم در حرکت است. اگر جسم در لحظه $t_1 = 5/s$ در مکان $x_1 = 6/m$ و در لحظه $t_2 = 20/s$ در مکان $x_2 = 36/m$ باشد، الف) معادله مکان - زمان جسم را بنویسید. ب) نمودار مکان - زمان جسم را رسم کنید. ۲۸
---	---

(الف)

$$d = (\Delta x_1) + (\Delta x_2) + (\Delta x_3) = -5m$$

$$s = \left| \Delta x_1 \right| + \left| \Delta x_2 \right| + \left| \Delta x_3 \right| = 15m$$

(ب)

$$v_{1av} = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1} = \frac{10m - 5m}{4s - 0} = 1.25 \frac{m}{s}$$

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

$$v_{3av} = \frac{\Delta x_3}{\Delta t_3} = \frac{0m - 10m}{10s - 8s} = -2.5 \frac{m}{s}$$

$$v_{4av} = \frac{\Delta x_4}{\Delta t_4} = \frac{0m - 5m}{10s - 0} = -0.5 \frac{m}{s}$$

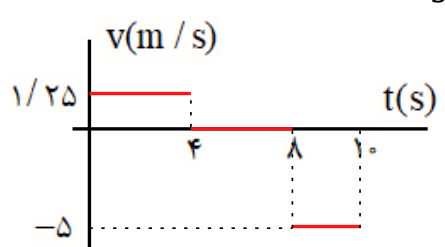
(پ)

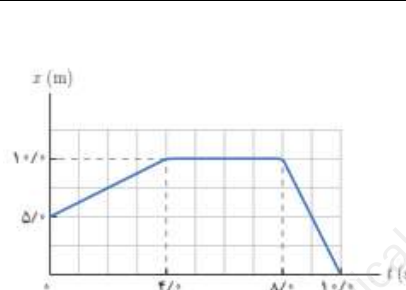
$$x_1 = v_1 t + x_0 \rightarrow x_1 = 1.25 \left(\frac{m}{s} \right) t + 5m$$

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

$$x_3 = v_3 t + x_2 \rightarrow x_3 = -2.5 \left(\frac{m}{s} \right) t' + 10m$$

(ت)





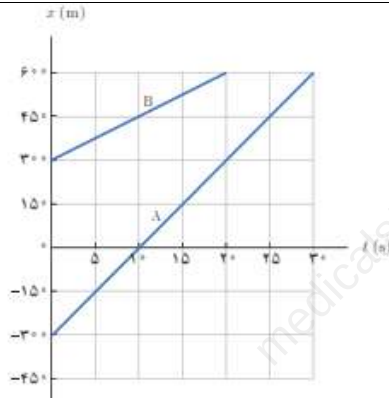
۱۵. شکل زیر نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می دهد که در امتداد محور x حرکت می کند.

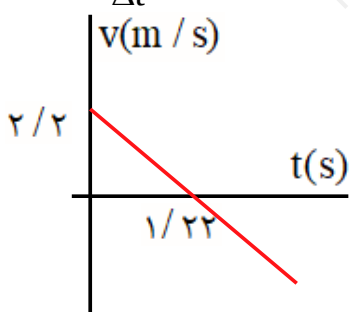
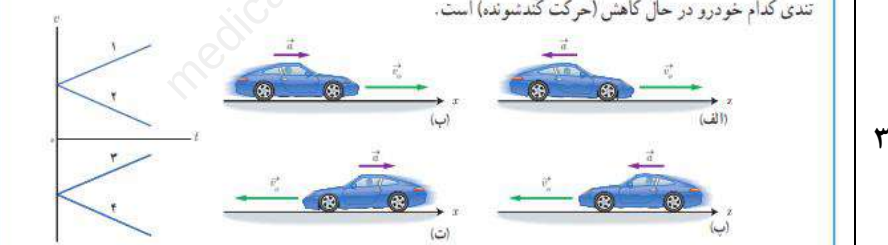
(الف) جابه جایی و مسافت پیموده شده توسط متحرک در کل زمان حرکت جقدر است؟

(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 $10/s$ تا $0/s$ بنویسید.

(ت) نمودار سرعت - زمان متحرک را رسم کنید.

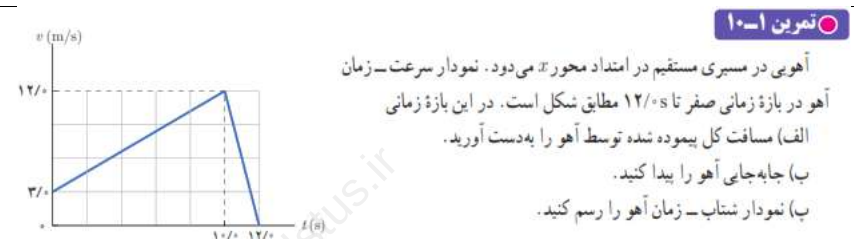
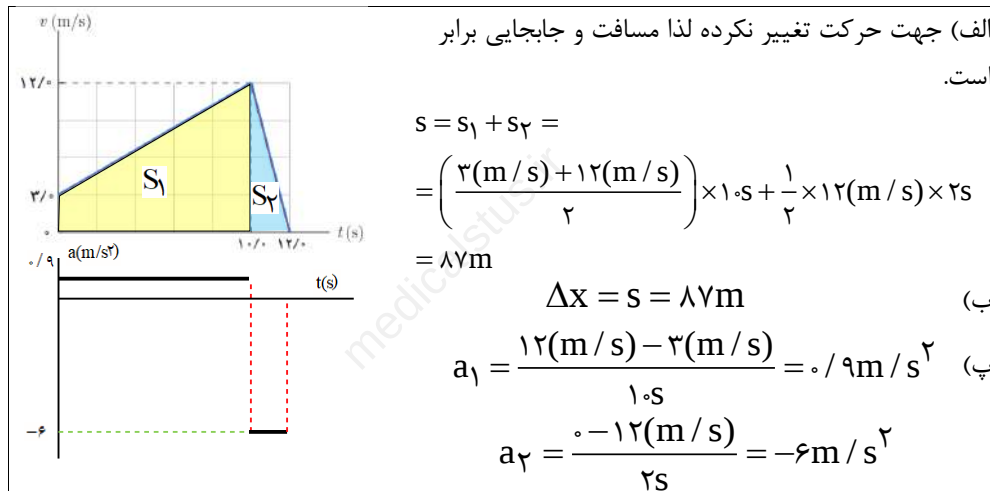
(الف) $x_B = (m = v_B)t + x_{0B} \rightarrow x_B = (m = \frac{x_{2B} - x_{1B}}{t_{2B} - t_{1B}})t + x_{0B}$ $x_B = (\frac{60 \cdot m - 30 \cdot m}{2 \cdot s - 0})t + 30 \cdot m \rightarrow x_B = 15(\frac{m}{s})t + 30 \cdot m$ $x_A = (m = v_A)t + x_{0A} \rightarrow x_A = (m = \frac{x_{2A} - x_{1A}}{t_{2A} - t_{1A}})t + x_{0A}$ $x_A = (\frac{0 \cdot m - (-30 \cdot m)}{1 \cdot s - 0})t - 30 \cdot m \rightarrow x_A = 30(\frac{m}{s})t - 30 \cdot m$ (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؟ 
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؟

$v = -1/8(m/s) \times 4s + 2/2(m/s) = -5(m/s)$ $\left. \begin{aligned} t = 0 \rightarrow v_0 &= 2/2(m/s) \\ t = 4s \rightarrow v &= -5(m/s) \end{aligned} \right\} \rightarrow v_{av} = \frac{v + v_0}{2}$ $v_{av} = \frac{-5(m/s) + 2/2(m/s)}{2} = -1/4(m/s)$ $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow \Delta x = -1/4(m/s) \times 4s = -5/6m$ 	تمرین ۸-۱ معادله سرعت - زمان متحرکی که در امتداد محور x حرکت می کند در SI به صورت $v = -1/8t + 2/2$ 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
$\left. \begin{aligned} v &> 0 \\ a &< 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow (۲)$ $\left. \begin{aligned} v &> 0 \\ a &> 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow (۱)$ $\left. \begin{aligned} v &< 0 \\ a &< 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow (۴)$ $\left. \begin{aligned} v &< 0 \\ a &> 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow (۳)$ 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.	فعالیت ۲-۱ در تمامی حالت های شکل زیر، خودروها در امتداد محور x و 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

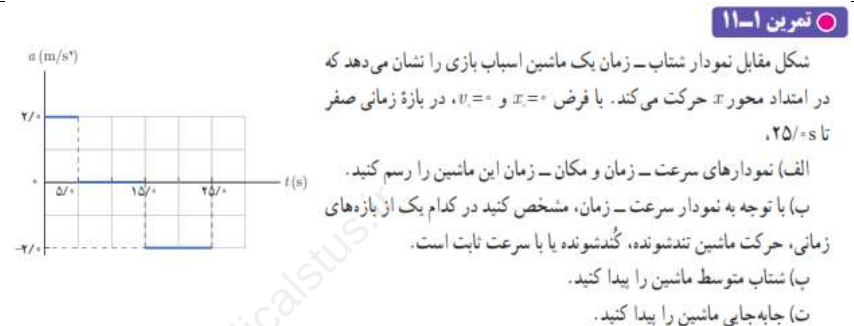
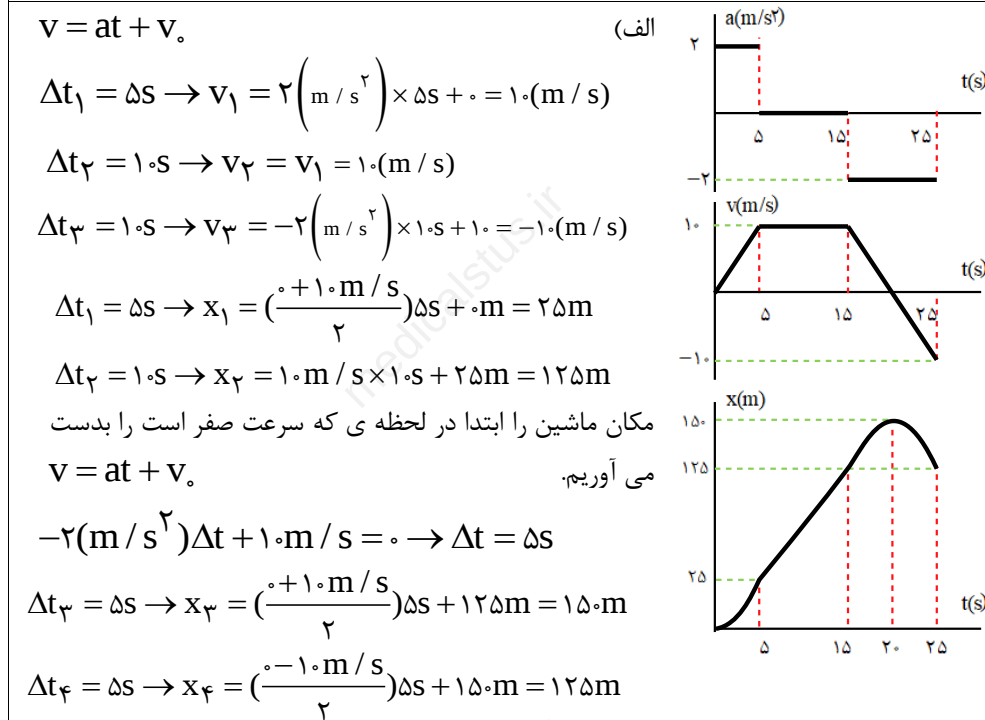
$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t \rightarrow 30 \cdot m = \frac{1}{2} \times 1(m/s^2)t^2 + 5(m/s)t$ $60 \cdot s^2 = t^2 + 10st \rightarrow (t - 20s)(t + 30s) = 0 \rightarrow t = 20s$ $v = at + v_0 = 1m/s^2 \times 20s + 5m/s = 25m/s$ راه دیگر، پس از مطالعه قسمت بعدی کتاب $v_0 = 18km/h = 18 \times \frac{m}{3/6s} = 5m/s$ $v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \rightarrow v^2 - (5m/s)^2 = 2 \times 1m/s^2 \times 30 \cdot m$ $v = \sqrt{625(m^2/s^2)} = 25m/s$	تمرین ۱-۹ خودرویی با سرعت $18 \cdot km/h$ در امتداد مسیری مستقیم از چهارراهی می گذرد تندی آن با شتاب $1 \cdot m/s^2$ افزایش می یابد. سرعت خودرو پس از $30 \cdot m$ جابه جایی چقدر است؟ ۳۴
در تمام شکل های الف، ب و پ در بازه صفر تا t_1 سرعت ثابت است و شتاب صفر است. در تمام شکل های الف، ب و پ در بازه t_1 تا t_2 سرعت با زمان تغییر می کند و شیب خط منفی می باشد و شتاب منفی است. در تمام شکل ها الف، ب و پ در بازه t_2 تا t_3 سرعت ثابت است و شتاب صفر است.	پرسش ۱-۷ نمودار شتاب - زمان متحرکی که در امتداد محور x حرکت می کند مطابق شکل زیر است. توضیح دهید چگونه هر یک از نمودارهای سرعت - زمان شکل های الف، ب و پ می تواند متناظر با این نمودار شتاب - زمان باشد. ۳۵

پاسخ پرسش های فصل اول --- ۱-۳ حرکت با شتاب ثابت
آقای راسخ و خانم ها رضایی و علیزاده و صادق موسوی

تهیه و تنظیم توسط همکاران:



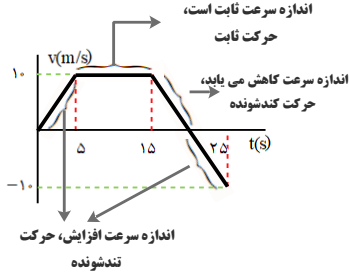
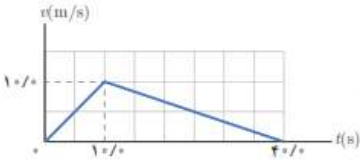
۳۶

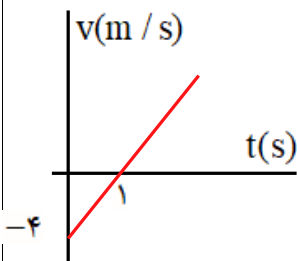
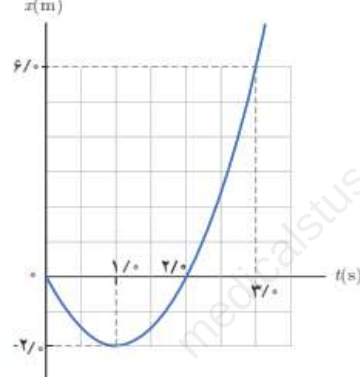


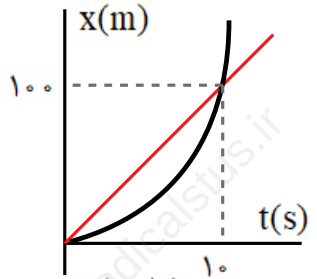
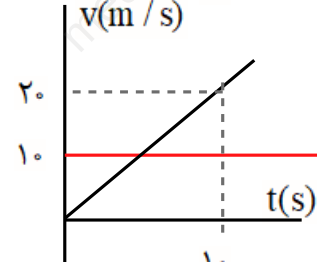
۳۷

پاسخ پرسش های فصل اول --- ۱-۳ حرکت با شتاب ثابت
آقای راسخ و خانم ها رضایی و علیزاده و صادق موسوی

تهیه و تنظیم توسط همکاران:

(ب)  پ) با کمک نمودار $v-t$ می توان بدست آورد. $a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{-10(m/s) - 0}{25 - 0} = -0.4 m/s^2$ ت) با کمک نمودار $x-t$ می توان بدست آورد. $\Delta x = x_f - x_o = 125m - 0 = 125m$	
$a_1 = \frac{10m/s}{10s} = 1m/s^2$ $\xrightarrow{\Delta t=5s} v_1 = a_1 t + v_o = 1m/s^2 \times 5s = 5m/s$ $v_{1av} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{5m/s + 0}{2} = 2.5m/s$ $a_2 = \frac{0 - 10m/s}{40s - 10s} = \frac{-1}{3} m/s^2$ $\left\{ \begin{array}{l} \xrightarrow{\Delta t=15s} v_2 = a_2 \Delta t + v_1 = \frac{-1}{3} m/s^2 \times 15s + 10m/s = 5m/s \\ v_{2av} = \frac{v_3 + v_2}{2} = \frac{5m/s + 0}{2} = 2.5m/s \end{array} \right.$ $\frac{v_{1av}}{v_{2av}} = 1$	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؟ 

الف) $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{6m - 0}{3s - 0} = 2m/s$ ب) $v = at + v_0 \rightarrow t = 1s \rightarrow 0 = a(s) + v_0 \rightarrow v_0 = -a(s) \quad (1)$ با $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$ ب) $t = 3s \rightarrow 6m = \frac{1}{2}a(3s)^2 + v_0 \cdot 3s + 0 \rightarrow 3a(s^2) + 3v_0(s) = 4m \quad (2)$ جاگذاری رابطه ۱ در رابطه ۲ خواهیم داشت. الف) & (۲) $3a(s^2) + 3 \times -a(s)(s) = 4m \rightarrow a = 4m/s^2$ ب) $v_0 = -4m/s$ پ) $x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \rightarrow x = 2t^2 - 4t$ ت) $v = at + v_0 \rightarrow v = 4(m/s^2)t - 4m/s$ $\rightarrow v = 4(m/s^2) \times 3s - 4m/s = 8m/s$ گراف $v(m/s)$ در مقابل $t(s)$:  معادله $v = at + v_0 \rightarrow v = 4t - 4$ $\begin{cases} v = 0 \rightarrow t = 1s \\ t = 0 \rightarrow v = -4m/s \end{cases}$	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. ب) سرعت متحرک را در لحظه $t = 3/0s$ پیدا کنید. ب) نمودار سرعت - زمان متحرک را رسم کنید. 
---	--

(الف) $v_2^2 - v_1^2 = 2a\Delta x \rightarrow 25(m/s)^2 - 16(m/s)^2 = 2a(19m - 10m)$ (ب) $a = 0.5 m/s^2$ $v_2 = a\Delta t + v_1 \rightarrow 5(m/s) = 0.5(m/s^2)\Delta t + 4(m/s)$ $\Delta t = 2s$	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 $18km/h$ است. الف) شتاب حرکت آن چقدر است؟ ب) پس از چه مدتی سرعت متحرک از $4m/s$ به سرعت $18km/h$ می‌رسد؟
(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. ب) نمودار سرعت - زمان را برای خودرو و کامیون در یک دستگاه مختصات رسم کنید.

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)

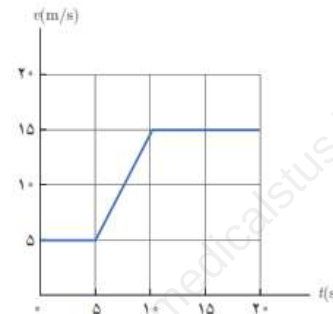
$$\left. \begin{matrix} t_1 = 5s \\ t_2 = 11s \end{matrix} \right\} \rightarrow \Delta x = s_1 + s_2 = \frac{(5m/s + 15m/s) \times 5s}{2} + 15 \times 15m/s = 65m$$

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

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

(ت)

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



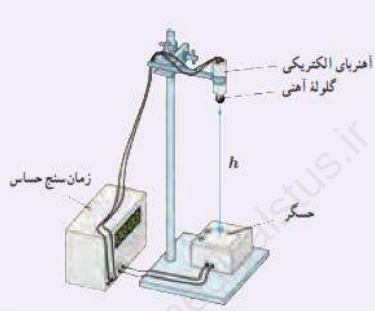
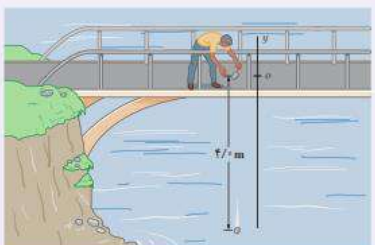
۱۱۱. شکل نشان داده شده نمودار سرعت - زمان خودرویی را نشان می دهد که روی مسیری مستقیم حرکت می کند.

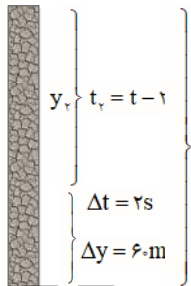
الف) شتاب خودرو را در هر یک از لحظه های $t = 3s$, $t = 8s$, $t = 11s$ و $t = 15s$ به دست آورید.

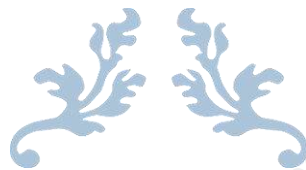
ب) شتاب متوسط در بازه زمانی $t_1 = 5s$ تا $t_2 = 11s$ را به دست آورید.

پ) در هر یک از بازه های زمانی $t_1 = 5s$ تا $t_2 = 11s$ و $t_1 = 11s$ تا $t_2 = 20s$ خودرو چقدر جابه جا شده است؟

ت) سرعت متوسط خودرو در بازه های $t_1 = 5s$ تا $t_2 = 11s$ و $t_1 = 11s$ تا $t_2 = 20s$ را به دست آورید.

الف) با رها شدن گلوله، زمان سنج دستگاه شروع به حرکت می کند و زمانیکه به حسگر برخورد می کند، زمان سنج متوقف می شود، با اندازه گیری زمان و فاصله h به کمک خط کش، می توان شتاب گرانشی را بدست آورد. $g = \frac{2h}{t^2}$ ب) $y = -\frac{1}{2}gt^2 \rightarrow -0.27m = -\frac{1}{2}g(0.23s)^2 \rightarrow g = 10.2(m/s^2)$	تمرین ۱۲-۱ شکل مقابل اسباب انجام آزمایش ساده ای را نشان می دهد که به کمک آن می توان شتاب گرانش را در محل آزمایش اندازه گرفت. الف) به نظر شما این وسیله آزمایش چگونه کار می کند؟ ب) در یک آزمایش نوعی، داده های زیر به دست آمده است: $h = 0.27m \quad t = 0.23s$ با توجه به این داده ها، اندازه شتاب گرانش در محل آزمایش چقدر به دست می آید؟ (اشاره: اگر وسایل مشابهی در آزمایشگاه مدرسه دارید، شتاب گرانش محل خود را به کمک آن اندازه گیری کنید.) 
افزایش می یابد. با گذشت زمان، سرعت سنگ افزایش می یابد. فاصله دو سنگ بعثت افزایش سرعت بیشتر سنگ اولی بیشتر می شود	تمرین ۱۳-۱ شکل مقابل شخصی را نشان می دهد که ابتدا سنگی را از بالای پلی به داخل رودخانه ای رها کرده است. وقتی سنگ مسافت $4.0m$ را طی می کند سنگ دیگری دوباره از همان ارتفاع توسط شخص رها می شود. توضیح دهید آیا با گذشت زمان و تا قبل از برخورد سنگ اول به سطح آب رودخانه، فاصله بین دو سنگ کاهش یا افزایش می یابد یا تغییری نمی کند. 
$y = -\frac{1}{2}gt^2 = -\frac{1}{2} \times 9.8(m/s^2) \times (2s)^2 = -19.6m$ $y_1 = \frac{y}{2} = -9.8m \rightarrow v_1 = -\sqrt{2gy_1}$ $= -\sqrt{2 \times 9.8(m/s^2) \times 9.8m} = -14(m/s)$ $v_2 = \sqrt{2gy_2} = \sqrt{2 \times 9.8(m/s^2) \times 19.6m} = 19.6(m/s)$	۱۳-۲ گلوله ای را باید از چه ارتفاعی رها کنیم تا پس از $4/10$ ثانیه به زمین برسد؟ سرعت گلوله در نیمه راه و همچنین در لحظه برخورد به زمین چقدر است؟ مقاومت هوا را نادیده بگیرید.

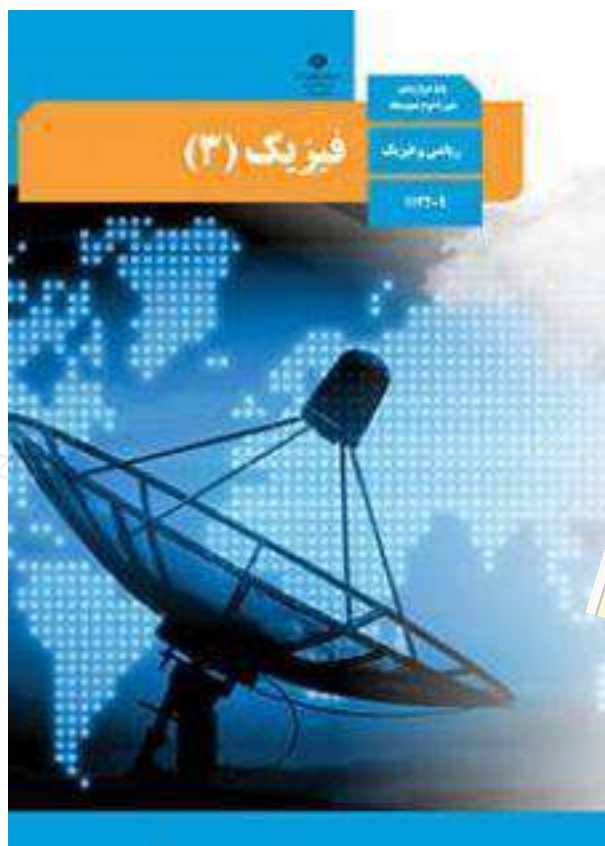
(الف) $\frac{v_A}{v_B} = \frac{\sqrt{2gy}}{\sqrt{2g\frac{y}{4}}} = 2$ (ب) $\left. \begin{aligned} y_A &= \frac{1}{2}gt_A^2 \xrightarrow{t_A=t} y_A = \frac{1}{2}gt^2 \\ y_B &= \frac{1}{2}gt_B^2 \xrightarrow{t_B=t-2} y_B = \frac{1}{2}g(t-2)^2 \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{1}{2}gt^2 = 4 \times \frac{1}{2}g(t-2)^2$ $t_A = t = 6s \quad \& \quad t_B = 4s$ $h_A = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 9.8(m/s^2) \times (6s)^2 = 176.4m$	۴۶. الف) گلوله A را در شرایط خلأ از ارتفاع h و بدون سرعت اولیه رها می کنیم. سه ثانیه بعد گلوله B را از ارتفاع h/4 و بدون سرعت اولیه رها می کنیم. نسبت سرعت گلوله A به سرعت گلوله B در لحظه رسیدن به زمین چقدر است؟ ب) اگر دو گلوله همزمان به زمین برسند، مدت زمان سقوط هر گلوله و ارتفاع h را پیدا کنید.
(الف) $\Delta y = y_1 - y_2 \rightarrow -6m = -\frac{1}{2}gt^2 - \left(-\frac{1}{2}g(t-2s)^2\right)$ $-6m = -\frac{1}{2} \times 9.8(m/s^2)t^2 - \left(-\frac{1}{2} \times 9.8(m/s^2)(t-2s)^2\right)$ $\rightarrow -12s^2 = -4.9t^2 + 4.9t^2 - 2 \times 2(s)t - 4s^2 \rightarrow t = 4.06s$  $\left. \begin{aligned} y_1 \\ y_2 \end{aligned} \right\} t_1 = t - 2$ $\left. \begin{aligned} \Delta t = 2s \\ \Delta y = 6m \end{aligned} \right\} t$ (ب) $y = -\frac{1}{2}gt^2 = -\frac{1}{2} \times 9.8(m/s^2) \times (4.06s)^2 = -80.76m$ $v = -gt = -9.8(m/s^2) \times 4.06s = -39.79m/s$	۴۷. سنگی از بام ساختمانی بدون سرعت اولیه و در شرایط خلأ به طرف زمین رها می شود. الف) اگر سنگ در ۲ ثانیه آخر حرکت خود ۶۰ متر را طی کند، ارتفاع ساختمان چند متر است؟ ب) سرعت سنگ درست پیش از برخورد به زمین چقدر است؟



راهنمای حل فصل ۲ فیزیک دوازدهم

رشته ریاضی و فیزیک

منطبق بر کتاب درسی

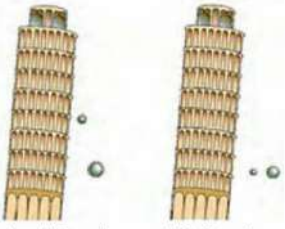


@Schoolphysics
گروه فیزیک استان کیلان

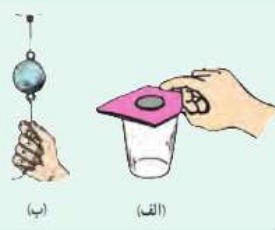
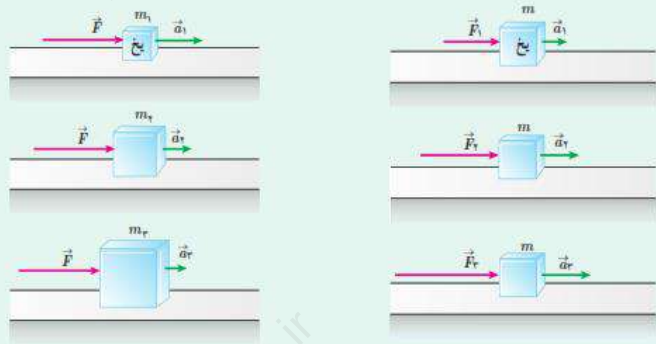
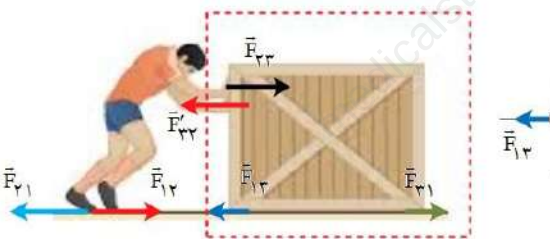
دینامیک و حرکت دایره ای			
صفحه pdf	صفحه کتاب درسی	فعالیت / پرسش / تمرین / مسائل	
		۱-۲ - قوانین حرکت نیوتون	
۱	۳۱	پرسش ۱-۲	۱
۱	۳۱	پرسش ۲-۲	۲
۲-۱	۳۱	فعالیت ۱-۲	۳
۲	۳۲	پرسش ۳-۲	۴
۲	۳۲	پرسش ۴-۲	۵
۲	۳۵	پرسش ۵-۲	۶
	۳۵	۲-۲ معرفی برخی از نیروهای خاص	
۳	۳۶	تمرین ۱-۲	۷
۳	۳۷	تمرین ۲-۲	۸
۳	۳۸	تمرین ۳-۲	۹
۴-۳	۳۹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

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 ۲-۷	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 ۲-۸	۴۹	۲۲
۳۸	پرسش ۲-۹	۴۹	۲۲
۳۹	تمرین ۲-۸	۵۱	۲۲
۴۰	پرسش ۲-۱۰	۵۱	۲۲
۴۱	تمرین ۲-۹	۵۲	۲۳
۴۲	تمرین ۲-۱۰	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 ۲-۵	۵۴	۲۵-۲۶
۴۶	تمرین ۲-۱۱	۵۶	۲۶
۴۷	پرسش ۲-۱۱	۵۶	۲۷
۴۸	تمرین ۲-۱۲	۵۶	۲۷
۴۹	تمرین ۲-۱۳	۵۶	۲۷-۲۸
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	۲۸-۲۹
۵۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۳	۶۰	۲۹
۵۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۴	۶۰	۲۹-۳۰

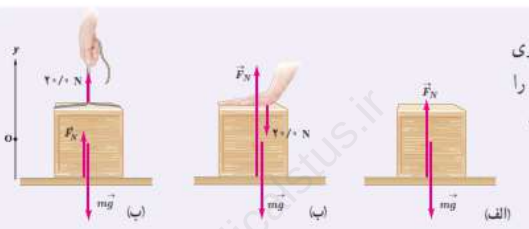
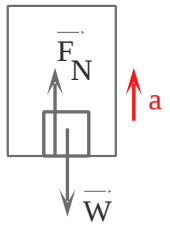
پاسخ پرسش های فصل دوم --- ۱-۲ و ۲-۲ - قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
تهیه و تنظیم توسط همکاران:
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

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 روی 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 شیبدار   از دیدگاه ارسطو از دیدگاه گالیله	فعالیت ۱-۲ درباره آزمایش ذهنی گالیله تحقیق کنید و به کلاس گزارش دهید.

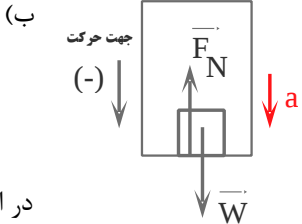
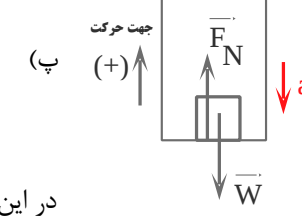
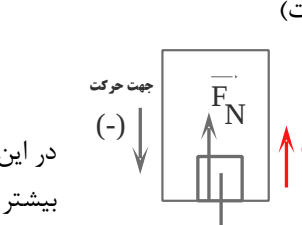
پاسخ پرسش های فصل دوم --- ۲-۱ و ۲-۲ - قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

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 بکشم، 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)
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 ۴-۲ در شکل های زیر، قطعه یخ ها روی یک سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارند. استنباط خود را از این شکل ها بیان کنید. 
سطح زمین [جسم (۱)] شخص [جسم (۲)] جعبه [جسم (۳)] نیروی $\vec{F}_{۲۳}$ برای جعبه، نیروی خارجی است $\vec{F}_{۲۳} > \vec{F}_{۱۳} \rightarrow F_{net} = F_{۲۳} - F_{۱۳} = ma$  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 ۵-۲ 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 نیرویی که شخص به جعبه وارد می کند با نیرویی که جعبه به شخص وارد می کند هم اندازه است، توضیح دهید چگونه جعبه حرکت می کند؟

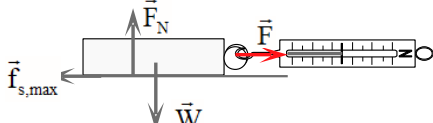
پاسخ پرسشی های فصل دوم --- ۱-۲ و ۲-۲ - قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

	۲-۲ معرفی برخی از نیروهای خاص	
$W = mg_{\text{زمین}} \rightarrow W_1 = (0.1 \text{ kg})(9.8 \text{ N/kg}) = 0.98 \text{ N}$ $W = mg_{\text{ماه}} \rightarrow W_2 = (0.1 \text{ kg})(1.6 \text{ N/kg}) = 0.16 \text{ N}$ $W = mg_{\text{مریخ}} \rightarrow W_3 = (0.1 \text{ kg})(3.7 \text{ N/kg}) = 0.37 \text{ N}$ $W_1 > W_3 > W_2$	تمرین ۱-۲ الف) وزن قطعه‌ای طلا به جرم ۱۰۰ گرم را روی سطح زمین به دست آورید. ب) وزن یک جسم در سطح یک سیاره برابر با نیروی گرانشی است که از طرف آن سیاره بر جسم وارد می‌شود. وزن این قطعه طلا را در سطح ماه و مریخ به دست آورید و با هم مقایسه کنید. $(g_{\text{زمین}} = 9.8 \text{ N/kg}$, $g_{\text{ماه}} = 1.6 \text{ N/kg}$, $g_{\text{مریخ}} = 3.7 \text{ N/kg}$)	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 گلوله‌ها با زمین به جرم گلوله‌ها وابسته نیست. $V_1 = V_2$	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 می‌کنیم. با فرض اینکه نیروی مقاومت هوا در طی حرکت دو گوی ثابت و یکسان باشند، تندی برخورد کدام گوی با زمین بیشتر است؟ تمرین ۲-۲ اگر در مثال ۵-۲ از مقاومت هوا صرف نظر کنیم، سرعت برخورد گوی‌ها 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، جعبه‌ای به جرم 4 kg روی میزی افقی قرار دارد. نیروی عمودی سطح را در حالت‌های 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 حالت‌های زیر، عددی را که ترازوی فنری نشان می‌دهد 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 می‌کند، متوقف شود. ت) آسانسور در حالی که به طرف پایین حرکت می‌کند، متوقف شود.	۱۰

پاسخ پرسش های فصل دوم --- ۱-۲ و ۲-۲ - قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

(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 نیوتن 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؟

پاسخ پرسش های فصل دوم --- ۲-۱ و ۲-۲ - قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
تهیه و تنظیم توسط همکاران:
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

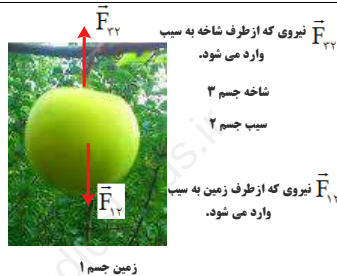
(الف)  $\rightarrow F_p - f_s = ma = 0 \rightarrow F_p = f_s = 4 \text{ N}$ (ب)  $\rightarrow F_p - f_s = ma = 0 \rightarrow F_p = f_s = 8 \text{ N}$ (ب)  $\rightarrow F_p - f_{s,max} = ma = 0 \rightarrow F_p = f_{s,max} = 16 \text{ N}$ (ب) $f_{s,max} = \mu_s N \rightarrow \mu_s = \frac{f_{s,max}}{mg} = \frac{16 \text{ N}}{4 \text{ kg} \times 9.8 \text{ (N/kg)}} = 0.4$	نمونه ۲-۴ اگر در شکل ۲-۱۲، 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.   															
ضریب اصطکاک ایستایی تغییر نمی کند. زیرا ضریب اصطکاک به اندازه ی مساحت سطح تماس جسم بستگی ندارد.	آزمایش ۲-۵: 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 دستتان 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. <table border="1"> <thead> <tr> <th>شماره آزمایش</th> <th>مساحت سطح تماس قطعه با میز</th> <th>وزن قطعه:</th> <th>عددی که نیروسنج نشان می دهد ($f_{s,max}$)</th> <th>μ_s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> همراه با اعضای گروه خود، نتیجه های به دست آمده را تفسیر کنید.	شماره آزمایش	مساحت سطح تماس قطعه با میز	وزن قطعه:	عددی که نیروسنج نشان می دهد ($f_{s,max}$)	μ_s										
شماره آزمایش	مساحت سطح تماس قطعه با میز	وزن قطعه:	عددی که نیروسنج نشان می دهد ($f_{s,max}$)	μ_s												
وسایل لازم: نیروسنج - قطعه های چوبی مختلف - ترازو شرح آزمایش: ۱- مکعب چوبی را از یک وجه روی سطح افقی قرار دهید. 	فعالیت ۲-۲ آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد $f_{s,max}$ متناسب با F_N است.															

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 0.6 و جسم در ابتدا ساکن باشد، حداقل نیروی افقی لازم برای به حرکت درآوردن جعبه چقدر است؟

پاسخ پرسش های فصل دوم --- ۱-۲ و ۲-۲ - قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
تهیه و تنظیم توسط همکاران:
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

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 نمایم. 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. $F_e = w \rightarrow k\Delta y = mg \rightarrow k = \frac{mg}{\Delta y}$ 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.	فعالیت ۲-۲ تعدادی فنر متفاوت تهیه کنید. الف) سختی آنها را مقایسه کنید. ب) با طراحی یک آزمایش، ثابت هر فنر را بدست آورید. ۱۷
$T - mg = ma$ $T - 16\text{ kg} \times 9.8\text{ N/kg} = 10\text{ kg} \times 1.2\text{ N/kg}$ $T = 156.8\text{ N} + 12\text{ N} = 168.8\text{ N}$	تمرین ۲-۲ کارگری یک سطل محتوی مصالح به جرم 16 kg را با طناب سبکی به طرف بالا می کشد. اگر شتاب رو به بالای سطل 1.2 m/s^2 باشد، نیروی کشش طناب چقدر است؟ ۱۸

(الف)



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

(ب)



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

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 جدانشدن از درخت نشان دهید. ب) در هر حالت واکنش این نیروها بر چه اجسامی وارد می شود؟

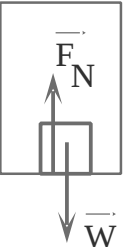
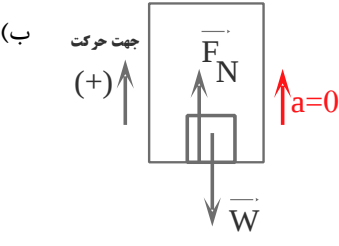
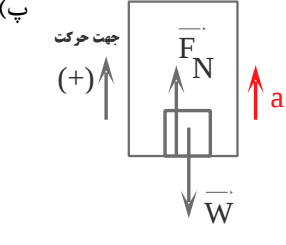
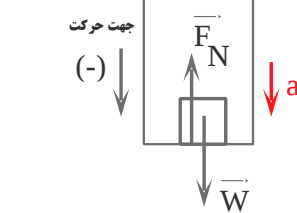
۱۹



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

پاسخ پرسش های فصل دوم --- ۲-۱ و ۲-۲ - قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

(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) $F_N - mg = -ma \rightarrow F_N = m(g - a)$ $F_N = 50 \text{ kg}(9.8 \text{ N/kg} - 1.2 \text{ N/kg})$ $F_N = 430 \text{ N}$ الف)  ب)  پ)  ت) 	۱۱. 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.

پاسخ پرسش های فصل دوم --- ۲-۱ و ۲-۲ - قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

الف) جسم ساکن است.

$$F - f_s = 0$$

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

ب) جسم در آستانه حرکت است.

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

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

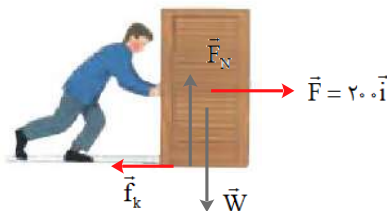
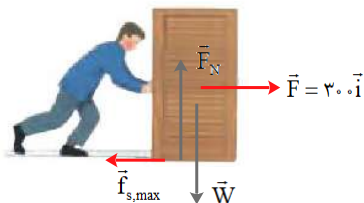
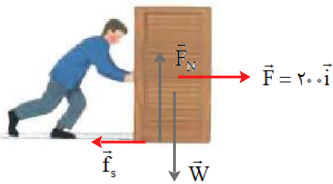
$$\mu_s = \frac{F}{mg} = \frac{200 \text{ N}}{90 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg}} = 0.22$$

پ) جسم در با شتاب ثابت در حرکت است.

$$F - f_k = ma$$

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

$$200 \text{ N} - 0.2 \times 90 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} = 90 \text{ kg} a \rightarrow a = 0.4 \text{ m/s}^2$$



۱۴. در شکل نشان داده شده، شخص با نیروی 200 N جسم 90 kg 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؟

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

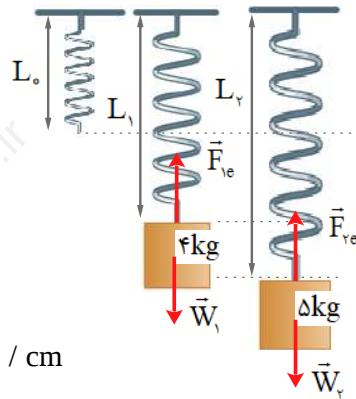
$$F_{fe} = m_2 g \rightarrow k(L_2 - L_0) = m_2 g \quad (2)$$

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

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

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

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



(الف)

(ب)



۴. در شکل روبه رو وقتی وزنه 4 kg را به فنر آویزان می کنیم، طول فنر 14 cm می شود، و وقتی وزنه 5 kg را به فنر آویزان می کنیم، طول فنر 15 cm می شود.

الف) ثابت فنر چقدر است؟ ب) طول عادی فنر (بدون وزنه) چند سانتی متر است؟

۲۳

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) گشتی ای با سرعت ثابت در حال حرکت است.

پ) قایقرانی در حال بارو زدن است.

ت) جتربازی 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.

۲۴



(الف)

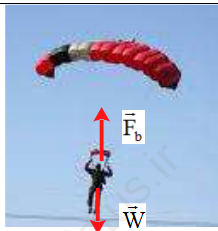
واکنش	کنش
نیروی که خودرو به زمین وارد می کند. $\vec{W}'$	نیروی که زمین به خودرو وارد می کند. $\vec{W}$
نیروی عمودی که خودرو بر سطح جاده وارد می کند. $\vec{F}'_N$	نیروی عمودی تکیه گاه سطح جاده به خودرو وارد می کند. $\vec{F}_N$
در وضعیت لغزش، نیروی موازی سطح از طرف خودرو در جهت حرکت به زمین وارد می شود. $\vec{f}'_k$	در وضعیت لغزش، نیروی موازی سطح از طرف زمین در خلاف جهت حرکت به خودرو وارد می شود. $\vec{f}_k$
نیروی که از مولکول های هوا به طرف خودرو وارد می شود. $\vec{f}'$	نیروی که از مولکول های هوا به خودرو در خلاف جهت حرکت وارد می شود. $\vec{f}$

(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 وارد می شود. $\vec{f}'$	نیروی که در جهت مخالف حرکت از طرف آب و مولکول های هوا وارد می شود. $\vec{f}$
(پ) 	
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 مخالف حرکت از طرف 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) جتربازی 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.

پاسخ پرسش های فصل دوم --- ۲-۱ و ۲-۲ - قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

(ت)



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

(ت)



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 رو به بالا (نیروی شناوری) به هواپیما وارد می شود. $\vec{F}_b$
نیروی که در جهت حرکت 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. $\vec{f}$

پاسخ پرسش های فصل دوم --- ۲-۱ و ۲-۲ - قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

تهیه و تنظیم توسط همکاران:

(ج)



هنگام پایین آمدن

کنش

واکنش

نیروی که زمین به توپ وارد می کند. $\vec{W}$

نیروی که توپ به زمین 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 توپ به مولکول های هوا وارد می شود. $\vec{F}_b'$



هنگام بالا رفتن

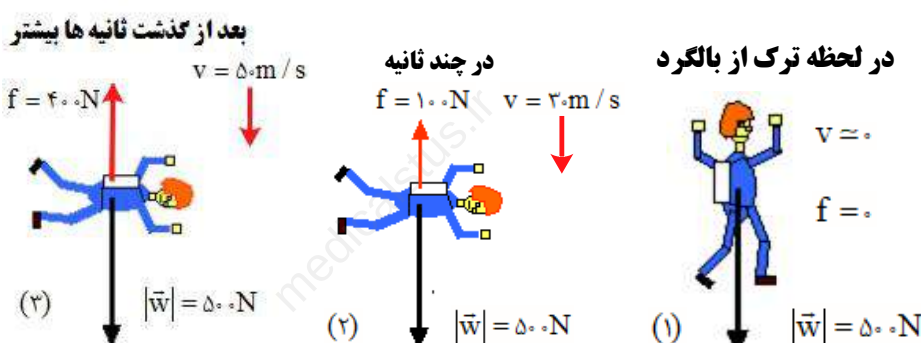
نیروی که زمین به توپ وارد می کند. $\vec{W}$

نیروی که توپ به زمین وارد می کند. $\vec{W}'$

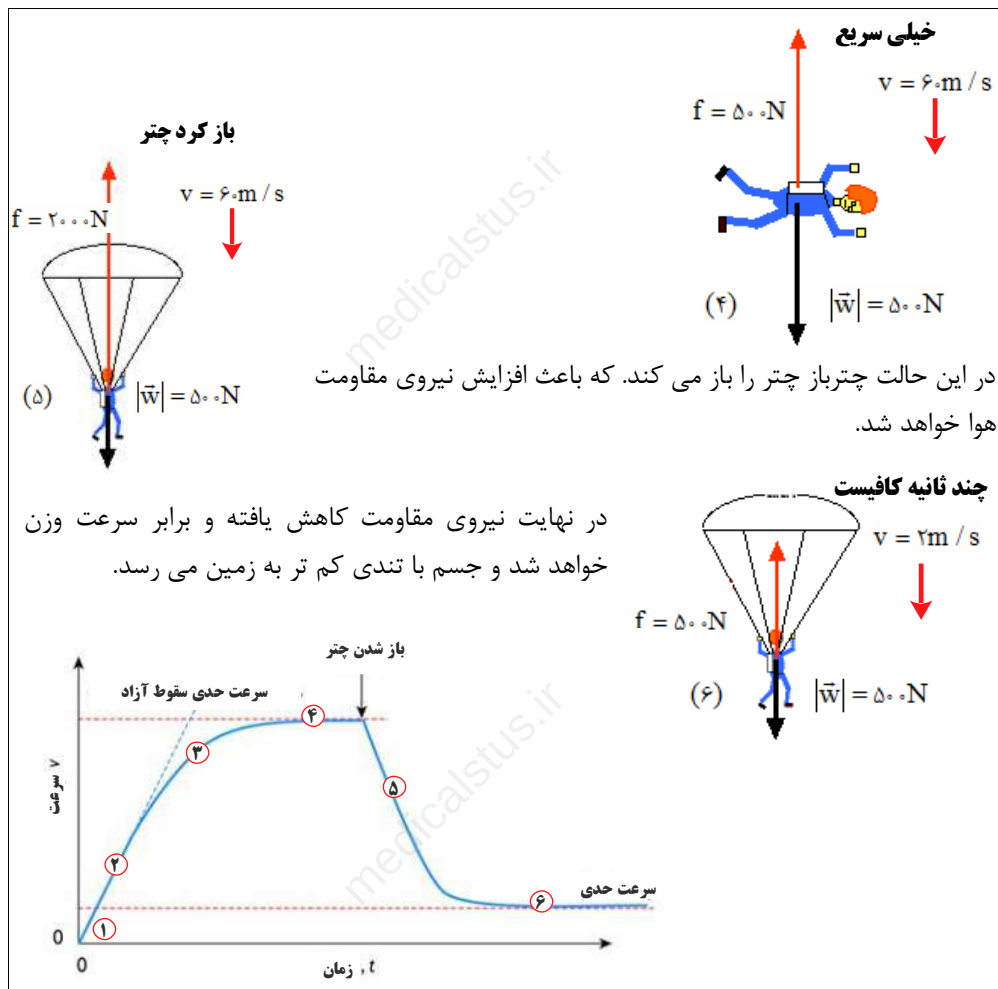
نیروی که از طرف مولکول های هوا رو به پایین به توپ وارد می شود. $\vec{F}_b$

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

پاسخ پرسش های فصل دوم --- ۲-۲ و ۱-۲ - قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
تهیه و تنظیم توسط همکاران:
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

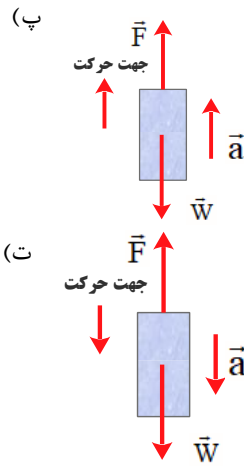
(الف) $v_0 = 72 \text{ km/h} = 72 \div 3.6 \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$ $v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \rightarrow 0 - (20 \text{ m/s})^2 = 2a \times 20 \text{ m}$ $a = -\frac{400}{40} \text{ m/s}^2 = -10 \text{ m/s}^2$ (ب) $v = at + v_0 \rightarrow 0 = -10(\text{m/s}^2)t + 20 \text{ m/s} \rightarrow t = 2 \text{ s}$ (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 خودروبی 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

پاسخ پرسش های فصل دوم --- ۱-۲ و ۲-۲ - قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده



(الف) $\vec{F}_{net} = m\vec{a}$ $F_N - F_y - W = ma = 0 \rightarrow F_N = F_y + W$ با افزایش F_y، نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه افزایش می یابد. (ب) $F - F_s = ma = 0 \rightarrow F = F_s$ تغییر نمی کند. (پ) $f_{s,max} = \mu_s F_N \rightarrow f_{s,max} = \mu_s (F_y + W)$ با افزایش F_y، $f_{s,max}$ 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.	۲۷ ۱. در شکل زیر، نیروی F_1 به بزرگی N به جعبه وارد شده است. اما جعبه همچنان ساکن است. اگر در همین حالت بزرگی نیروی قائم 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 پیشینه نیروی اصطکاک ایستایی (ت) نیروی خالص وارد بر جسم
(الف) $\vec{F}_{net} = m\vec{a} \rightarrow F = ma$ $\rightarrow F = (5/0 \text{ kg})(2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) = 10 \text{ N}$ (ب) $\vec{F}_{net} = m\vec{a} \rightarrow F - F_k = ma$ $\rightarrow F - \mu_k W = ma$ $F - (0/20)(5/0 \text{ kg})(9/8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) = (5/0 \text{ kg})(2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$ $\rightarrow F - (9/8 \text{ N}) = 10 \text{ N} \rightarrow F = 19/8 \text{ N}$	۲۸ ۱. می خواهیم به جسمی که جرم آن $5/0 \text{ kg}$ است، شتاب 2 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 $0/2$ 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.

پاسخ پرسشی های فصل دوم --- ۱-۲ و ۲-۲ - قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

(پ) $\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a} \rightarrow F - W = ma \rightarrow F - mg = ma$ $F - (\Delta / \circ \text{kg})(9 / 8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) = (\Delta / \circ \text{kg})(2 / \circ \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$ $\rightarrow F - (49 \text{ N}) = 10 \text{ N} \rightarrow F = 59 \text{ N}$ (ت) $W - F = ma \rightarrow mg - F = ma$ $(\Delta / \circ \text{kg})(9 / 8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) - F = (\Delta / \circ \text{kg})(2 / \circ \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$ $\rightarrow (49 \text{ N}) - F = 10 \text{ N} \rightarrow F = 39 \text{ N}$ 	
(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.	۱۱. قطعه چوبی را با سرعت افقی 10 m/s روی سطحی افقی پرتاب می کنیم. ضریب اصطکاک جنبشی بین چوب و سطح $0.2 = \mu_k$ 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 باشند و با همان سرعت پرتاب شود، مسافت پیموده شده آن چند برابر می شود؟

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

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

$$\rightarrow L_1 = 12/98 cm$$

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

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

$$\rightarrow L_2 = 12/98 cm$$

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

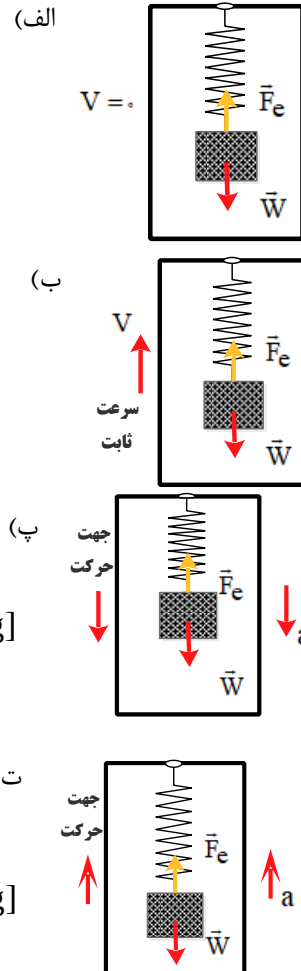
$$\rightarrow 20(N/cm)(L_3 - 12cm) = 2kg \times [(9.8 - 2)N/kg]$$

$$\rightarrow L_3 = 12/78 cm$$

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

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

$$\rightarrow L_4 = 13/18 cm$$



۱۲. وزنه ای به جرم $2/0 kg$ را به انتهای فنری به طول $12cm$ که ثابت آن $20 N/cm$ است می بندیم و فنر را از سقف یک آسانسور آویزان می کنیم. طول فنر را در حالت های زیر محاسبه کنید.

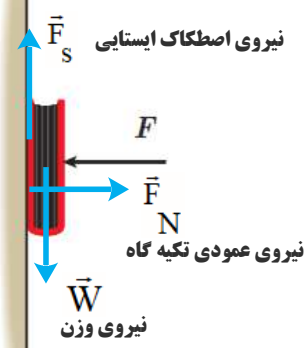
(الف) آسانسور ساکن است.

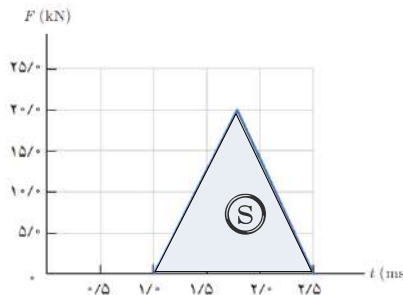
(ب) آسانسور با سرعت ثابت $2/0 m/s$ رو به پایین در حرکت است.

(ب) آسانسور با شتاب ثابت $2/0 m/s^2$ از حال سکون رو به پایین شروع به حرکت کند.

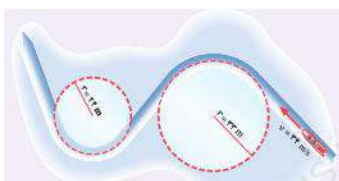
(ت) آسانسور با شتاب ثابت $2/0 m/s^2$ از حال سکون رو به بالا شروع به حرکت کند.

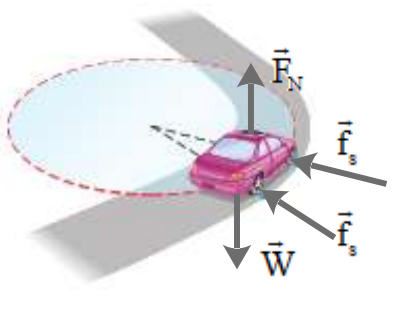
۳۰

الف) زمان واکنش و تندی خودرو (ب) $\Delta x = vt \rightarrow 18m = v \times 0.6s \rightarrow v = 30m/s$ (پ) $x = \left(\frac{v + v_0}{2}\right)t = \left(\frac{0 + 30m/s}{2}\right) \times 0.6s \rightarrow 9m$ (ت) $a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{0 - 30m/s}{0.6s} \rightarrow a = -50m/s^2$ $F_{net} = ma \rightarrow F_{net} = 1500kg \times -5(N/kg) \rightarrow F_{net} = -9000N$	۱۴. 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 ۰/۶۰s است. در طی این زمان، خودرو مسافت ۱۸m 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 ۵/۰s 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 ۱۵۰۰kg فرض کنید.
 نیروی خالص عمودی حاصل از سطح زمین $\vec{F}_N$ نیروی کشش $\vec{T}$ نیروی اصطکاک $\vec{f}_k$ نیروی مقاومت هوا $\vec{f}$ نیروی وزن $\vec{W}$ الف) $T - f_k - f = ma = 0 \rightarrow T = f_k + f = 380N + 220N = 600N$ ب) $T' - f_k - f = ma \rightarrow T' = 2(N/kg) \times 1500kg + 600N = 3600N$	۱۴. یک خودروی باری با طناب افقی محکمی، یک خودروی سواری به جرم ۱۵۰۰kg را می کشد. نیروی اصطکاک و مقاومت هوا در مقابل حرکت خودروی سواری ۲۲۰N و ۳۸۰N است. الف) اگر سرعت خودرو ثابت بماند نیروی کشش طناب چقدر است؟ ب) اگر خودرو با شتاب ثابت ۲/۰m/s^۲ به طرف راست کشیده شود، نیروی کشش طناب چقدر است؟
 نیروی اصطکاک ایستایی $\vec{f}_s$ نیروی عمودی تکیه گاه $\vec{F}_N$ نیروی وزن $\vec{W}$ نیروی $\vec{F}$ الف) ب) $mg - f_s = ma = 0 \rightarrow f_s = mg$ $\rightarrow f_s = 2/5kg \times 9/8N/kg = 24/5N$ پ) خیر - نیروی اصطکاک تغییری نمی کند. $F_N - F = 0 \rightarrow F = F_N$	۱۵. 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 ۲/۵kg 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.
(الف) $\Delta P = m\Delta v = m(v_2 - v_1)$ $\Delta P = 0.28 \text{ kg} \times (-22 \text{ m/s} - 15 \text{ m/s})$ $\Delta P = -10.56 \text{ kgm/s}$ (ب) $\bar{F} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{-10.56 \text{ kgm/s}}{0.06 \text{ s}} = -176 \text{ N}$	۲-۳ تکانه و قانون دوم نیوتن ۱۷. توبی به جرم 280 g با تندی 15 m/s به طور افقی به بازیکنی نزدیک می شود. بازیکن با مشت به توب ضربه می زند و باعث می شود توب با تندی 22 m/s در جهت مخالف برگردد. (الف) اندازه تغییر تکانه توب را محاسبه کنید. (ب) اگر مشت بازیکن 0.06 s با توب در تماس باشد، اندازه نیروی متوسط وارد بر مشت بازیکن از طرف توب را به دست آورید.
$S_{(F-t)} = \Delta P$ $S_{(F-t)} = \frac{1}{2}(2/5 - 1/5) \times 10^{-3} \times 20 \times 10^3 \text{ N}$ $S_{(F-t)} = \Delta P = 15 \text{ N.s}$ $\bar{F} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{15 \text{ N.s}}{1/5 \times 10^{-3} \text{ s}} = 10000 \text{ N}$	۱۷. شکل زیر، منحنی نیروی خالص بر حسب زمان را برای توب بیسبالی که با چوب بیسبال به آن ضربه زده شده است، نشان می دهد. تغییر تکانه توب و نیروی خالص متوسط وارد بر آن را به دست آورید. 

		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.	$T = \frac{t}{N} = \frac{1 \text{ min}}{5} = \frac{60 \text{ s}}{5} = 12 \text{ s}$ $N' = \frac{t}{T} = \frac{3 \text{ s}}{12 \text{ s}} = \frac{1}{4}$ $\text{مسافت طی شده} = \frac{1}{4} (2\pi r)$ $r_1 = 1 \text{ m} \rightarrow L_1 = \frac{1}{4} \pi r_1 = \frac{1}{4} \times 3/14 \times 1 \text{ m} = 1/57 \text{ m}$ $r_2 = 2 \text{ m} \rightarrow L_2 = \frac{1}{4} \pi r_2 = \frac{1}{4} \times 3/14 \times 2 \text{ m} = 3/57 \text{ m}$ $r_3 = 3 \text{ m} \rightarrow L_3 = \frac{1}{4} \pi r_3 = \frac{1}{4} \times 3/14 \times 3 \text{ m} = 4/57 \text{ m}$	تمرین ۸-۲ مسافتی را که هر یک از افراد در مثال بالا در مدت ۳/۰ s طی کرده اند محاسبه کنید.
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.	$\left. \begin{aligned} v &= \frac{2\pi r}{T} \\ a &= \frac{v^2}{r} \end{aligned} \right\} \rightarrow a = \frac{1}{r} \left(\frac{2\pi r}{T} \right)^2 = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$	شکل ۳۲-۲

$r_1 = 33\text{m} \rightarrow a = \frac{v^2}{r_1} = \frac{(34\text{m/s})^2}{33\text{m}} = 35.03\text{m/s}^2$ $r_2 = 24\text{m} \rightarrow a = \frac{v^2}{r_2} = \frac{(34\text{m/s})^2}{24\text{m}} = 48.16\text{m/s}^2$	تمرین ۹-۲  شکل روبه‌رو مسیر حرکت سورتیه‌ای را در مسابقه المپیک زمستانی نشان می‌دهد. سورتیه روی یک سطح افقی در حال حرکت است. اگر تندی حرکت سورتیه در کل مسیر ۳۴m/s باشد، شتاب مرکزگرای آن را در هر یک از پیچ‌ها به دست آورید.
$F_y = 0 \rightarrow N - mg = 0 \rightarrow N = mg$ $F = f_s = \mu_s N = \mu_s mg$ $F = m \frac{v^2}{r}$ $\left. \begin{aligned} & \rightarrow \mu_s mg = m \frac{v^2}{r} \rightarrow v^2 = \mu_s rg \\ & v = \sqrt{\mu_s rg} \rightarrow v = \sqrt{1 \times 50\text{m} \times 9.8\text{m/s}^2} = 22.13\text{m/s} \end{aligned} \right\}$	تمرین ۱۰-۲  خودرویی به جرم ۱۵۰۰ kg را در نظر بگیرید که می‌خواهد در یک پیچ مسطح افقی به شعاع ۵۰/۰ m بدون آنکه بلغزد، دور بزند. اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین لاستیک و سطح جاده ۱/۰ باشد، حداکثر تندی خودرو چقدر می‌تواند باشد؟ (راهنمایی: با اینکه خودرو می‌خواهد یک چهارم دایره را طی کند، می‌توانیم خودرو را به صورت یک ذره در نظر بگیریم که در یک چهارم دایره، حرکت دایره‌ای یکنواخت دارد. در راستای عمود بر سطح، نیروی وزن و نیروی عمودی سطح بر خودرو وارد می‌شود و نیروی اصطکاک ایستایی که عمود بر راستای حرکت است، مانع از لغزش خودرو شده و به طرف مرکز پیچ، بر خودرو وارد می‌شود. این نیرو شتاب مرکزگرای لازم را برای دور زدن تأمین می‌کند.)
(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) $r_2 = 4\text{m} \rightarrow v_2 = \frac{2\pi r_2}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 4\text{m}}{0.06\text{s}} = 418.46\text{m/s}$ $r_1 = 2\text{m} \rightarrow a_r = \frac{v_1^2}{r_1} = \frac{(209.23\text{m/s})^2}{2\text{m}} = 21909.52\text{m/s}^2$ $r_2 = 4\text{m} \rightarrow a_r = \frac{v_2^2}{r_2} = \frac{(418.46\text{m/s})^2}{4\text{m}} = 43819.04\text{m/s}^2$	۱۸. پره‌های یک بالگرد در هر دقیقه، ۱۰۰۰ دور می‌چرخند. طول پره‌ها را ۴/۰m فرض کنید و کمیت‌های زیر را برای پره‌ها محاسبه کنید. الف) دوره تناوب پره‌ها ب) تندی در وسط و نوک پره‌ها ب) شتاب مرکزگرا در وسط و نوک پره‌ها

$v = 54 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 54 \times \frac{1}{3.6} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 15 \text{ m/s}$ $\left. \begin{aligned} f_s &= \mu_s N = \mu_s mg \\ F &= m \frac{v^r}{r} \end{aligned} \right\} \rightarrow \mu_s mg = m \frac{v^r}{r}$ $\rightarrow \mu_s = \frac{v^r}{rg} = \frac{(15 \text{ m/s})^r}{9.8 (\text{m/s}^2) \times 50 \text{ m}} \approx 0.46$		۱۹. حداقل ضریب اصطکاک ایستایی بین جرخ 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.

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

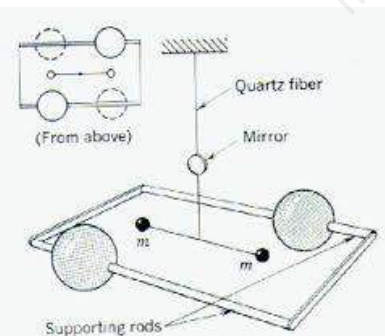
دو گلوله بزرگ هر کدام به جرم M ، که در نزدیک دو سر دمبل و در دو طرف مخالف قرار داده شده اند. این دو گلوله نیز بر روی یک میله افقی قرار گرفته اند و نقطه وسط این میله بر روی تکیه گاهی قرار گرفته است، به گونه ای که می تواند آزادانه بچرخد. نقطه وسط این میله درست در راستای مرکز دمبل و در زیر آن قرار دارد.

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.

$$\left. \begin{aligned} F &= G \frac{M_e m}{r^2} \\ F &= \frac{mV^2}{r} \end{aligned} \right\} \rightarrow r^3 = \frac{GM_e T^2}{4\pi^2}$$

(الف)

$$r^3 = \frac{(6/67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2) (5/98 \times 10^{24} \text{ kg}) (86400 \text{ s})^2}{4 \times (3/14)^2}$$

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

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3/14 \times 42/26 \times 10^6 \text{ m}}{86400 \text{ s}} = 3000 \text{ m/s}$$

(ب)

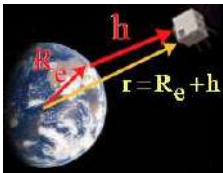
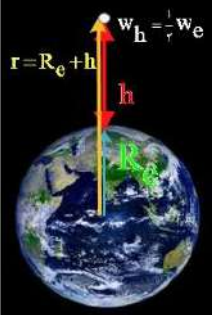
تمرین ۱۱-۲

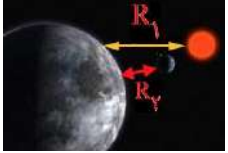


مدار همگام با زمین^۱ و ماهواره های مخابراتی: از دیدگاه مخابراتی، باقی ماندن ماهواره در یک محل نسبت به مکانی در روی زمین (مثلاً بالای ایران) امتیاز محسوب می شود. این در صورتی رخ می دهد که دوره گردش ماهواره به دور زمین با مدت زمان یک دور چرخش زمین به دور خودش، یعنی $24/0 \text{ h}$ یکسان باشند. (الف) در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

$\left. \begin{aligned} F &= G \frac{M_e m}{r^2} \\ F &= \frac{mV^2}{r} \end{aligned} \right\} \rightarrow G \frac{M_e m}{r^2} = \frac{m \left(\frac{4\pi r}{T} \right)^2}{r} \rightarrow G \frac{M_e}{r^2} = \frac{4\pi^2 r}{T^2} \rightarrow$ $T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{GM_e} \right) r^3 \rightarrow T^2 \propto r^3$	پرسش ۱۱-۲ نشان دهید مربع دوره گردش ماهواره ها به دور زمین متناسب با مکعب فاصله ماهواره از مرکز زمین است.
$\left. \begin{aligned} F &= G \frac{M_e m}{r^2} \\ F &= mg_h \end{aligned} \right\} \rightarrow G \frac{M_e m}{r^2} = mg_h \rightarrow g_h = G \frac{M_e}{(R_e + h)^2}$ $\rightarrow g_h = G \frac{M_e}{(R_e + h)^2} \xrightarrow{h=0} g = G \frac{GM_e}{R_e^2}$	تمرین ۱۲-۲ نشان دهید شتاب گرانشی روی زمین برابر است با: $g = G \frac{M_e}{R_e^2}$
(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. ($R_e = 6380 \text{ km}$)



$T = \frac{2\pi r}{v} \rightarrow T = \frac{2 \times 3.14 \times 6979000 \text{ m}}{7560 \text{ m/s}} = 5797 / 37 \text{ s}$ (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 $r = 20 \text{ m}$ 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؟
(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) $a = \frac{v^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{4 / 71 (\text{m/s}^2) \times 9200 \times 10^3 \text{ m}}$ $a = 6584 / 45 \text{ m/s}$ $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2 \times 3.14 \times 9200 \times 10^3 \text{ m}}{6584 / 45 \text{ m/s}} = 8774 / 61 \text{ s}$ (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 $R_e = 6400 \text{ km}$)
(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 3600 کیلومتری از سطح زمین چقدر خواهد شد؟

(ب) $F = G \frac{M_e m}{r^2}$ $F = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 250 \text{ kg} \times 5 / 98 \times 10^{24} \text{ kg}}{(36000 \times 10^3 \text{ m} + 6400 \times 10^3 \text{ m})^2}$ $F = 55 / 467 \text{ N}$	
(الف)  $g_{R_{e1}} = \frac{GM_s}{R_1^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 1 / 99 \times 10^{23} \text{ kg}}{(149 / 6 \times 10^6 \times 10^3 \text{ m})^2}$ $g_{R_{e1}} = 5 / 93 \times 10^{-7} \text{ N / kg}$ (ب) $g_{R_{er}} = \frac{GM_m}{R_r^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 7 / 36 \times 10^{22} \text{ kg}}{(3 / 84 \times 10^5 \times 10^3 \text{ m})^2} = 3 / 33 \times 10^{-5} \text{ N / kg}$	۵۳ ۳۳. الف) شتاب گرانشی ناشی از خورشید در سطح زمین چقدر است؟ ب) شتاب گرانشی ناشی از ماه در سطح زمین چقدر است؟ $M_{\text{خورشید}} = 1 / 99 \times 10^{23} \text{ kg}$ 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 $3 / 0 \times 10^4 \text{ kg}$ 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؟ $M_{\text{خورشید}} = 1 / 99 \times 10^{23} \text{ kg}$ 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 $= 3 / 84 \times 10^5 \text{ km}$

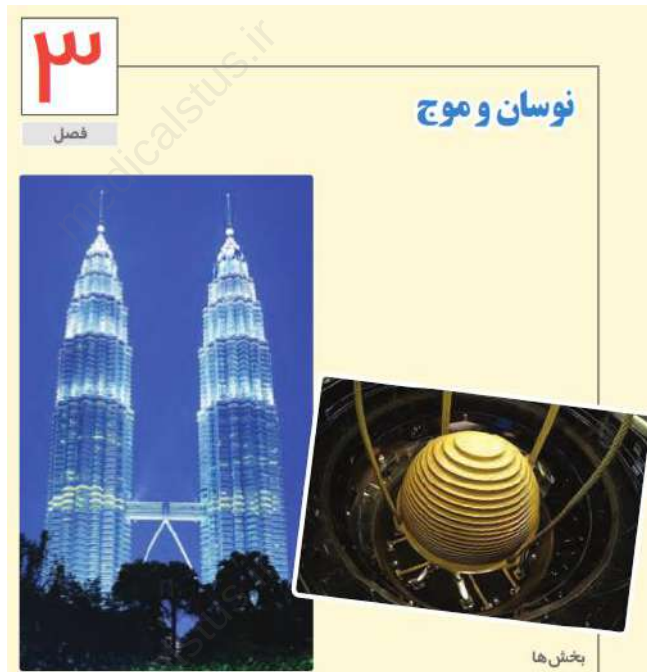
(ب)

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

$$r_1 + r_r = d$$

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

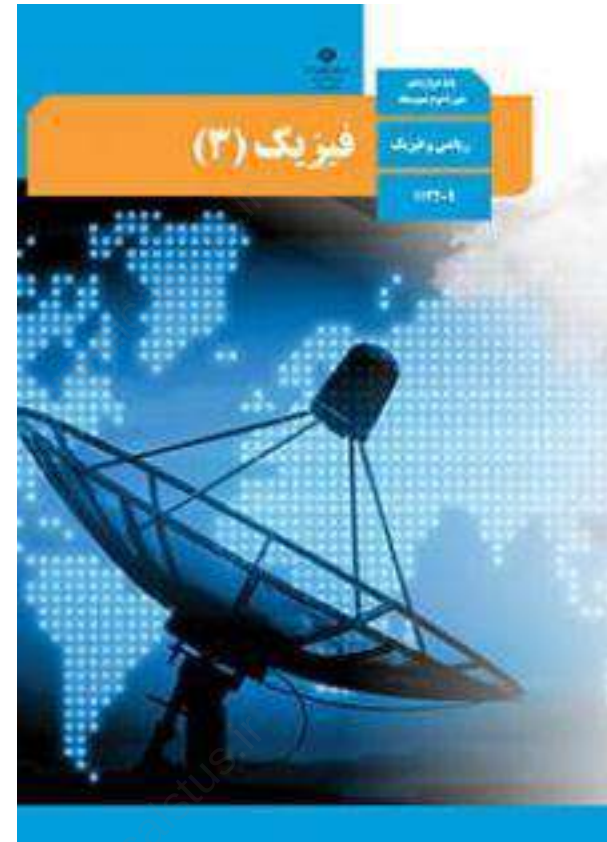
$$\rightarrow \frac{r_1}{d - r_1} = 9 \rightarrow r_1 = 9d - 9r_1 \rightarrow r_1 = \circ / 9d = 3 / 456 \times 10^4 \text{ m}$$



راهنمای حل فصل ۳ فیزیک دوازدهم

رشته ریاضی و فیزیک

منطبق بر کتاب درسی



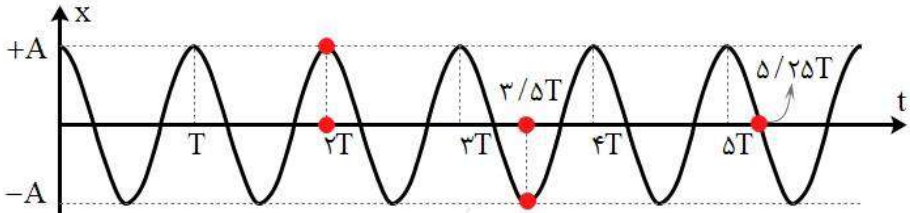
گروه فیزیک استان گیلان @Schoolphysics

نوسان و موج			
صفحه pdf	صفحه کتاب درسی	فعالیت / پرسش / تمرین / مسائل	
۱	۶۲	۱-۳- نوسان دوره ای	
۱	۶۲	پرسش ۱-۲	۱
۱	۶۳	۲-۳ حرکت هماهنگ ساده	
۱	۶۴	تمرین ۱-۳	۲
۲	۶۴	تمرین ۲-۳	۳
۲	۶۵	فعالیت ۲-۳	۴
۳	۸۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱	۵
۳	۸۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲	۶
۳	۸۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳	۷
۴	۸۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴	۸
۴	۸۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۵	۹
۵	۶۶	۳-۳ انرژی در حرکت هماهنگ ساده	
۵	۸۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۶	۱۰
۵	۸۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۷	۱۱
۵	۸۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۸	۱۲
۶	۸۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۹	۱۳
۶	۶۸	۴-۳ تشدید	
۷-۶	۶۸	فعالیت ۳-۳	۱۴
۷	۶۹	تمرین ۳-۳	۱۵
۷	۶۹	پرسش ۲-۳	۱۶
۸	۸۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۰	۱۷
۸	۸۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۱	۱۸
۹	۶۹	۵-۳ موج و انواع آن	

۹	۷۰	پرسش ۳-۳	۱۹
۹	۷۰	۳-۶ مشخصه های موج	
۹	۷۳	پرسش ۴-۳	۲۰
۹	۷۴	تمرین ۴-۳	۲۱
۹-۱۰	۷۵	پرسش ۵-۳	۲۲
۱۰	۷۶	تمرین ۵-۳	۲۳
۱۰	۷۶	فعالیت ۴-۳	۲۴
۱۱	۷۷	فعالیت ۵-۳	۲۵
۱۲-۱۱	۷۹	پرسش ۶-۳	۲۶
۱۲	۷۹	فعالیت ۶-۳	۲۷
۱۳-۱۲	۸۰	تمرین ۶-۳	۲۸
۱۳	۸۱	تمرین ۷-۳	۲۹
۱۴-۱۳	۸۲	پرسش ۷-۳	۳۰
۱۴	۸۴	پرسش ۸-۳	۳۱
۱۴	۸۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۲	۳۲
۱۵	۸۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۳	۳۳
۱۵	۸۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۴	۳۴
۱۵	۸۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۵	۳۵
۱۵	۸۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۶	۳۶
۱۶	۸۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۷	۳۷
۱۶	۸۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۸	۳۸
۱۶	۸۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۹	۳۹
۱۶-۱۷	۸۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۰	۴۰
۱۷	۸۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۱	۴۱
۱۷	۸۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۲	۴۲

۴۳	پرسی و مسئله ها آخر فصل - ۲۳	۸۷	۱۷
۴۴	پرسی و مسئله ها آخر فصل - ۲۴	۸۷	۱۸
۴۵	پرسی و مسئله ها آخر فصل - ۲۵	۸۸	۱۸
۴۶	پرسی و مسئله ها آخر فصل - ۲۶	۸۸	۱۸
۴۷	پرسی و مسئله ها آخر فصل - ۲۷	۸۸	۱۹
۴۸	پرسی و مسئله ها آخر فصل - ۲۸	۸۸	۱۹
۴۹	پرسی و مسئله ها آخر فصل - ۲۹	۸۸	۱۹
۵۰	پرسی و مسئله ها آخر فصل - ۳۰	۸۸	۲۰
۵۱	پرسی و مسئله ها آخر فصل - ۳۱	۸۸	۲۰
۵۲	پرسی و مسئله ها آخر فصل - ۳۲	۸۸	۲۱

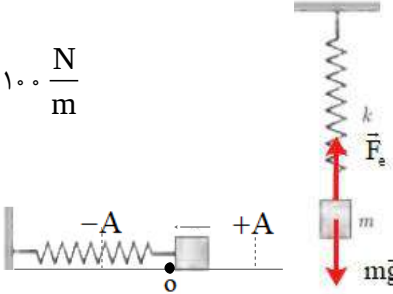
گروه فیزیک استان گیلان پاسخ پرسش های فصل سوم - بخش های ۱-۳، ۲-۳، ۳-۳ و ۴-۳ - نوسان دوره ای، حرکت هماهنگ ساده، انرژی و تشدید تهیه و تنظیم توسط همکاران: آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

 در نزدیکی بالای سازه، جرم عظیمی (میراگر جرمی) وجود دارد که به وسیله کابل های فولادی معلق است و در صورت زلزله این جرم مثل پاندول برخلاف جهت حرکت ساختمان در حال جنبش فعالیت می کند و انرژی و تاثیر لرزشی توفان و زلزله را پراکنده می کند.	در طراحی و ساخت برج های بلند، توجه به قوانین فیزیکی نوسان و موج اهمیت زیادی دارد. در برخی از این برج ها آونگ های بسیار سنگینی (در حدود چند صد تن)، در طبقات بالایی نصب می کنند تا از نوسان های احتمالی برج کم کند. چگونه یک آونگ می تواند این نوسان ها را کاهش دهد؟
	۱-۳ نوسان دوره ای
$T = \frac{1}{65} \text{ min} \rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.92 \text{ s}} = 1.08 \text{ Hz}$	پرسش ۱-۳ بسامد ضربان قلب مربوط به نمودار شکل ۲-۳ چقدر است؟ دوره تناوب ضربان قلب این شخص $\frac{1}{65}$ دقیقه، یا ۰.۹۲ ثانیه است.  شکل ۳-۱ نمونه ای از نمودار الکتریکال قلب (انوار قلب) یک شخص
	۲-۳ حرکت هماهنگ ساده
با توجه به نمودار پائین، نتایج زیر به دست می آید: (الف) در $t = 2/50 \cdot T$، ذره در $x = +A$ قرار دارد. (ب) در $t = 3/50 \cdot T$، ذره در $x = -A$ قرار دارد. (پ) در $t = 5/25 \cdot T$، ذره در $x = 0$ قرار دارد. 	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 $x=A$، $x=-A$ یا در $x=0$ خواهد بود؟ (الف) $t = 2/50 \cdot T$ (ب) $t = 3/50 \cdot T$ (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.)

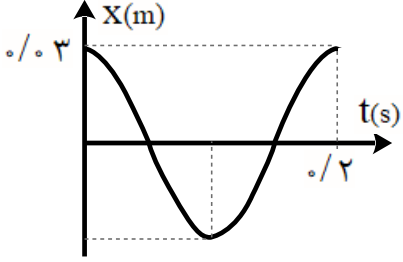
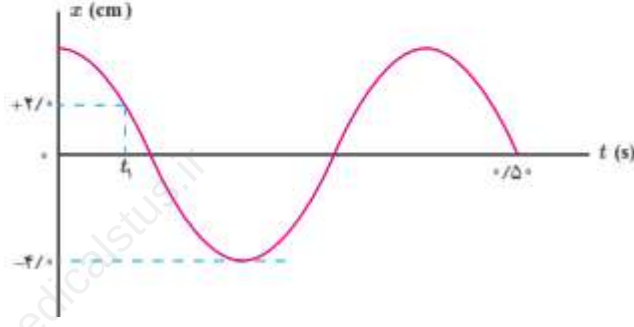
گروه فیزیک استان گیلان پاسخ پرسش های فصل سوم - بخش های ۱-۳، ۲-۳، ۳-۳ و ۴-۳ - نوسان دوره ای، حرکت هماهنگ ساده، انرژی و تشدید تهیه و تنظیم توسط همکاران: آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

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: $A \cos \omega t = A \cos \omega(t+T) \rightarrow \omega(t+T) = 2k\pi + \omega t$ $\omega t + \omega T = 2k\pi + \omega t \rightarrow \omega T = 2k\pi$ $\xrightarrow{k=1} \omega T = 2\pi \rightarrow \boxed{\omega = \frac{2\pi}{T}}$	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 $\omega = 2\pi/T$.
الف) جسمی 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 $(T \propto 1/\sqrt{k})$. 

گروه فیزیک استان گیلان پاسخ پرسش های فصل سوم - بخش های ۱-۳، ۲-۳، ۳-۳ و ۴-۳ - نوسان دوره ای، حرکت هماهنگ ساده، انرژی و تشدید تهیه و تنظیم توسط همکاران: آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

	۱-۳ و ۲-۳ نوسان دوره ای و حرکت هماهنگ ساده	
$mg = 20 \text{ N}, x = 0.2 \text{ m}$ $F_{\text{net}} = 0 \Rightarrow mg = kx \Rightarrow k = \frac{mg}{x} \Rightarrow k = \frac{20 \text{ N}}{0.2 \text{ m}} = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ $mg = \Delta N \Rightarrow m = \frac{\Delta N}{9.8 (\text{N/kg})} \approx 0.5 \text{ kg}$ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \times 3.14 \sqrt{\frac{0.5}{100}} \approx 0.44 \text{ s}$ 	۱. یک وزنه 20 N را از انتهای یک فنر قائم می آویزیم، فنر 20 cm کشیده می شود. سپس این فنر را در حالی که به یک وزنه 50 N متصل است روی میز بدون اصطکاک به نوسان درمی آوریم. دوره تناوب این نوسان چقدر است؟	۵
$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \rightarrow \frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{m'}{m}} \Rightarrow \frac{3}{2} = \sqrt{\frac{m+2}{m}}$ $\Rightarrow \frac{9}{4} = \frac{m+2}{m} \Rightarrow 9m - 4m = 8 \Rightarrow m = \frac{8}{5} \text{ kg} \Rightarrow m = 1.6 \text{ kg}$	۲. هرگاه جسمی به جرم m به فتری متصل شود و به نوسان درآید، با دوره تناوب 2 s نوسان می کند. اگر جرم این جسم 2 kg افزایش یابد، دوره تناوب 3 s می شود. مقدار m چقدر است؟	۶
$m = \frac{1600}{4} = 400 \text{ kg}$ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \times 3.14 \sqrt{\frac{400 \text{ kg}}{2 \times 10^4 (\text{N/m})}} = 0.89 \text{ s}$ $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.89 \text{ s}} \approx 1.12 \text{ Hz}$ $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 10^4 (\text{N/m})}{400 \text{ kg}}} = 70.7 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$	۳. جرم خودرویی همراه با سرنشینان آن 1600 kg است. این خودرو روی چهار فنر با ثابت $2 \times 10^4 \text{ N/m}$ 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 چهارجریخ توزیع شده است.	۷

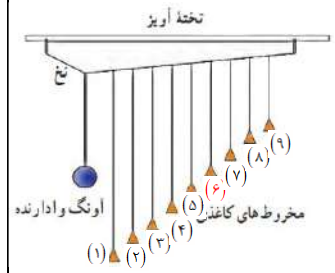
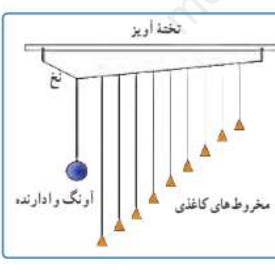
گروه فیزیک استان گیلان پاسخ پرسش های فصل سوم - بخش های ۱-۳، ۲-۳، ۳-۳ و ۴-۳ - نوسان دوره ای، حرکت هماهنگ ساده، انرژی و تشدید تهیه و تنظیم توسط همکاران: آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

$A = 3 \times 10^{-2} = 0.03 \text{ m}, f = 5 \text{ Hz}, T = 0.2 \text{ s}$ $\omega = 2\pi f = 2\pi \times 5 (\text{Hz}) = 10\pi \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$ $x = (0.03 \text{ m}) \cos 10\pi t$ $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{5 \text{ Hz}} = 0.2 \text{ s}$ 	۸. دامنه نوسان یک حرکت هماهنگ ساده $3 \times 10^{-2} \text{ m}$ و بسامد آن 5 Hz است. معادله حرکت این نوسانگر را بنویسید و نمودار مکان - زمان آن را در یک دوره رسم کنید.	۸
(الف) $A = 0.04 \text{ m}$ $\frac{\Delta T}{T} = 0.05 \text{ s} \Rightarrow T = 0.04 \text{ s} \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.04 \text{ s}} = 50\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ $x = A \cos \omega t \Rightarrow x = (0.04 \text{ m}) \cos 50\pi t$ (ب) $A = 0.04 \text{ m}$ $x = A \cos \omega t \Rightarrow \frac{x}{A} = \cos \omega t \Rightarrow \frac{2}{4} = \cos 50\pi t_1 \Rightarrow \frac{1}{2} = \cos 50\pi t_1$ $\cos \frac{\pi}{3} = \cos 50\pi t_1 \Rightarrow \frac{\pi}{3} = 50\pi t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{1}{150} \text{ s}$ (پ) $F = ma, F = kx \Rightarrow ma = kx $ $\left(\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow k = m\omega^2 \right)$ $\Rightarrow ma = m\omega^2 x \Rightarrow a = \omega^2 x = 50\pi^2 \times 0.02 \approx 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	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. 	۹

گروه فیزیک استان گیلان پاسخ پرسش های فصل سوم - بخش های ۱-۳، ۲-۳، ۳-۳ و ۴-۳ - نوسان دوره ای، حرکت هماهنگ ساده، انرژی و تشدید تهیه و تنظیم توسط همکاران: آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

	۳-۳ انرژی در حرکت هماهنگ ساده	
$E = \frac{1}{2}kA^2, E = K + U$ $\frac{1}{2}kA^2 = K + U$ $\frac{1}{2} \times (74 \text{ N/m}) \times (8 \times 10^{-2} \text{ m})^2 = K + (8 \times 10^{-2} \text{ J}) \Rightarrow K = 15/68 \times 10^{-2} \text{ J}$	۷. دامنه نوسان وزنه ای که به یک فنر با ثابت فنر ۷۴ N/m متصل است و در راستای افقی نوسان می کند، برابر با ۸/۰ 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) $v_{\max} = A\omega = A\sqrt{\frac{k}{m}} = 0.09 \text{ m} \times \sqrt{\frac{600 \text{ N/m}}{1 \text{ kg}}} = 2/2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $U = E - K = \frac{1}{2}kA^2 - \frac{1}{2}mv^2$ $\Rightarrow U = \frac{1}{2} \times (600 \text{ N/m}) \times (0.09 \text{ m})^2 - \frac{1}{2} \times (1 \text{ kg}) \times (1/6 \text{ m/s})^2 \Rightarrow U = 1/15 \text{ J}$	۸. جسمی به جرم 1 kg به فنری افقی با ثابت 600 N/m 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 $1/6 \text{ m/s}$ است، انرژی پتانسیل کنشسانی آن چقدر است؟	۱۱
(الف) $\omega = 2\pi \text{ rad/s} \rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi(\text{rad})}{2\pi \text{ rad/s}} = 0.1 \text{ s}$ $t = \frac{T}{4} = \frac{0.1 \text{ s}}{4} = 0.025 \text{ s}$ $t_r = \frac{T}{2} = \frac{0.1 \text{ s}}{2} = 0.05 \text{ s}$ (ب) (پ) $E = k + u \rightarrow E = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2}mV^2 \rightarrow V = \frac{\sqrt{2}}{2}\omega A$ $V = \frac{\sqrt{2}}{2}\omega A \xrightarrow{A=0.05 \text{ m}} V = \frac{\sqrt{2}}{2} \left(2\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right) \times 0.05 \text{ m} \rightarrow v = 0.5\pi\sqrt{2} \text{ m/s}$	۸. 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؟ (پ) تندی نوسانگر چقدر باشد تا انرژی جنبشی نوسانگر برابر با انرژی پتانسیل آن شود؟	۱۲

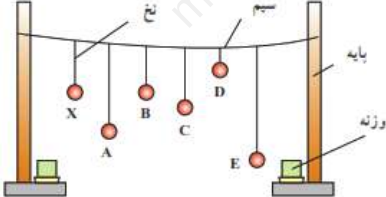
گروه فیزیک استان گیلان پاسخ پرسش های فصل سوم - بخش های ۱-۳، ۲-۳، ۳-۳ و ۴-۳ - نوسان دوره ای، حرکت هماهنگ ساده، انرژی و تشدید تهیه و تنظیم توسط همکاران: آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

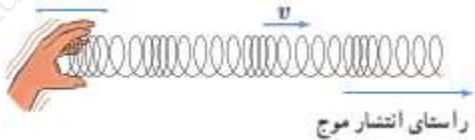
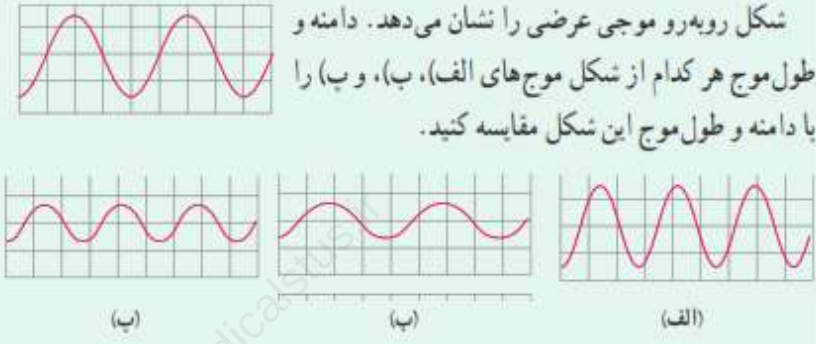
(الف) $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \rightarrow \frac{T_{Ostova}}{T_{Tehran}} = \frac{\sqrt{g_{Tehran}}}{\sqrt{g_{Ostova}}} = \frac{\sqrt{9/8 \frac{m}{s^2}}}{\sqrt{9/78 \frac{m}{s^2}}} = 1/001$ زمان دوره تناوب استوا (T_{Ostova}) بیشتر از زمان دوره تناوب تهران (T_{Tehran}) است. در نتیجه آونگ استوا کندتر حرکت می کند. $T_{Ostova} = 1/001 T_{Tehran}$ $\Delta T = T_{Ostova} - T_{Tehran} = 0/001 T_{Tehran} = 0/001 \times 24h$ $\Delta T = 0/001 \times 86400s = 86/4s$ و به اندازه $86/4s$ 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.	۴. 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؟ ($g_{Tehran} = 9/8 m/s^2$ و $g_{استوا} = 9/78 m/s^2$) ب) به نظر شما آیا با افزایش دما، یک ساعت آونگ دار جلو می افتد یا عقب؟	۱۳
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 واداشته آونگ از رابطه $f_d = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$ به دست می آید. 	۴-۳ تشدید فعالیت ۳-۳ آونگ های پارتون^۱: 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

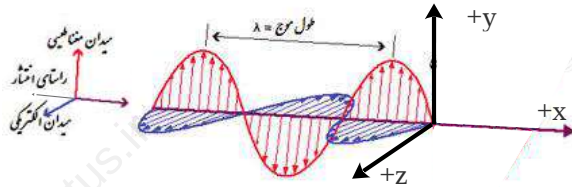
گروه فیزیک استان گیلان پاسخ پرسش های فصل سوم - بخش های ۱-۳، ۲-۳، ۳-۳ و ۴-۳ - نوسان دوره ای، حرکت هماهنگ ساده، انرژی و تشدید تهیه و تنظیم توسط همکاران: آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

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 $f_d = f_0$ است. بنابراین در آونگ ۶، تشدید صورت می گیرد.	
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 $f_d = f_0$ است. بنابراین در آونگ ۶، تشدید صورت می گیرد. $\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \rightarrow \begin{cases} L_1 = 0.4 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_1}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{0.4 \text{ m}}} = 4.94 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\ L_2 = 0.8 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_2}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{0.8}} = 3.5 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\ L_3 = 1.2 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_3}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{1.2}} = 2.85 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\ L_4 = 2.8 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_4}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{2.8}} = 1.87 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\ L_5 = 3.5 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_5}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{3.5}} = 1.67 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \end{cases}$ 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).
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 زیادتری 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 ۲-۲ در پی زمین لرزه 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 پابرجا ماندند. علت این پدیده را توضیح دهید.   (الف) ساختمان های کوتاه و (ب) ساختمان های بلند، در زمین لرزه مکزیکوسیتی بر جای ماندند.

گروه فیزیک استان گیلان پاسخ پرسش های فصل سوم - بخش های ۱-۳، ۲-۳، ۳-۳ و ۴-۳ - نوسان دوره ای، حرکت هماهنگ ساده، انرژی و تشدید تهیه و تنظیم توسط همکاران: آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

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 ۱۰. 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 میلینیوم^۱ 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؟	۱۷
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.	۱۱. مطابق شکل چند آونگ را از سیمی آویخته ایم. توضیح دهید با به نوسان در آوردن آونگ X، آونگ های دیگر چگونه نوسان می کنند؟ 	۱۸

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. 	۳-۵ 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 $\lambda < \lambda_f$ ب) $\lambda = \lambda_b$ و $A_b < A$ پ) $\lambda < \lambda_p$ و $A_p < A$	۳-۶ مشخصه های موج پرسش ۴-۳ شکل رویه 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
$V = \sqrt{\frac{FL}{m}} \rightarrow \begin{cases} V = \sqrt{\frac{226N \times 0.628m}{0.208 \times 10^{-3}kg}} = 826.04 m/s \\ V = \sqrt{\frac{226N \times 0.628m}{3.32 \times 10^{-3}kg}} = 206.75 m/s \end{cases}$	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 ۰.۶۲۸m است. برای نواختن بالاترین بسامد، جرم تار ۸g/۲۰ = و برای نواختن پایین ترین بسامد، جرم تار ۳۲g/۳ است. تارها تحت کششی برابر ۲۲۶N 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، و +z را مانند شکل ۳-۲۰ در نظر بگیرید.)	۲۲

	 شکل ۱۳-۵: 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.
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؟

فعالیت ۵-۳

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

۲۵

نام و حدود طول موج	چشمه	وسایل آشکارسازی	بعضی از ویژگی های خاص و کاربرد
رادیو گاما (γ) $\lambda_{pm} = 10^{-17}m$	هسته مواد رادیو اکتیو و پرتوهای کیهانی	شماتر گز 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) $\lambda_{pm} = 10^{-11}m$	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 پرتو درمانی
فرا بنفش (UV) $\lambda_{nm} = 10^{-9}m$	خورشید، جسم های خیلی داغ، جرقه الکتریکی، لامپ بخار جیوه	فیلم عکاسی، فوتوسل	ویژگی ها: توسط شیشه جذب می شود، سبب بیماری ازوکتش های شیمیایی می شود، باخته های زنده را از بین می برد، کاربرد: لامپ های UV در پزشکی
نور مرئی $\lambda_{nm} = 400 - 700nm$	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 (لیزر و تارهای نوری) مورد استفاده قرار می گیرد.
فروسرخ (IR) $\lambda_{nm} = 10^{-6}m$	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 $\lambda_{m} (VHF)$	اجاق های مایکروویو، آنتن های رادیویی و تلویزیونی	رادیو و تلویزیون	کاربرد: در آنتن سازی، رادیو، تلویزیون، مخابرات ماهواره ای و در رادارها برای آشکارسازی هواپیما، موشک و گشتی

پرسش ۶-۳

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

۲۶

الف) دیپازون از یک فلزی دوشاخه ای درست می شود که انتهای آنها بر هم کویل می شود اگر ضربه ای به یکی از شاخه ها بزنیم هوای داخل آنرا متراکم می کند و چون ته دیپازون کویل 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.
۲۷	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 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 در ثانیه است. برگرفته از: کتاب: صوت نوشته: جی. استفنسن
۲۸	اگر تندی صوت در هوا V_a و اگر تندی صوت در میله V_b $\Delta T = \frac{\Delta x}{V_a} - \frac{\Delta x}{V_b} = \frac{(V_b - V_a)\Delta x}{V_a V_b} \rightarrow \Delta x = \frac{V_a V_b}{V_b - V_a} \Delta t$

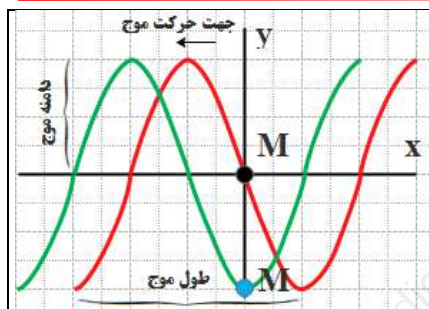
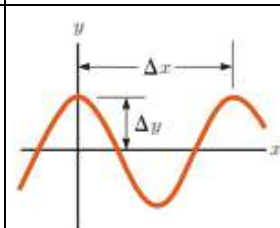
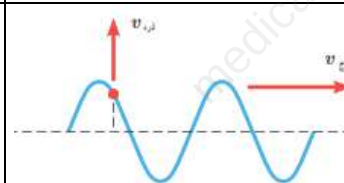


تمرین ۳-۶

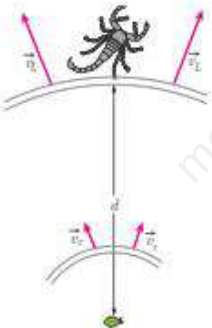
شخصی با چکش به انتهای میله باریک بلندی ضربه ای می زند. تندی صوت در این میله ۱۵ برابر تندی صوت در هوا است. شخص دیگری که گوش خود را نزدیک به انتهای دیگر میله گذاشته است، دو صدا را که یکی از میله می آید و دیگری از هوای اطراف میله، با اختلاف زمانی ۱/۲۵ s می شنود. اگر تندی صوت در هوا ۳۴۰ m/s باشد، طول میله چقدر است؟

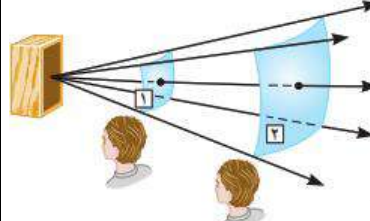
$\rightarrow \Delta x = \frac{v_a(15v_a)}{15v_a - v_a} \Delta t = \frac{15v_a}{14v_a} \Delta t = \frac{15 \times 340 \text{ m/s}}{14} \times 0.12 \text{ s} = 43.7 \text{ m}$	
$\beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = (10 \text{ dB}) \log(I_1 - I_0)$ $\beta_2 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) = (10 \text{ dB}) \log(I_2 - I_0)$ $\beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log(I_2 - I_1) \rightarrow \beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_2}{I_1}\right)$ $\beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{10 \cdot I_1}{I_1}\right) \rightarrow \beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log(10) = (10 \text{ dB})(1) = 10 \text{ dB}$	تمرین ۷-۳ 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 (پ) 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 ۷-۳ 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

بالا تر 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.	
چون چشمه نور از آشکارساز دور شده است، با افزایش طول موج، بسامد کمتر می شود در نتیجه آشکارساز با بسامد کمتر از f_0 را دریافت می کند و $f < f_0$ می شود.	بخش ۳-۸ شکل زیر چشمه نوری را نشان می دهد که در حال حرکت به طرف راست است. چشمه، نوری با بسامد f را گسیل می کند. بسامد نوری که آشکارساز ساکن دریافت می کند بیشتر از f است یا کمتر؟ 
	۳-۵ و ۳-۶ موج و انواع آن، و مشخصه های موج
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.	۱۱. 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.

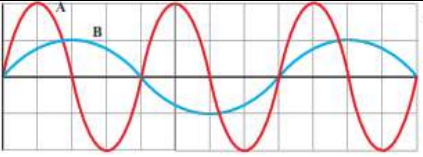
(الف)  (ب) $\lambda = \frac{V}{f} \rightarrow 50 \text{ cm} = \frac{10 \text{ cm}}{f} \rightarrow f = 2 \text{ Hz}$ $L = \frac{\lambda}{4} \rightarrow L = \frac{50 \text{ cm}}{4} = 12.5 \text{ cm}$ (پ)	۳۳. شکل زیر یک تصویر لحظه ای از موجی عرضی در یک ریسمان کشیده شده را نشان می دهد. موج به سمت چپ حرکت 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 50 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؟
$\lambda = \Delta x = 40 \text{ cm}$ $A = \Delta y = 15 \text{ cm}$ $\lambda = \frac{V}{f} \rightarrow 40 \times 10^{-2} \text{ m} = \frac{V}{8 \text{ Hz}} \rightarrow V = 3.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $T = \frac{1}{f} \rightarrow T = \frac{1}{8} \text{ s} = 0.125 \text{ s}$	۳۴. در نمودار جابه جایی - مکان موج عرضی شکل زیر $\Delta x = 40 \text{ cm}$ و $\Delta y = 15 \text{ cm}$ است. اگر بسامد نوسان های چشمه 8 Hz باشد، طول موج، دامنه، تندی و دوره تناوب موج چقدر است؟ 
تندی انتشار موج (V) 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.	۳۵. 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. 

۳۶. 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؟																			
۳۷. سیمی با جگالی $\gamma / 8 = \text{g/cm}^2$ و سطح مقطع 0.5 mm^2 بین دو نقطه با نیروی 156 N کشیده شده است. تندی انتشار موج عرضی را در این سیم محاسبه کنید.	$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \rightarrow V = \sqrt{\frac{FL}{M}} \rightarrow V = \sqrt{\frac{FL}{\rho V}} = \sqrt{\frac{FL}{\rho AL}} \rightarrow V = \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$ $\rightarrow V = \sqrt{\frac{156 \text{ N}}{(\gamma / 8 \times 10^{-2} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}) \times 0.50 \times 10^{-6}}} = 200 \text{ m/s}$																		
۳۸. 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؟	<table border="1"><tr><td>پرتوهای γ</td><td>پرتوهای x</td><td>P</td><td>Q</td><td>R</td><td>S</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>γ</td><td>X</td><td>P</td><td>Q</td><td>R</td><td>S</td></tr></table> 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.	پرتوهای γ	پرتوهای x	P	Q	R	S							γ	X	P	Q	R	S
پرتوهای γ	پرتوهای x	P	Q	R	S														
γ	X	P	Q	R	S														
۳۹. 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 z انتقال می دهد. جهت میدان مغناطیسی موج را در این نقطه و این لحظه تعیین کنید.																			

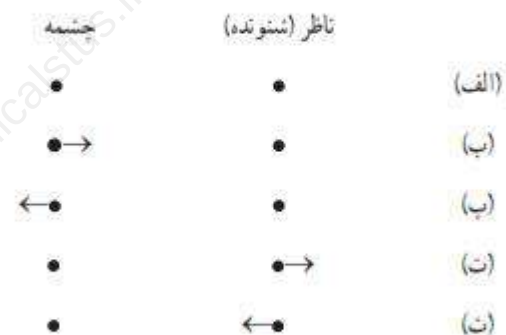
(الف) $f = \frac{C}{\lambda} \rightarrow f = \frac{3 \times 10^8 \frac{m}{s}}{6/20 \times 10^{-7}} = 4/8 \times 10^{14} \text{ Hz}$ (ب) $\lambda = \frac{C}{f} \rightarrow \lambda_0 = \frac{3/0 \times 10^8 \frac{m}{s}}{4/30 \times 10^{14}} = 6/9 \times 10^{-7} \text{ m}$ $\lambda = \frac{2/25 \times 10^8 \frac{m}{s}}{4/30 \times 10^{14}} = 5/2 \times 10^{-7} \text{ m}$	۴۰. 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 $4/3 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 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.)
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. $\frac{\lambda}{2} = 5 \text{ m}$	۴۱. چشمه موجی با بسامد 1 Hz در یک محیط که تندی انتشار موج در آن 10 m/s است، نوسان هایی طولی ایجاد می کند. اگر دامنه نوسان ها 4 cm باشد، الف) فاصله بین دو تراکم متوالی این موج چقدر است؟ ب) فاصله بین یک تراکم و یک انبساط متوالی چقدر است؟
$V_L > V_T \rightarrow (\Delta t)_L < (\Delta t)_T$ $(\Delta t)_L = t_L ; (\Delta t)_T = t_T$ $\Delta t = t_T - t_L \rightarrow \Delta t = \frac{d}{V_T} - \frac{d}{V_L} \rightarrow 4/0 \times 10^{-7} \text{ s} = \frac{d}{50 \frac{m}{s}} - \frac{d}{150 \frac{m}{s}} = \frac{2d}{150 \frac{m}{s}}$ $d = \frac{150 \times 4/0 \times 10^{-7} \text{ m}}{2} = 0/3 \text{ m} = 30 \text{ cm}$	۴۲. 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 بای 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؟ 

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.	۴۳. توضیح دهید کدام یک از عامل های زیر بر تندی صوت در هوا مؤثر است. الف) شکل موج ب) دامنه موج ب) بسامد موج ت) دمای هوا
الف) $\omega = 2\pi f \rightarrow \omega = 2(3/14)(6/7 \times 10^6 \text{ Hz}) = 42/07 \times 10^6 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 4/2 \times 10^7 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ ب) $\lambda = \frac{V}{f} \rightarrow \lambda = \frac{1500 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{6/7 \times 10^6 \text{ Hz}} \rightarrow \lambda = 2/24 \times 10^{-4} \text{ m}$	۴۴. 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 ۶/۷MHz عمل می کند. الف) بسامد زاویه ای در این کاوه نوسان چقدر است؟ ب) اگر تندی موج صوتی در بافتی نرم از بدن ۱۵۰۰ m/s باشد، طول موج این موج در این بافت چقدر است؟ 
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) $\Delta t = \frac{L(V' - V)}{V \times V'} \rightarrow 1/00 \text{ s} = \frac{L(5941 - 340)}{340 \times 5941} \rightarrow 1/00 \text{ s} = \frac{5601L}{2019940}$ $\rightarrow L = 360/6 \text{ m}$	۴۵. 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 $\Delta t = 1/00 \text{ s}$ و فلز از جنس فولاد باشد، طول L لوله چقدر است؟ ($v_{\text{فلز}} = 340 \text{ m/s}$)
$I_1 = \frac{\bar{P}}{A_1} = \frac{1/2 \times 10^{-4} \text{ W}}{4 \text{ m}^2} = 3 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$ $I_2 = \frac{\bar{P}}{A_2} = \frac{1/2 \times 10^{-4} \text{ W}}{12 \text{ m}^2} = 1 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$	۴۶. موجی صوتی با توان $1/2 \times 10^{-4} \text{ W}$ عمود بر جهت انتشار از دو صفحه فرضی (شکل ۲۶-۳) می گذرد. با فرض اینکه مساحت صفحه ها به ترتیب $A_1 = 4/0 \text{ m}^2$ 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. 

شنونده دوم توان بر واحد سطح کمتری از شنونده اول دریافت می کند.	
$\beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{10^{-2} \text{ W/m}^2}{10^{-12} \text{ W/m}^2}\right) = 100 \text{ dB}$	۴۷. μV. شدت صدای حاصل از یک مته سنگ شکن در فاصله 10 m از آن 10^{-2} W/m^2 است. تراز شدت صوتی آن بر حسب dB چقدر می شود؟
$\beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) \rightarrow 28 \text{ dB} = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_1}{10^{-12} \text{ W/m}^2}\right)$ $\rightarrow 2/8 = \log\left(\frac{I_1}{10^{-12} \text{ W/m}^2}\right) \rightarrow \frac{I_1}{10^{-12} \text{ W/m}^2} = 10^{2/8}$ $\rightarrow I_1 = 10^{2/8} \times 10^{-12} \text{ W/m}^2 = 10^{-9/2} \text{ W/m}^2 = 10^{-10} \times 10^{-1/8} \text{ W/m}^2$ $I_1 = 6/31 \times 10^{-10} \text{ W/m}^2$ یا $\beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) \rightarrow I_1 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \times 10^{\left(\frac{28 \text{ dB}}{10 \text{ dB}}\right)} = 6/31 \times 10^{-10} \text{ W/m}^2$ $\beta_2 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) \rightarrow I_2 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \times 10^{\left(\frac{92 \text{ dB}}{10 \text{ dB}}\right)} = 1/58 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2$	۴۸. μA. اگر به مدت 1 دقیقه در معرض صوتی با تراز شدت 28 dB باشیم، آستانه شنوایی به طور موقت از 10 dB به 28 dB افزایش می یابد. مطالعات نشان داده است که به طور متوسط اگر به مدت 1 سال در معرض صدایی با تراز شدت 92 dB قرار گیریم، آستانه شنوایی به طور دائم به 28 dB افزایش می یابد. شدت های صوت مربوط به 28 dB و 92 dB چقدر است؟ (راهنمایی: برای پاسخ دادن لازم است از مائین حساب مناسب استفاده کنید.)
$\beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_2}{I_1}\right) \rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 10^{\left(\frac{\Delta\beta}{10 \text{ dB}}\right)} = 10^{\left(\frac{5 \text{ dB}}{10 \text{ dB}}\right)} = 10^{1/2} = 3/16$	۴۹. μq. 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 (بر حسب W/m^2) به ترتیب I_1 و I_2 هستند. نسبت I_2/I_1 را تعیین کنید.

$I = \frac{\bar{P}}{A} = \frac{\bar{P}}{4\pi r^2} \rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{\bar{P}}{4\pi r_1^2}}{\frac{\bar{P}}{4\pi r_2^2}} = \frac{r_2^2}{r_1^2} = \left(\frac{16.0\text{m}}{64.0\text{m}}\right)^2 = \left(\frac{1}{4}\right)^2$ $\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{1}{4}\right)^2 \rightarrow I_2 = 16I_1 = 16 \times 0.1\text{W/m}^2 = 1.6\text{W/m}^2$	۵۰. ۱۱۱. در یک آتش بازی، موشکی در بالای آسمان منفجر می شود. فرض کنید صوت به طور یکنواخت در تمام جهات 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 $r_1 = 64 \text{ m}$ از محل انفجار قرار دارد، این صوت به شنونده ای که در فاصله $r_2 = 16 \text{ m}$ از محل انفجار قرار دارد با چه شدتی می رسد؟
بر طبق شکل $\lambda_B = 2\lambda_A$ ، $A_A = 2A_B$ $V_A = V_B \rightarrow \frac{f_B}{f_A} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{1}{2}$ $\left. \begin{aligned} E &= 2\pi^2 m A^2 f^2 \\ I &= \frac{\bar{P}}{4\pi r^2} = \frac{E}{4\pi r^2 t} \end{aligned} \right\} \rightarrow I = \frac{2\pi m A^2 f^2}{4\pi r^2}$ $\frac{I_B}{I_A} = \frac{A_B^2 f_B^2}{A_A^2 f_A^2} = \frac{A_B^2 f_B^2}{(2A_B)^2 (2f_B)^2} = \frac{1}{16} \rightarrow I_A = 16I_B$	۵۱. ۱۱۱. 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. 

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



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.

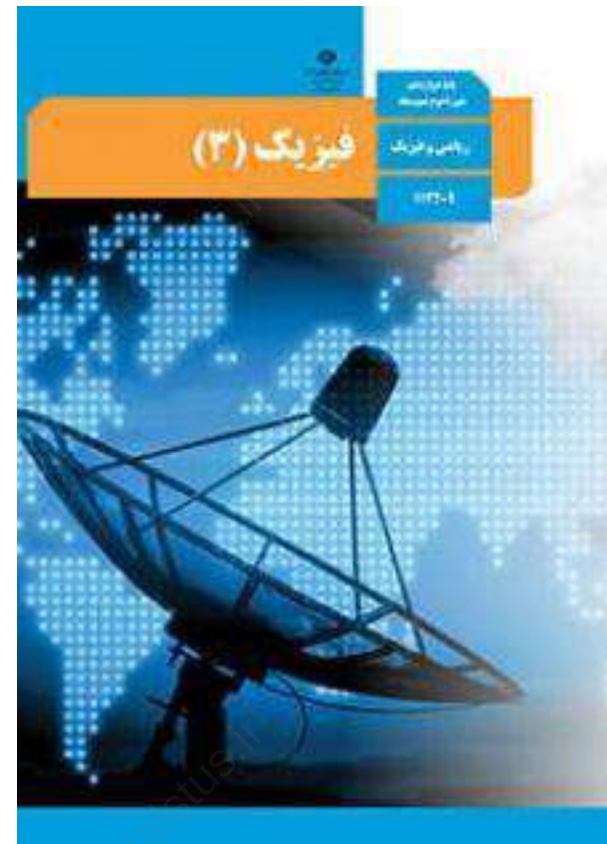
$$f_{\text{الف}} > f_{\text{ث}}$$



راهنمای حل فصل ۴ فیزیک دوازدهم

رشته ریاضی و فیزیک

منطبق بر کتاب درسی



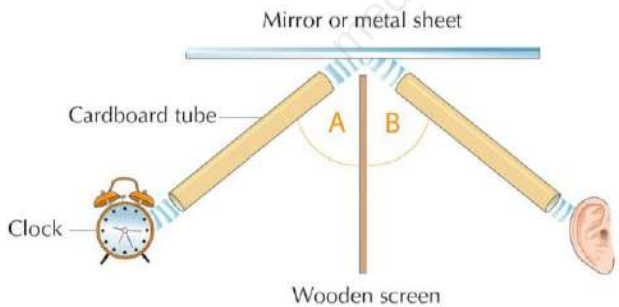
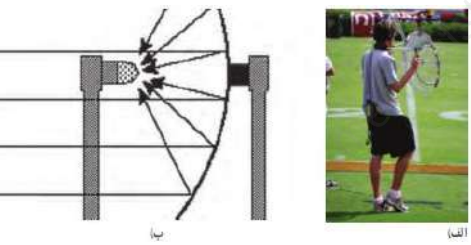
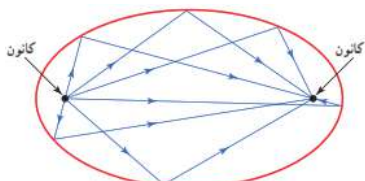
@Schoolphysics

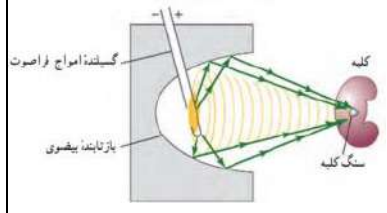
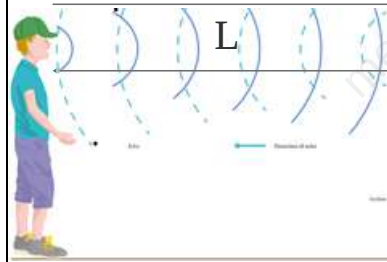
گروه فیزیک استان گیلان

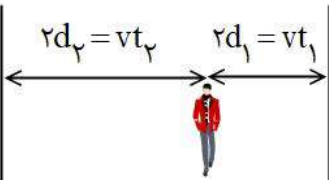
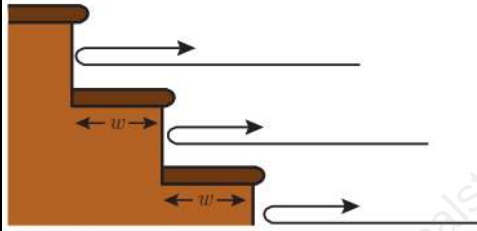
برهم کنش موج			
صفحه pdf	صفحه کتاب درسی	فعالیت / پرسش / تمرین / مسائل	
۱	۹۰	۱-۴ - بازتاب موج	
۱	۹۱	فعالیت ۱-۴	۱
۲-۱	۹۲	فعالیت ۲-۴	۲
۲	۹۳	تمرین ۱-۴	۳
۲	۹۳	فعالیت ۳-۴	۴
۳	۱۱۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱	۵
۳	۱۱۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲	۶
۳	۱۱۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳	۷
۳	۱۱۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴	۸
۵	۹۴	۲-۴ شکست موج	
۵	۹۵	پرسش ۱-۴	۹
۵	۹۶	تمرین ۲-۴	۱۰
۵	۹۷	تمرین ۳-۴	۱۱
۶	۹۷	پرسش ۲-۴	۱۲
۶	۹۹	پرسش ۳-۴	۱۳
۷	۹۹	فعالیت ۴-۴	۱۴
۸	۱۰۰	تمرین ۴-۴	۱۵
۸	۱۱۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۵	۱۶
۸	۱۱۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۶	۱۷
۹	۱۱۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۷	۱۸
۹	۱۱۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۸	۱۹
۱۰-۹	۱۱۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۹	۲۰
۱۰	۱۱۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۰	۲۱

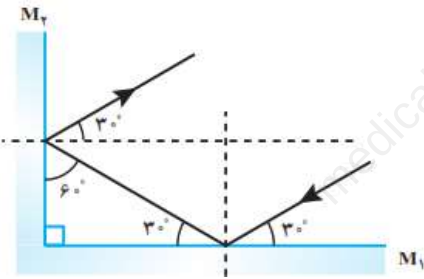
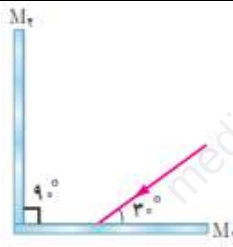
۲۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۱	۱۱۲	۱۱
۲۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۲	۱۱۲	۱۱
۲۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۳	۱۱۲	۱۲
۲۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۴	۱۱۲	۱۲
	۳-۴ پراش موج	۱۰۱	۱۳
۲۶	پرسش ۴-۴	۱۰۲	۱۳
۲۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۵	۱۱۲	۱۳
۲۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۶	۱۱۲	۱۳
	۴-۴ تداخل امواج	۱۰۳	۱۴
۲۹	فعالیت ۵-۴	۱۱۳	۱۴
۳۰	تمرین ۵-۴	۱۱۳	۱۴
۳۱	پرسش ۵-۴	۱۱۳	۱۵-۱۴
۳۲	پرسش ۶-۴	۱۱۳	۱۵
۳۳	فعالیت ۶-۴	۱۱۳	۱۵
۳۴	پرسش ۷-۴	۱۱۳	۱۶
۳۵	فعالیت ۷-۴	۱۱۳	۱۷-۱۶
۳۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۷	۱۱۳	۱۷
۳۷	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۸	۱۱۳	۱۸
۳۸	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۹	۱۱۳	۱۸
۳۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۰	۱۱۳	۱۸
۴۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۱	۱۱۳	۱۹
۴۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۲	۱۱۳	۱۹
۴۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۳	۱۱۳	۱۹
۴۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۴	۱۱۳	۲۰
۴۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۵	۱۱۳	۲۰

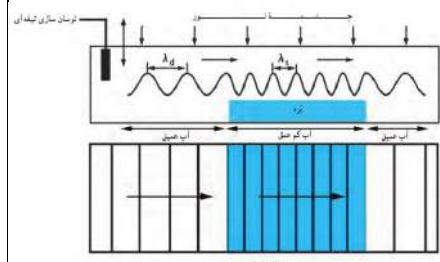
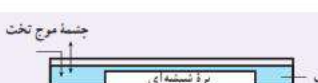
۲۱	۱۱۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل – ۲۶	۴۵
۲۱	۱۱۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل – ۲۷	۴۶
۲۱	۱۱۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل – ۲۸	۴۷
۲۲	۱۱۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل – ۲۹	۴۸
۲۲	۱۱۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل – ۳۰	۴۹
۲۲	۱۱۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل – ۳۱	۵۰

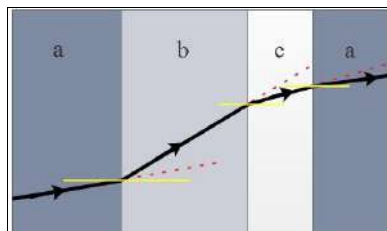
این اسباب شامل دو لوله متصل به دو دهانه است که یکی نقش دهانه ورودی صدا و دیگری نقش گوش را بازی می‌کند. با ایجاد صدا در دهانه ورودی، صوت پس از عبور از لوله اول، و بازتاب از یک دیواره سخت، با عبور از لوله دوم وارد دهانه گوش می‌شود و ما آن را می‌شنویم، برای جلوگیری از انتشار مستقیم صوت از منبع به سمت شنونده، مانعی بر روی گیره‌های شکل نصب می‌شود. شنونده با حرکت لوله دوم، در زاویه مشخصی در می‌یابد که صدا با بیشترین بلندی به گوش او می‌رسد. 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 می‌یابیم که بیشترین بلندی دریافتی به ازای برابر بودن زاویه تابش و زاویه بازتابش حاصل می‌شود. 	۱-۴ بازتاب موج فعالیت ۱-۴ با اسباب نشان داده شده در شکل رویه‌رو، می‌توان زاویه تابش و زاویه بازتابش را در امواج صوتی اندازه‌گیری کرد. با استفاده از این اسباب، قانون بازتاب عمومی را برای امواج صوتی تحقیق کنید.  نمایشی از اسباب آزمایش بازتاب صوت
در میکروفون سهموی از یک سطح کار سهموی برای جمع و کانونی کردن امواج صوتی در یک گیرنده استفاده می‌شود. این میکروفون‌ها به همین دلیل، حساسیت بسیار زیادی به صداهایی دارند که موازی با محور سطح سهموی به این سطح می‌تابند. استفاده مرسوم از این میکروفون‌ها در ثبت صداهای پرندگان دور دست، و صداهای میادین ورزشی (شکل الف)، و نیز استراق سمع است. شکل ب طرحی از چگونگی کار این دستگاه را نشان می‌دهد.  دستگاه لیتوتریپسی از این ویژگی سطح بیضوی که در کانون دارد استفاده می‌کند. بنابراین اگر موج صوتی در یک کانون ایجاد شود، این موج پس از بازتاب از نقاط مختلف سطح، در کانون دیگر جمع می‌شود. 	۲-۴ فعالیت درباره میکروفون سهموی که از آن برای ثبت صداهای ضعیف و دستگاه لیتوتریپسی که از آن برای شکستن سنگ‌های کلیه، با کمک بازتابنده‌های بیضوی استفاده می‌شود تحقیق کنید.  تصویری از یک میکروفون سهموی

	در دستگاه لیتوتریپسی، چشمه‌ای فراصوت در یک کانون بازتابنده بیضوی ایجاد می‌کنند و محل بیمار را طوری تنظیم می‌کنند که سنگ کلیه او در محل کانون دوم سطح این بازتابنده باشد. شکل پ، طرحی از چگونگی کار این دستگاه را نشان می‌دهد.	
	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 می‌توان فاصله کمینه لازم بین چشمه صوت و سطح بازتاباننده 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 ۱-۴ 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.
امواج میکرو موج یا فروسرخ در محدوده مشخصی گسیل می‌کنند. فاصله خودرو از فرستنده گسیلنده، موج با اندازه‌گیری زمان بین گسیل و دریافت موج به دست می‌آید. تندی خودرو نیز از تغییر بسامد موج دریافتی نسبت به موج گسیل شده با استفاده از رابطه دوپلری که برای امواج الکترومغناطیسی به کار می‌آید، تعیین می‌شود.		فعالیت ۳-۴ رادار دوپلری: از امواج الکترومغناطیسی نیز می‌توان برای مکان‌یابی پژواکی استفاده کرد. در این مورد و کاربرد آن به خصوص در تعیین تندی خودروها تحقیق کنید. 

الف) $2d_1 = vt_1 \rightarrow v = \frac{2d_1}{t_1} = \frac{480 \cdot m}{1/5s} = 320 \cdot m/s$ ب) $d_r = \frac{vt_r}{2} = \frac{(320 \cdot m/s) \times (2/5s)}{2} = 40 \cdot m$ $d = d_1 + d_r = 40 \cdot m + 240 \cdot m = 280 \cdot m$ 	۴-۱ بازتاب موج ۱. 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 صوت 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. این صدا به صورت رشته ای 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. اگر در فاصله معینی از اولین پلکان این معبد قرار بگیریم با یک بار کف زدن، در اثر برخورد صدا با رشته پلکان این معبد پژواک ایجاد می شود. چون تعداد پله ها ۹۲ عدد ذکر شده است پس ۹۲ پژواک شنیده می شود. به علت این که فاصله پله ها تا محل قرار گرفتن یکسان نیست مجموعه پژواک با تاخیر زمانی بسیار کم می رسند و یک صدای خاصی همراه با فرکانس رو به کاهش ایجاد می شود.	۲. 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 در مکزیک رخ می دهد. این معبد از ۹۲ پله سنگی تشکیل شده است. در مورد چنین پژواکی توضیح دهید.  تصویری از معبد کوکولکان	۵ ۶
---	--	--	--	-------------------

هنگامی که باریکه لیزری به دیوار کلاس برخورد می‌کند دیوار به عنوان یک سطح ناهموار باعث می‌شود بازتابش لیزر به صورت نامنظم و در همه جهات صورت گیرد و به همه دانش آموزان کلاس می‌رسد و همه آنها یک نقطه روشن روی دیوار را می‌بینند.	۷. وقتی یک باریکه لیزر را به دیوار کلاس می‌تابانیم، همه دانش آموزان نقطه رنگی ایجاد شده روی دیوار را می‌بینند. دلیل آن چیست؟	۷
	۸. در شکل زیر پرتوهای بازتابیده از آینه‌های تخت M_1 و M_2 را رسم کنید. 	۸

وقتی موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد موج عبوری تغییری نمی‌کند، زیرا بسامد توسط چشمه موج تعیین می‌شود، اما تندی در قسمت نازک طناب بیشتر است و بنابر رابطه $\lambda = v/f$ در می‌یابیم طول موج عبوری بیشتر از طول موج فرودی می‌شود.	۲-۴ شکست موج پرسش ۱-۴ 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 می‌کند؟	۹
وقتی جبهه‌های موج به مرز می‌رسند، بسامد موج تغییری نمی‌کند. طول موج فرودی مربوط به ناحیه عمیق $\lambda_1 = \lambda_d$ طول موج فرودی مربوط به ناحیه کم عمق $\lambda_r = \lambda_s$ $\lambda_d = 10\text{cm}$, $v_s = 0.4v_d$  $f = \frac{v_d}{\lambda_d} \rightarrow v_d = 10\text{cm} \times 5\text{Hz} = 50\text{cm/s}$ $f = \frac{v_s}{\lambda_s} = \frac{v_d}{\lambda_d} \rightarrow \lambda_s = \frac{v_s}{f} = \frac{0.4v_d}{f} = \frac{0.4 \times 50\text{cm/s}}{5\text{Hz}} = 4\text{cm}$	تمرین ۲-۴ در یک تشت موج به کمک یک نوسان‌ساز تیغه‌ای که با بسامد $5/0\text{Hz}$ کار می‌کند، امواجی تخت ایجاد می‌کنیم، به طوری که فاصله بین دو برآمدگی متوالی آن برابر با 10cm می‌شود. اگر اکنون پُرهای شیشه‌ای را در کف تشت قرار دهیم، امواج در ورود به ناحیه کم عمق بالای پُر، شکست پیدا می‌کنند. اگر تندی امواج در ناحیه کم عمق، 0.4 برابر تندی در ناحیه عمیق باشد، طول موج امواج در ناحیه کم عمق چقدر می‌شود؟ 	۱۰
فرض می‌کنیم $v_i = 0.4v_d$ $v_d \sin \theta_r = v_i \sin \theta_i \rightarrow v_d \sin \theta_r = 0.4v_d \times \sin(30^\circ)$ $\sin \theta_r = 0.2 \rightarrow \theta_r = 11.53^\circ$	تمرین ۳-۴ در تمرین ۲-۴ با فرض اینکه زاویه تابش امواج برابر 30° باشد، زاویه شکست چقدر می‌شود؟ تمرین ۲-۴ در یک تشت موج به کمک یک نوسان‌ساز تیغه‌ای که با بسامد $5/0\text{Hz}$ کار می‌کند، امواجی تخت ایجاد می‌کنیم، به طوری که فاصله بین دو برآمدگی متوالی آن برابر با 10cm می‌شود. اگر اکنون پُرهای شیشه‌ای را در کف تشت قرار دهیم، امواج در ورود به ناحیه کم عمق بالای پُر، شکست پیدا می‌کنند. اگر تندی امواج در ناحیه کم عمق، 0.4 برابر تندی در ناحیه عمیق باشد، طول موج امواج در ناحیه کم عمق چقدر می‌شود؟ 	۱۱



پس از رسم امتداد پرتو تابش (خطوط قرمز) و خطوط عمود بر سطح (خطوط زرد) بر خط جدایی محیط‌ها، را رسم می‌کنیم.

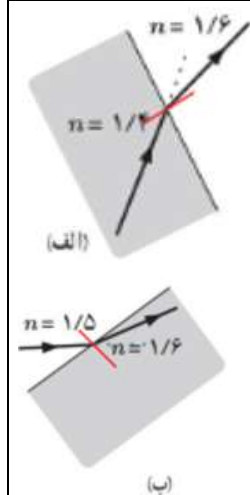
در محیط b پرتو نور از خط عمود دور می‌شود، بنابراین پرتو از محیطی که در آن تندی نور کمتر است وارد محیطی شده است که در آن تندی نور بیشتر است. ولی پس از آن، در محیط c، پرتو به خط عمود نزدیک می‌شود. بنابراین تندی نور در محیط c کمتر از تندی نور در محیط b است. و به همین ترتیب، تندی نور در محیط a کمتر از تندی نور در محیط c است.

$$v_b > v_c > v_a$$



شکل رویه‌رو یک پرتوی موج الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد که با عبور از محیط اولیه a، از طریق محیط‌های b و c به محیط a بازمی‌گردد. این محیط‌ها را بر حسب تندی موج در آنها از بیشترین تا کمترین مرتب کنید.

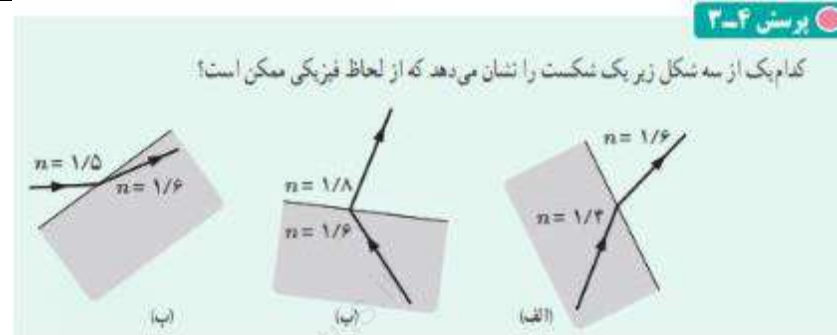
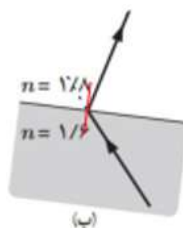
۱۲



در شکل (الف) پرتوی نور از محیطی با ضریب شکست کمتر وارد محیطی با ضریب شکست بیشتر شده است. و به خط عمود نزدیک‌تر می‌شود 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 آن سو وجود ندارد.

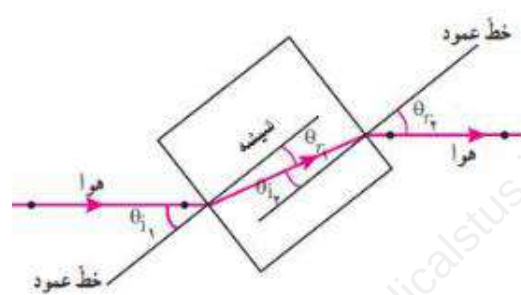
در شکل (ب) پرتو نور از خط عمود دور شده است در حالیکه هنگامی که پرتو نور از محیطی با ضریب شکست کمتر به محیطی با ضریب شکست بیشتر وارد شده باشد، پرتو نور به خط عمود نزدیک‌تر می‌شود.



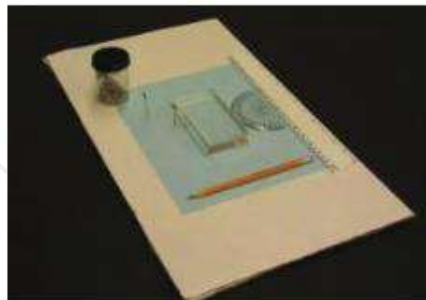
کدام یک از سه شکل زیر یک شکست را نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟

۱۳

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، پیکان هایی رسم کنید تا جهت پرتوها مشخص شود. با استفاده از یک نقاله، خطوط عمود بر وجه های تیغه در محل ورود و خروج باریکه های نور را رسم کنید و زاویه های بین باریکه 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 باریکه از هوا به تیغه، ضریب شکست تیغه را به دست آوریم و یا اینکه ضریب شکست را با استفاده از قانون اسنل برای خروج باریکه از تیغه به هوا بیابیم.



ب) نمودار پرتویی آزمایش توجه کنید θ_i زاویه تابش و θ_r زاویه شکست و $\theta_e = \theta_r$ و $\theta_i = \theta_e$ است. بنابراین پرتوهای فرودی و خروجی باهم موازی اند



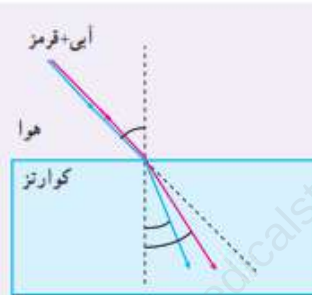
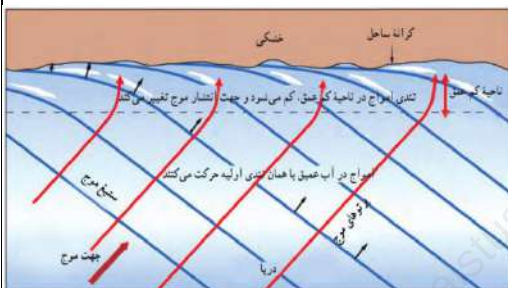
الف) تصویری از اسباب آزمایش اندازه گیری ضریب شکست

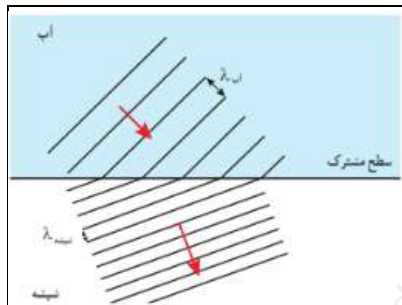
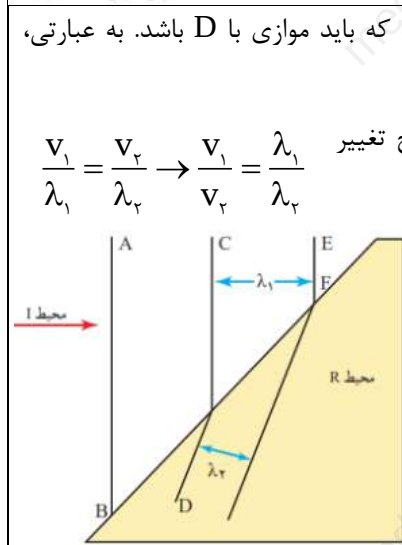
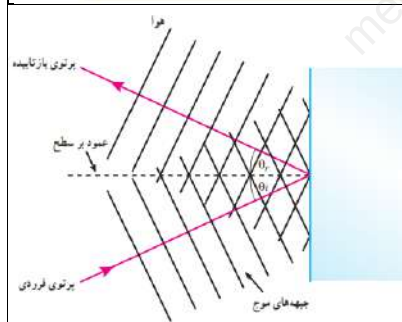
فعالیت ۴-۴

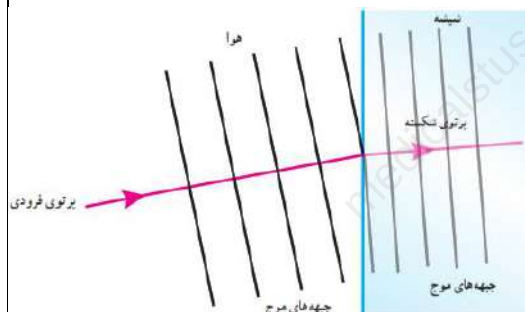
اندازه گیری ضریب شکست : با توجه به مثال ۲-۴، آزمایشی را طراحی و اجرا کنید که به کمک آن بتوان ضریب شکست یک تیغه متوازی السطوح شفاف را اندازه گرفت.

مثال ۲-۴

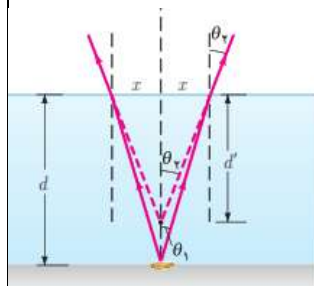


قانون اسنل را به طور مجزا برای دو پرتوی قرمز و آبی می نویسیم. برای پرتوی قرمز داریم $n_1 \sin \theta_1 = n_{2, \text{Red}} \sin \theta_{2, \text{Red}} \rightarrow \sin \theta_{2, \text{Red}} = \frac{n_1}{n_{2, \text{Red}}} \sin \theta_1$ $\rightarrow \sin \theta_{2, \text{Red}} = \frac{1}{1/459} \sin 45^\circ \rightarrow \theta_{2, \text{Red}} = 28/8^\circ = 0/479$ برای پرتوی آبی داریم $\sin \theta_{2, \text{Blue}} = \frac{1}{1/467} \sin 45^\circ \rightarrow \theta_{2, \text{Blue}} = 29^\circ = 0/477$	تمرین ۴-۴  شکل دوبه رو باریکه نوری منشکل از دو پرتوی قرمز و آبی را نشان می دهد که از هوا 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 $n_{\text{آبی}} = 1/467$.	۱۵
با نزدیک شدن امواج به یک ساحل شیبدار 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. 	۲-۴ شکست موج ۵. با رسم شکلی از جبهه های موج توضیح دهید چگونه جهت انتشار جبهه های موج با رسیدن به یک ساحل شیبدار، تغییر می کند.	۱۶
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 $\theta_r = 0$ است.	۶. 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؟ 	۱۷

	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).	۱۸. ضرب شکست آب $\frac{1}{3}$ و ضرب شکست شیشه $\frac{1}{5}$ 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.
	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 $\frac{v}{\lambda}$ 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 درمی 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 $\frac{1}{6}$ می شود که همان نسبت v_1 به v_2 نیز هست.	۱۹. 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؟
	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 ضرب شکست بستگی دارند. در حالی که برای موج بازتابیده، بسامد، طول موج و تندی با موج فرودی برابر است.	۲۰. 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.

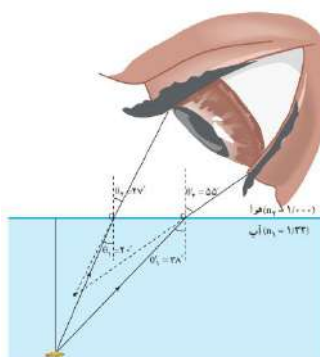
(ب) امتداد پرتوها بر اثر شکست تفاوت پیدا می کند. پرتوی شکسته شده باید به خط عمود نزدیک شود. ابتدا پرتوی موج را رسم کرده و سپس جبهه های موج را به گونه ای رسم می کنیم که این پرتو عمود بر آنها باشد، در مورد جبهه های موج بازتابیده، چون در خود محیط بازتابیده می شوند، فاصله خطوط تغییر نمی کند و بنابراین برای 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.	
(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) $V = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.34} = 2.25 \times 10^8 \text{ m/s}$	۱. 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. ۲۱

اگر به طور قائم از بالا نگاه کنیم. پرتوی که از نقطه‌ای از سکه رسم نمائیم در زاویه کوچکی از خط عمود از سطح آب قرار می‌گیرد. 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 می‌شوند و این طور به نظر می‌رسد که امتداد آنها در نقطه‌ای بالاتر از کف فنجان همدیگر را قطع می‌کنند (که با رسم خط چین‌هایی نشان داده شده است. همین باعث می‌شود عمق فنجان را کمتر ببینیم.



اگر کسی به طور مایل نگاه

کند، افزون بر جابه‌جایی قائم، یک جابه‌جایی افقی نیز وجود دارد و همان طور که در شکل زیر برای داده‌هایی خاص نشان داده شده است. تصویر در هر دو امتداد قائم و افقی به ناظر نزدیک می‌شود. البته محل این تصویر یکتا نیست و هر چه پرتوهای که به چشم ناظر می‌رسند افقی‌تر گردند، تصویر به ناظر نزدیک‌تر می‌گردد بیشترین آن برای پرتوهای است که نزدیک به زاویه حد به سطح جدایی می‌تابند.



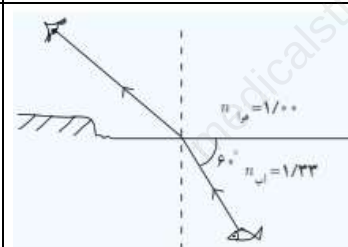
II. سکه‌ای را در گوشه فنجانی خالی قرار دهید و طوری مقابل آن قرار گیرید که بتوانید سکه را ببینید. سپس بی‌آنکه سرتان را حرکت دهید به آرامی در فنجان آب بریزید، به طوری که آب ریختن شما موجب جابه‌جایی سکه نشود. با پرشدن فنجان، سکه را خواهید دید. با رسم پرتوها علت دیده شدن سکه را توضیح دهید.



۲۲

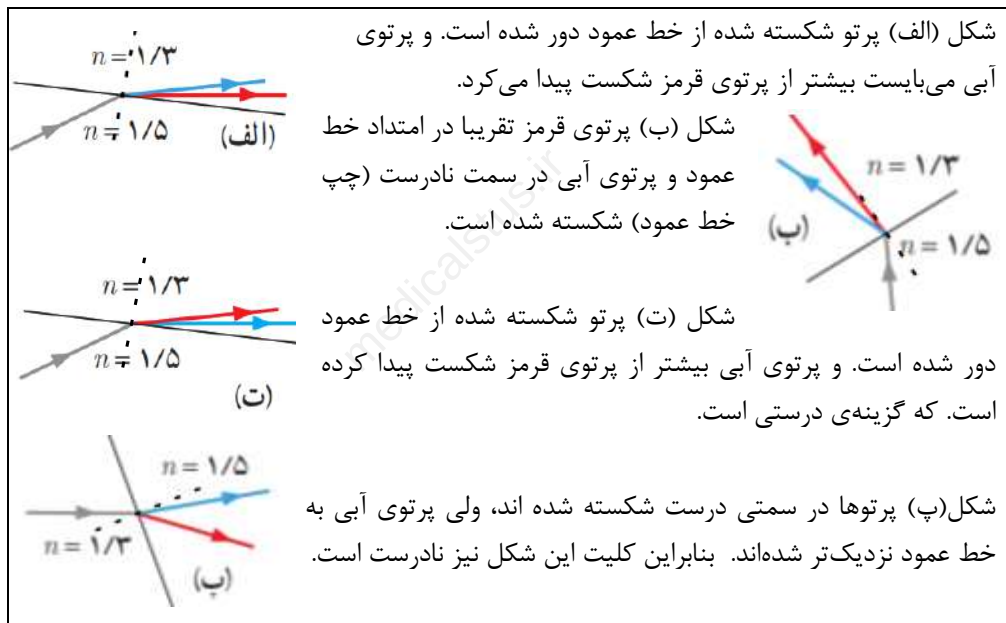
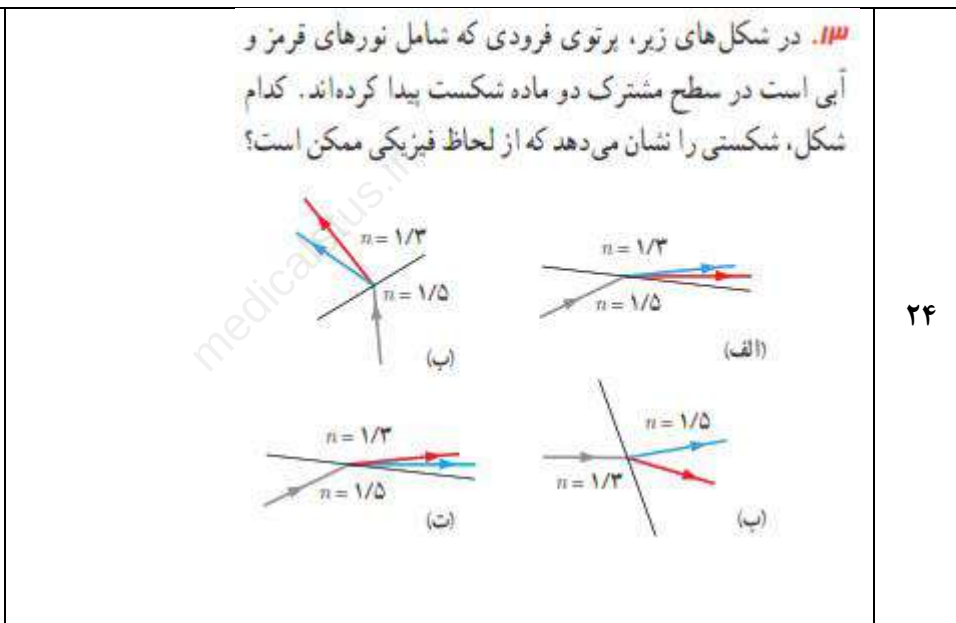
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \rightarrow \sin \theta_2 = \frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2} = \frac{(1/33) \sin 30^\circ}{1} = 0.665$$

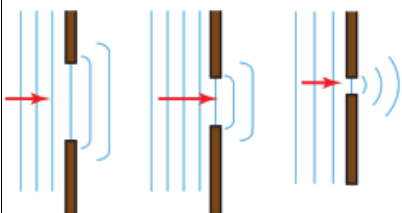
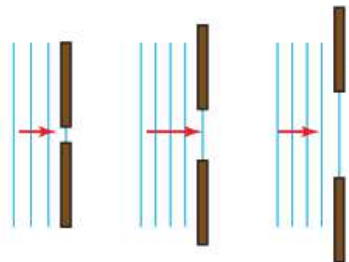
$$\rightarrow \theta_2 = 41.7^\circ$$

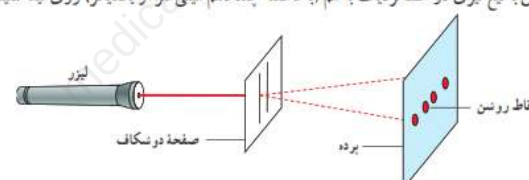
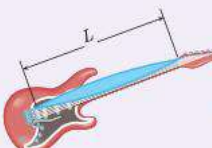


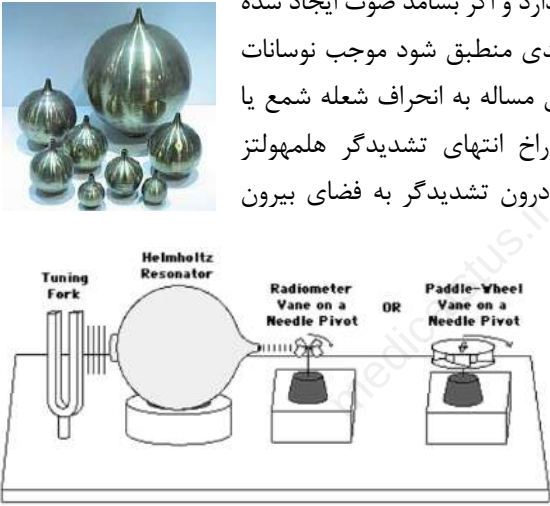
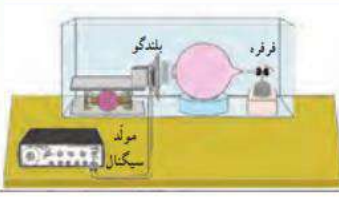
III. مطابق شکل، پرتو نوری که از ماهی به چشمان شخص می‌رسد تحت زاویه 6° به مرز آب-هوا برخورد کرده است. زاویه شکست این پرتو در هوا چقدر است؟

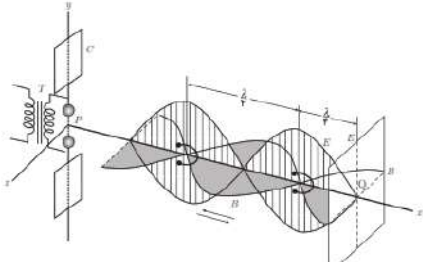
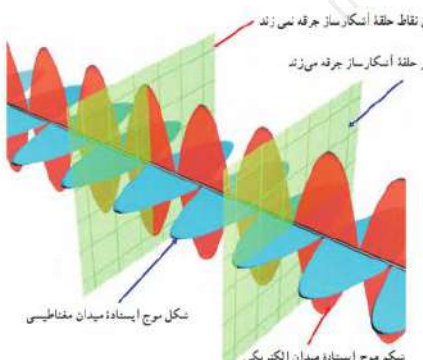
۲۳

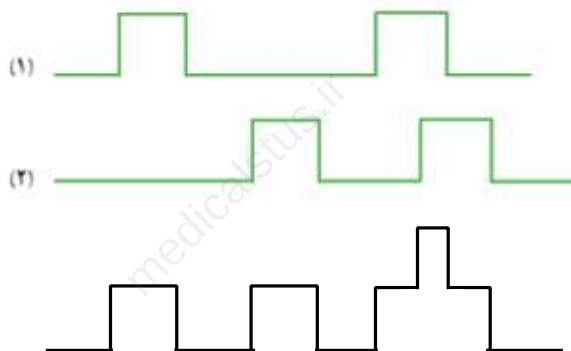
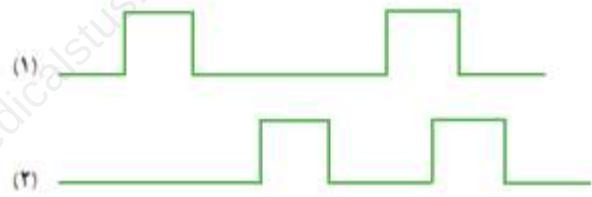
شکل (الف) پرتو شکسته شده از خط عمود دور شده است. و پرتوی آبی می بایست بیشتر از پرتوی قرمز شکست پیدا می کرد. شکل (ب) پرتوی قرمز تقریباً در امتداد خط عمود و پرتوی آبی در سمت نادرست (چپ خط عمود) شکسته شده است. شکل (ت) پرتو شکسته شده از خط عمود دور شده است. و پرتوی آبی بیشتر از پرتوی قرمز شکست پیدا کرده است. که گزینه ی درستی است. شکل (پ) پرتوها در سمتی درست شکسته شده اند، ولی پرتوی آبی به خط عمود نزدیک تر شده اند. بنابراین کلیت این شکل نیز نادرست است. 	۱۳۳. 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؟ 
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.	۱۳۴. 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؟

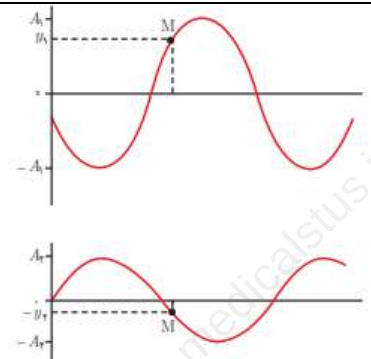
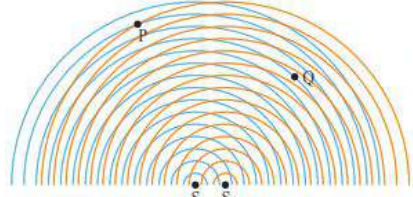
هرگاه اندازه ابعاد مانع در مقایسه با طول موج، بزرگ باشد ناحیه سایه واضحی تشکیل می‌شود و هرچه مانع در مقایسه با طول موج کوچک‌تر باشد اندازه ناحیه سیاه کوچک‌تر می‌شود تا اینکه عملاً سایه ناپدید گردد، بنابراین برای مانعی با ابعاد مشخص، هر چه طول موج تابیده کوچک‌تر باشد عملاً به این معنی است که اندازه مانع در مقایسه با طول موج بزرگ‌تر می‌شود. پس برای سیگنال‌های تلویزیونی دیجیتال که طول موج آنها بسیار کمتر از طول موج سیگنال‌های تلویزیونی قدیمی است، ناحیه سایه بزرگ‌تر است و به عبارتی دور زدن موج در اطراف مانع دشوارتر خواهد بود.	۳-۴ پراش موج پرسش ۴-۴ در تلویزیون‌های متداول، سیگنال‌ها از آنتن‌های روی دکل‌ها به گیرنده‌های تلویزیون فرستاده می‌شود. حتی وقتی گیرنده به دلیل وجود یک تپه یا ساختمان در معرض ارسال مستقیم امواج یک آنتن نباشد، همچنان سیگنال را به دلیل پراش امواج از لبه‌های مانع دریافت خواهد کرد (اگر سیگنال در اطراف آن مانع به حد کافی به داخل «ناحیه سایه» مانع پراشیده شود). سابق بر این، طول موج سیگنال‌های تلویزیونی در حدود ۵۰ cm بود، ولی طول موج سیگنال‌های تلویزیونی دیجیتالی که امروزه از آنتن‌ها فرستاده می‌شود بسیار کمتر است. آیا این تغییر طول موج، پراش سیگنال‌ها به داخل ناحیه سایه را افزایش می‌دهد یا کاهش؟
با باریک کردن پهنای شکاف، پدیده پراش به طور بارزتری خود را نشان می‌دهد و موجی که از شکاف خارج می‌شود از حالت موج تخت بیشتر خارج می‌شود و در حالتی که پهنای شکاف در حدود طول موج باشد موج‌های تخت به صورت امواج نیم دایره‌ای گسترده می‌شوند. 	۳-۴ پراش موج ۱۵. در یک تست موج، مطابق شکل زیر، موج تختی ایجاد شده است. توضیح دهید با باریک کردن شکاف‌ها چه شکلی برای جبهه‌های موج خروجی از آنها حاصل می‌شود. 
$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ (m/s)}}{2 \times 10^9 \text{ s}^{-1}} = 0.15 \text{ m}$ این امواج از اجسامی به قطری حدود ۱۵cm یا کوچکتر، به خوبی پراشیده می‌شوند.	۱۷. گوشی‌های همراه با امواج رادیویی با بسامد حدود ۲GHz کار می‌کنند. توضیح دهید این امواج تحت چه شرایطی از موانع پراشیده می‌شوند و به منطقه سایه مانع می‌رسند.

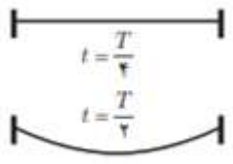
فعالیت ۴-۵ در مورد این فعالیت موارد زیر را به دانش آموزان مورد توجه قرار گیرد ۱- از لحاظ ایمنی حتما مواظب باشید باریکه نور لیزر با بازتاب آن وارد چشم تان نشود. ۲- پرده در حدود چند متر از صفحه شکاف باشد. کلیپ های کوتاهی در این زمینه در کانال @Schoolphysics قرار داده شده است.	۴-۴ تداخل امواج فعالیت ۵-۴ مشاهده نقش تداخلی به کمک نور لیزر : اگر از نور لیزر استفاده کنیم، دیگر نیازی به استفاده از یک تک شکاف در آزمایش یانگ نیست. با استفاده از یک لیزر مدادی، صفحه دو شکاف آزمایش یانگ را مطابق شکل روشن کنید (شاید لازم باشد از یک عدسی واگرا در برابر نور لیزر استفاده کنید تا هر دو شکاف روشن شود) و نقش تداخلی ایجاد شده را روی پرده مشاهده کنید. برای تهیه صفحه دو شکاف می توانید یک وجه تیغه ای شیشه ای (مانند لام میکروسکوپ) را با قرار دادن تیغه روی شعله شمع به خوبی دوداندود کنید، سپس با تیغ تیزی دو خط نزدیک به هم (با فاصله چند دهم میلی متر از یکدیگر) روی تیغه شیشه ای بکشید. 	۲۹
(الف) $f_n = \frac{nv}{2L} \left\{ \begin{array}{l} \xrightarrow{n=1} f_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \rightarrow 164 / 8 \text{ Hz} = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{266 \text{ N}}{5 / 28 \times 10^{-3} \text{ kg/m}}} \\ v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \end{array} \right.$ (ب) $L = \frac{1}{2 \times 164 / 8 (\text{s}^{-1})} \sqrt{\frac{266 \text{ N}}{5 / 28 \times 10^{-3} \text{ kg/m}}} = 0.68 \text{ m}$ $f'_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F'}{\mu}} \rightarrow f'_1 = \frac{1}{2 \times 0.68 \text{ m}} \sqrt{\frac{209 \text{ N}}{5 / 28 \times 10^{-3} \text{ kg/m}}} = 158 / 40 \text{ Hz}$	تمرین ۵-۴ سنگین ترین تار یک گیتار الکتریکی دارای چگالی خطی جرمی $5 / 28 \times 10^{-3} \text{ kg/m}$ است و تحت کشش 226 N قرار دارد. این تار در هنگام ارتعاش، ثنی با بسامد $164 / 8 \text{ Hz}$ را ایجاد می کند که بسامد اصلی تار است. (الف) طول تار را به دست آورید. (ب) پس از مدتی که یک نوازنده، این گیتار را می نوازد، در نتیجه گرم شدن و شل شدن تارها، نیروی کشش تار مورد نظر کاهش می یابد و به 209 N می رسد. در این حالت بسامد اصلی این تار چقدر شده است؟ 	۳۰
(الف) طبق رابطه $f = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{F}{mL}}$ با سفت کردن سیم گیتار، جرم و طول آن تغییر چندانی نمی کنند ولی کشش F آن زیاد می شود، در نتیجه امواج سریع تر بر روی سیم روانه می شود و بسامد صدای بالاتری به گوش می رسد، ولی اگر سیمی را در بین شست و انگشت خود بکشید، بسامدی که می شنویم تغییر محسوسی نمی کند.	پرسش ۵-۴ (الف) چرا با سفت کردن سیم گیتار، بسامدی که هنگام نواختن می شنوید زیاد می شود؟ (ب) چرا نوازندگان گیتار پیش از نواختن روی صفحه نمایش، گیتار را به حد کافی می نوازند و سپس آن را مجدداً کوک می کنند؟	۳۱

ب) وقتی به سیم گیتار زخمه می‌زنید، این حرکت موجب افزایش دمای آن و انبساط سیم می‌گردد و کشش سیم هم کاهش می‌یابد. بنابراین بسامدهایی که سیم می‌تواند تولید کند کم می‌شود. در نتیجه گیتار را در پایین سن آنقدر می‌نوازند تا سیم‌ها گرم شوند و سپس کشش سیم‌ها را تنظیم می‌کنند تا روی سن کوک بمانند.	
با ریختن آب، فضای هوای داخل ظرف کمتر می‌شود. هرچه فضای هوای داخل کمتر شود، طول موج‌های تشدید کوتاهی‌تر می‌گردند و بنابراین بسامدهای تشدید بیشتر می‌شوند. به عبارتی، بسامدهای تشدید با طول ستون هوا رابطه معکوس دارند. صدای حاصل از پر شدن ظرف، گستره وسیعی از بسامدها را دارد که در هر لحظه با یکی از بسامدهای تشدید هوای درون ظرف منطبق می‌شود و بنابراین مدام صدای زیرتر و زیرتری را می‌شنویم.	پرسش ۶-۴ چرا وقتی آب را به درون ظرفی با دیواره‌های قائم مثل لیوان یا پارچ می‌ریزید، بسامد صدایی که می‌شنوید افزایش می‌یابد، یعنی صدای زیرتر و زیرتری را می‌شنوید؟ (راهنمایی: صدای حاصل از پر شدن ظرف گستره وسیعی از بسامدها را دارد که در هر لحظه، یکی از آنها با پایین‌ترین بسامد تشدید هوای درون ظرف - بسامد مد اول - منطبق است.)
یک تشدیدگر هلمهولتز بسامدهایی تشدید دارد و اگر بسامد صوت ایجاد شده توسط بلندگو با یکی از این بسامدهای تشدید منطبق شود موجب نوسانات هوای درون بطری (تشدیدگر) می‌شود که این مساله به انحراف شعله شمع یا چرخاندن فرفره می‌انجامد. توجه کنید سوراخ انتهای تشدیدگر هلمهولتز گذرگاهی برای انتقال تلاطم ایجاد شده در درون تشدیدگر به فضای بیرون است. در قسمت مقابل یک دیاپازون، تشدیدگر هلمهولتز قرار دارد. تشدیدگر یک کره توخالی فلزی یا شیشه‌ای است با یک روزنه عریض در یک طرف و یک روزنه باریک در طرف دیگر، موج فشار از سوی دیاپازون مرتعش بر روی پرهای که بر روی یک میله نازک (پایه) قرار دارد متمرکز می‌شوند و باعث چرخش پرها می‌گردد. بیشترین اثر (چرخش) زمانی حاصل می‌گردد که بسامد تشدید کننده با فرکانس تشدید برابر شود. 	فعالیت ۶-۴ یک بلندگو را در برابر دهانه یک تشدیدگر هلمهولتز با بسامدهای تشدید معین قرار دهید و جلوی زائده خروجی آن یک شمع روشن یا یک فرفره کوچک و کم اصطکاک بگذارید. بسامد صوت ایجاد شده توسط بلندگو را در نزدیکی تشدید تشدیدگر آن قدر کم و زیاد کنید تا شعله شمع، منحرف شود و با فرفره شروع به چرخیدن کند. در صورتی که منبع صوتی با بسامد قابل تنظیم ندارید می‌توانید از چند دیاپازون با بسامدهای معلوم و متفاوت، که بسامد یکی از آنها با یکی از بسامدهای تشدید تشدیدگر برابر باشد، استفاده کنید. دلیل آنچه را که مشاهده می‌کنید در گروه خود به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید. 

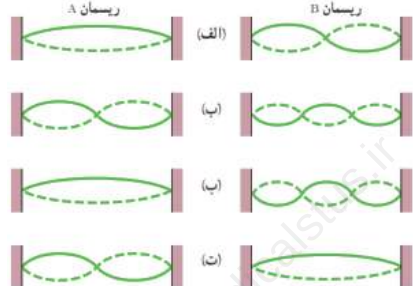
هر یک از این بطری‌ها با سطوح مایع متفاوت، تشدیدگر هلمهولتز هستند و مانند لوله‌های صوتی، بسامدهای تشدید معینی دارند. چون سطح مایع در بطری‌ها متفاوت است، بسامد تشدید متفاوتی نیز دارند. (هرچه سطح مایع درون ظرف‌ها بالاتر و حجم فضای بالای آنها کمتر باشد بسامد تشدید بیشتر است و بالعکس) بنابراین وقتی در دهانه این بطری‌های یک شکل می‌دمیم، با ایجاد گستره وسیعی از بسامدها، یکی از این بسامدها با یکی از بسامدهای تشدید بطری‌ها منطبق می‌شود و هر بطری با بسامد متفاوتی به صدا در می‌آید. بنابراین می‌توان آهنگی با بسامدهای متفاوت ایجاد کرد.	پرسش ۷-۴ با دمیدن در بطری‌های یکسان با سطوح مایع مختلف می‌توان آهنگی با بسامدهای متفاوت ایجاد کرد. دلیل آن چیست؟ 
نوسانگر هرتز در شکل الف نشان داده شده است. T، صفحه‌های فلزی C و C' را باردار می‌کند. این صفحه‌ها از طریق شکاف P تخلیه می‌شوند و بدین ترتیب یک موج الکترومغناطیسی ایجاد می‌شود. در امتداد خط Px راستای میدان الکتریکی موازی محور و راستای میدان مغناطیسی موازی با محور Z است. هرتز برای مشاهده این موج‌ها از سیمی که آن را به شکل حلقه در آورده بود و دو سر آن فاصله کمی از هم داشت، استفاده کرد. اگر صفحه این حلقه عمود بر میدان مغناطیسی موج می‌بود، میدان مغناطیسی متغیر بنا بر قانون القای فاراده نیروی محرکه الکتریکی القایی در حلقه ایجاد می‌کرد و این موجب جرقه زدن دو سر باز حلقه می‌شد. ولی اگر صفحه حلقه با میدان مغناطیسی موازی می‌بود، هیچ نیروی محرکه الکتریکی‌ای القا نمی‌شد و در نتیجه جرقه‌ای نیز مشاهده نمی‌شد. هرتز برای ایجاد امواج الکترومغناطیسی ایستاده از سطحی فلزی به عنوان بازتابنده استفاده کرد که این در شکل الف در نقطه O نشان داده شده است. بنابراین موج الکترومغناطیسی پس از بازتاب از سطح بازتابنده یا برهم‌نهی با موج تابیده، موج‌های ایستاده مغناطیسی و الکتریکی ایجاد می‌کند.  الف) طرحی از آزمایش هرتز در تشکیل امواج ایستاده الکترومغناطیسی در آن  در این نقاط حلقه آشکار ساز جرقه نمی‌زند در این نقاط دو سر حلقه آشکار ساز جرقه می‌زند شکل موج ایستاده میدان مغناطیسی شکل موج ایستاده میدان الکتریکی	فعالیت ۷-۴ تداخل در امواج الکترومغناطیسی (آزمایش هرتز): اگرچه ماکسول بیش از پایان قرن نوزدهم وجود امواج الکترومغناطیسی را پیش‌بینی کرده بود، این هرتز بود که با آزمایش‌های تداخلی خود که به تولید موج‌های الکترومغناطیسی ایستاده انجامید، وجود موج‌های الکترومغناطیسی را در گستره بسامد رادیویی اثبات کرد. هاینریش هرتز در سال ۱۸۸۸ میلادی با وسایل ابتدایی آن زمان این آزمایش را به انجام رسانید. در مورد چگونگی آزمایش هرتز تحقیق کنید.

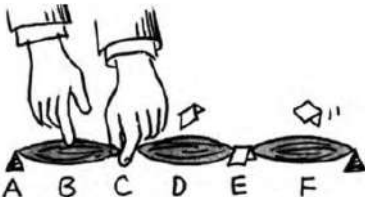
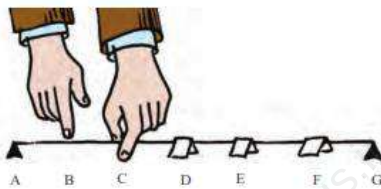
نشان داده می‌شود در حالی که موج‌های میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی در مسیر رفت هم فازند، در مسیر برگشت کاملاً ناهم فازند و بنابراین همان طور که در شکل ب با وضوح بیشتری نشان داده شده است شکم‌های موج ایستاده، میدان مغناطیسی بر گره‌های موج ایستاده میدان الکتریکی منطبق می‌شود و بالعکس، حال اگر حلقه آشکارساز در گره موج ایستاده میدان مغناطیسی قرار گیرد، هیچ نیروی محرکه القایی در آن ایجاد نمی‌شود و در نتیجه جرقه‌ای مشاهده نمی‌گردد. ولی اگر حلقه‌ای آشکار ساز را در محل شکم‌های موج ایستاده مغناطیسی قرار دهیم، شدید ترین جرقه‌ها را خواهیم داشت. هرتز با حرکت دادن حلقه آشکارساز در امتداد خط PQ محل‌های گره‌ها و شکم‌های موج ایستاده میدان مغناطیسی را پیدا کرد. او با اندازه‌گیری فاصله بین دو گره متوالی توانست طول موج را حساب کند و چون بسامد و نوسان را می‌دانست، با استفاده از رابطه $v = \lambda f$، تندی موج الکترومغناطیسی را که برابر با تندی نور می‌شود، به دست آورد. این نخستین مقدار تجربی برای تندی انتشار موج‌های الکترومغناطیسی بود.	
	۴-۴ تداخل امواج ۱۷. در شکل‌های زیر، وقتی موج ۱ بر موج ۲ برهم نهاده شود شکل موج برهم نهاده را رسم کنید. 

جابه‌جایی کل، جمع برداری هر جابه‌جایی مجزا است. چون جابه‌جایی‌های نقطه M در جهت‌های مخالف هم هستند، جمع برداری آنها برابر $y_1 - y_2$ می‌شود که چون $y_1 > y_2$ است، مقداری مثبت است.	۱۸. شکل‌های زیر نمودار جابه‌جایی - مکان دو موج را در لحظه معینی نشان می‌دهد. جابه‌جایی برای نقطه M در این لحظه چقدر است؟ 	۳۷
در نقطه P قله (ستیغ) موج‌ها همدیگر را قطع کرده‌اند و بر هم نهاده شده‌اند و بنابراین تداخل کاملاً سازنده و دامنه موج برآیند بیشینه است، اما در نقطه Q قله (ستیغ) یک موج با دره (پاستیغ) موج دیگر تلافی کرده است. (توجه کنید که Q بر یک منحنی آبی و در میان دو منحنی قرمز است) و بنابراین همدیگر را تضعیف می‌کنند و دامنه کمینه است.	۱۹. دو چشمه نقطه‌ای S_1 و S_2 به‌طور هم‌زمان، با بسامد یکسان، و همگام با یکدیگر در یک تشت موج نوسان می‌کنند و جبهه‌های موجی را مطابق شکل زیر به‌وجود می‌آورند. توضیح دهید دامنه موج برآیند در نقطه‌های P و Q چگونه است؟ 	۳۸
الف) چون فاصله نقطه‌های S و L متناسب با طول موج به کار رفته است، بنابراین برای آنکه نقطه‌های S و L به هم نزدیک باشند باید طول موج به کار رفته کوچک باشد. با توجه به اینکه $f = v / \lambda$ است نتیجه می‌گیریم که این معادل با افزایش بسامد صوت است. ب) برای آنکه نقطه‌های S و L از هم دور شوند باید طول موج به کار رفته بزرگ باشد. با توجه به اینکه $f = v / \lambda$ است نتیجه می‌گیریم که این معادل با کاهش بسامد صوت است.	۲۰. در آزمایش تداخل صوتی (شکل ۴-۳۱ کتاب)، فاصله بین هر نقطه با صدای بالا (L) تا نقطه با صدای ضعیف (S) مجاورش، متناسب با طول موج موج صوتی به کار رفته در این آزمایش است. برای آنکه این آزمایش به‌سادگی انجام پذیر باشد باید فاصله نقطه‌های S و L مجاور نه خیلی زیاد، و نه خیلی کم باشد. الف) بسامد صوت گسیل شده از بلندگوها را چگونه تغییر دهیم تا نقطه‌های S و L مجاور به هم نزدیک شوند؟ ب) بسامد صوت گسیل شده از بلندگوها را چگونه تغییر دهیم تا نقطه‌های S و L مجاور از هم دور شوند؟	۳۹

الف) با افزایش طول موج، پهنای نوارها زیاد می شود. پس پهنای نوارها با استفاده از نور تکفام قرمز به جای نور تکفام سبز، افزایش می یابد. ب) طول موج به کار رفته کاهش می یابد که این به معنای کاهش پهنای نوارها است.	۴۰. در آزمایش یانگ، الف) اگر آزمایش را به جای نور تکفام سبز با نور تکفام قرمز انجام دهیم پهنای هر نوار تاریک یا روشن چه تغییری می کند؟ ب) اگر آزمایش را به جای آنکه در هوا انجام دهیم، در آب انجام دهیم، پهنای هر نوار تاریک یا روشن چه تغییری می کند؟
الف) چون دوره تناوب برابر با عکس بسامد است، $(T = \frac{1}{f})$ بنابراین $t = \frac{1}{4f}$ معادل با $\frac{1}{4}T$ و $t = \frac{1}{2f}$ معادل با $\frac{1}{2}T$ است. به عبارتی در زمان $t = \frac{1}{4f}$، $\frac{1}{4}$ دوره گذشته است و در زمان $t = \frac{1}{2f}$، نصف دوره، پس شکل ها چنین می شوند:  ب) $\frac{\lambda}{2} = 1\text{ m} \rightarrow \lambda = 2\text{ m}$ $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{240\text{ m/s}}{2\text{ m}} = 120\text{ Hz}$	۴۱. تار ی که بین دو تکیه گاه محکم شده است در هماهنگ اول خود با بسامد f به نوسان در می آید. شکل زیر جابه جایی تار در $t=0$ را نشان می دهد. الف) جابه جایی تار را در $t = \frac{1}{4f}$ و $t = \frac{1}{2f}$ رسم کنید. ب) فاصله بین تکیه گاه ها 1 m است. اگر تندی موج عرضی در تار 24 m/s باشد، بسامد نوسان تار چقدر می شود؟
الف) $f_n = \frac{nv}{2L} \xrightarrow{n=1} f_1 = \frac{(1)(250\text{ m/s})}{2(0.15\text{ m})} \approx 833\text{ Hz}$ بسامد موج روی تار، همان بسامد موج صوتی است که تولید می شود. ب) بسامد موج صوتی است و بنابراین برای طول موج صوتی گسیل شده داریم: $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{348\text{ m/s}}{833\text{ Hz}} \approx 0.418\text{ m}$	۴۲. تار ویولنی که طول آن 15 cm است و در دو انتها بسته شده است، در مد $n=1$ خود نوسان می کند. تندی موج عرضی در این تار 250 m/s و تندی صوت در هوا 348 m/s است. الف) بسامد و ب) طول موج امواج صوتی گسیل شده از تار چقدر است؟

الف) دو سر تار بسته است و وقتی در پایین ترین بسامد خود نوسان می کند، طول آن دقیقاً نصف طول موج است. $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2L} \rightarrow 920 \text{ Hz} = \frac{v}{2(0.22 \text{ m})} \rightarrow v = 40.4 \text{ m/s}$ ب) $v = \sqrt{\frac{F.L}{m}} \rightarrow 40.4 \text{ m/s} = \sqrt{\frac{F(22 \times 10^{-2} \text{ m})}{800 \times 10^{-6} \text{ kg}}} \rightarrow F \approx 0.596 \text{ N}$ پ) $\lambda = 2L = 2(0.22 \text{ m}) = 0.44 \text{ m}$ بسامد صوت در هوا همان بسامد نوسان سیم است، ولی به خاطر تندی متفاوت صوت، طول موج متفاوت می شود. اگر هوا را با شاخص پایین a نشان دهیم، خواهیم داشت: $\lambda_a = \frac{v_a}{f} = \frac{340 \text{ m/s}}{920 \text{ s}^{-1}} \approx 0.37 \text{ m} = 37 \text{ cm}$	۴۳. اگر بسامد اصلی یک تار ویولن به جرم $m = 8 \text{ g}$ و طول 22 cm برابر 920 Hz باشد، الف) تندی موج عرضی در این تار را به دست آورید. ب) کشش تار چقدر است؟ ب) برای بسامد اصلی، طول موج عرضی در تار و طول موج امواج صوتی گسیل شده توسط تار چقدر است؟ تندی صوت در هوا را 340 m/s بگیرید.
الف) تشدید، باعث به نوسان در آمدن تار می شود. اگر بسامد مولد نوسان با بسامدهای ارتعاش تار منطبق شود، تار به تشدید در می آید. در غیر این صورت، موج ایستاده بارزی ایجاد نمی شود. به عبارتی وقتی $f = v/\lambda$ برابر با یکی از بسامدهای نوسان ساز باشد، این پدیده رخ می دهد. ب) چون تار فقط در دو بسامد 880 Hz و 1320 Hz به نوسان در می آید، تفاضل آنها برابر بسامد اصلی نوسان تار است. $f_{n+1} - f_n = \frac{(n+1)v}{2L} - \frac{nv}{2L} = \frac{v}{2L}$ که همان بسامد اصلی نوسان است. $f_{n+1} - f_n = 1320 \text{ Hz} - 880 \text{ Hz} = 440 \text{ Hz}$ پ) $f_{n+1} - f_n = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \rightarrow 440 \text{ Hz} = \frac{1}{2(0.3 \text{ m})} \sqrt{\frac{F}{0.65 \times 10^{-3} \text{ kg/m}}} \rightarrow F = 45.3 \text{ N}$	۴۴. تار ویولنی به طول 30 cm و جگالی خطی جرمی 0.65 g/m در نزدیکی بلندگویی قرار داده شده است که توسط یک نوسان ساز صوتی با بسامد متغیر به کار می افتد. معلوم شده است وقتی بسامد نوسان ساز در گستره $150 \text{ Hz} - 500 \text{ Hz}$ تغییر می کند تار فقط هنگامی به نوسان در می آید که بسامد آن 880 Hz و 1320 Hz باشد. الف) چه پدیده ای سبب به نوسان در آمدن تار شده است؟ ب) بسامد اصلی تار چقدر است؟ ب) کشش تار چقدر است؟

چون ریسمان B تحت کشش بیشتری نسبت به ریسمان A قرار دارد، تندی موج در این ریسمان بیشتر است، زیرا هر دو ریسمان چگالی خطی جرمی یکسانی دارند. پس طبق رابطه $f_n = nv / 2L$ با توجه به اینکه طول دو ریسمان یکسان است، در می یابیم تنها در شکل (ت) که ریسمان B در هماهنگ اول و ریسمان A در هماهنگ دوم در نوسان است این امکان وجود دارد که ریسمان ها در بسامدهای تشدید یکسانی باشند.	۴۵. ریسمان های A و B، طول و چگالی خطی جرمی یکسانی دارند، ولی ریسمان B تحت کشش بیشتری نسبت به ریسمان A قرار دارد. شکل زیر چهار وضعیت (الف تا د) را نشان می دهد که در آنها نقش های موج ایستاده در دو ریسمان وجود دارند. در کدام وضعیت ها، احتمال دارد که ریسمان های A و B در بسامد تشدید یکسانی نوسان کنند؟ 
تفاضل دو بسامد نوسان متوالی تار برابر با بسامد اصلی نوسان تار است. بنابراین: $f = (390 \text{ Hz} - 325 \text{ Hz}) = 65 \text{ Hz}$ همان بسامد اصلی (پایه) است. پس بسامد هماهنگ بعدی پس از ۱۹۵ Hz برابر با $195 \text{ Hz} + 65 \text{ Hz} = 260 \text{ Hz}$ است.	۴۶. در یک تار دو سر بسته، یکی از بسامدهای تشدیدي ۳۲۵Hz و بسامد تشدیدي بعدی ۳۹۰Hz است. بسامد تشدیدي پس از ۱۹۵Hz این تار چیست؟
الف) $f_{n+1} - f_n = \frac{v}{2L} = f_1 = (225 \text{ Hz} - 150 \text{ Hz}) = 75 \text{ Hz}$ $f_{n+1} - f_n = \frac{v}{2L} = f_1 = (300 \text{ Hz} - 225 \text{ Hz}) = 75 \text{ Hz}$ $f_{n+1} - f_n = \frac{v}{2L} = f_1 = (375 \text{ Hz} - 300 \text{ Hz}) = 75 \text{ Hz}$ تفاوت بسامدهای تشدیدي برابر ۷۵ Hz است و چون بسامد کمتر از ۴۰۰ Hz خواسته شده است، پس بسامد مورد نظر همان $150 \text{ Hz} - 75 \text{ Hz} = 75 \text{ Hz}$ است. ب) بسامد پنج هماهنگ اول به ترتیب برابر با ۷۵ Hz، ۱۵۰ Hz، ۲۲۵ Hz، ۳۰۰ Hz و ۳۷۵ Hz شده است که به ترتیب هماهنگ های اول تا پنجم هستند. بنابراین بسامد هماهنگ هفتم برابر است با: $f_v = 7(75 \text{ Hz}) = 525 \text{ Hz}$	۴۷. رشته ای از بسامدهای تشدیدي یک تار با دو انتهای بسته عبارت اند از: ۱۵۰ Hz، ۲۲۵ Hz، ۳۰۰ Hz و ۳۷۵ Hz. در این رشته یک بسامد (کمتر از ۴۰۰ Hz) جا افتاده است. الف) این بسامد کدام است؟ ب) بسامد هماهنگ هفتم چقدر است؟

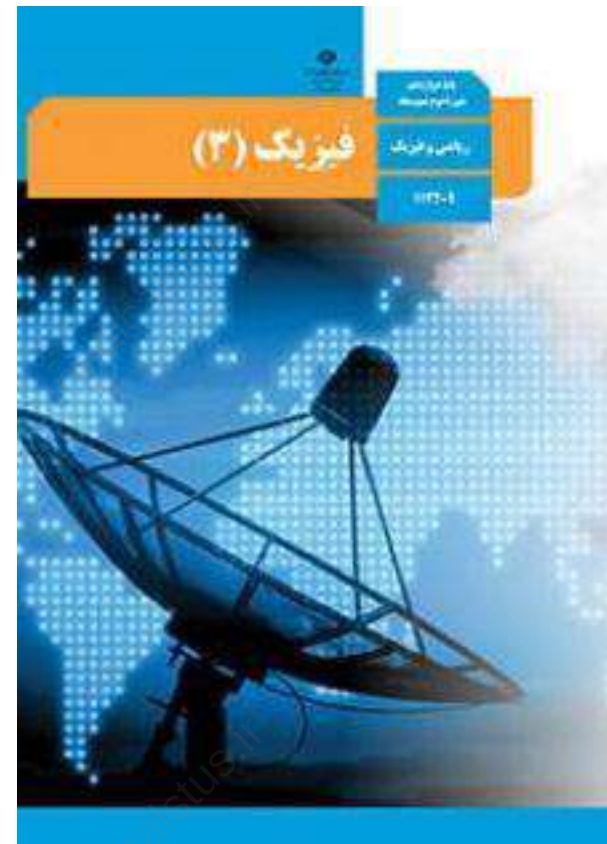
اگر تار در نقطه C محکم گرفته شود، نوسان‌های تار به سمت راست منتقل نمی‌شوند. بنابراین در انجام این تجربه، چگونگی گرفتن تار در نقطه C مهم است و تا آنجا که ممکن است باید به آرامی گرفته شود. در این صورت، موج ایستاده‌ای مانند شکل زیر بر تار ایجاد می‌شود به طوری که نقطه‌های A, C, E و G گره‌ها و نقطه‌های B, D و F شکم‌ها می‌شوند. بنابراین کاغذهای تاشده در نقطه‌های D و F به هوا برمی‌خیزند، در حالی که کاغذ واقع در E، در جای خود ثابت می‌ماند. 	۴۸. در شکل نشان داده شده، نقاط A, B, C, D, E, F و G در فاصله‌های یکسانی از هم قرار دارند. تار را در نقطه C به آرامی می‌گیریم، طوری که نوسان‌های بخشی از تار که سمت چپ نقطه C است، بتواند به سمت راست این نقطه منتقل شود. اکنون تار را در نقطه B می‌نوازیم. بدین ترتیب موج ایستاده‌ای در طول تار تشکیل می‌شود، به طوری که در نقطه‌های A و C گره و در نقطه B شکم آن قرار دارد. به گمان شما برای کاغذهای تاشده‌ای که در نقاط D, E, و F قرار دارند، چه رخ می‌دهد؟ 
در هنگام خالی شدن گالن، حجم فضای هوای داخل آن افزایش می‌یابد. هرچه فضای هوای خالی افزایش یابد، اندازه بسامدهای تشدیدی کمتر می‌شوند (صدای بم‌تر) (این بسامدها با طول ستون هوا نسبت معکوس دارند). صدای حاصل از خالی شدن ظرف، گستره وسیعی از بسامدها را دارد که در هر لحظه، یکی از آنها با بسامد تشدیدی هوای درون ظرف منطبق می‌شود، بنابراین موقع خالی شدن گالن، مدام صداهای بم‌تر و بم‌تری (با بسامد کمتری) را می‌شنویم.	۴۹. وقتی گالن آبی را خالی می‌کنیم، با خالی شدن آب صدای گلوپ گلوپی را می‌شنویم. موقع خالی شدن گالن بسامد این صدا کمتر می‌شود (صدای بم‌تر) یا بیشتر (صدای زیرتر)؟ چرا؟ 
به هنگام دمیدن در یک صدف حلزونی لب‌ها را روی دهانه باریک آن می‌فشارند. با دمیدن صدف حلزونی، لب‌ها به نوسان در می‌آیند و اگر این کار با دقت صورت بگیرد، لب‌ها در بسامدهای مختلفی به نوسان در می‌آیند. نوسان لب‌ها در درون صدف، امواجی صوتی را با همان بسامدهای نوسان لب به وجود می‌آورد. اگر برخی از این امواج با یکی از بسامدهای تشدید صدف منطبق شوند، در این صورت یک موج صوتی قوی را ایجاد می‌کنند. برای نمونه از لحاظ تجربی، اگر پایین‌ترین بسامد تشدید صدف $332/5 \text{ Hz}$ باشد، بسامد نوسان لب نیز باید همین مقدار باشد تا موج صوتی قوی ایجاد شود. 	۵۰. در گذشته برای آگاه کردن کشتی‌ها از خطر صخره‌ها، در صدف‌های حلزونی می‌دمیدند. امروزه بیشتر برای جشن‌ها و شادی‌ها در آنها می‌دمند. چگونه این صدف‌ها می‌توانند چنین صدایی ایجاد کنند؟ 



راهنمای حل فصل ۵ فیزیک دوازدهم

رشته ریاضی و فیزیک

منطبق بر کتاب درسی



گروه فیزیک استان کیلان @Schoolphysics

آشنایی با فیزیک اتمی			
صفحه pdf	صفحه کتاب درسی	فعالیت / پرسش / تمرین / مسائل	
۱	۱۱۶	۵-۱ - اثر فوتوالکتریک	
۱	۱۱۸	پرسش ۵-۱	۱
۱	۱۲۰	تمرین ۵-۱	۲
۲-۱	۱۲۰	تمرین ۵-۲	۳
۲	۱۳۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱	۴
۲	۱۳۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲	۵
۳	۱۳۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳	۶
۳	۱۳۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴	۷
۴-۳	۱۳۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۵	۸
۴	۱۳۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۶	۹
۴	۱۳۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۷	۱۰
۵	۱۳۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۸	۱۱
۵	۱۳۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۹	۱۲
۶	۱۲۱	۵-۲ طیف اتمی	
۶	۱۲۴	تمرین ۵-۳	۱۳
۶	۱۲۵	۵-۳ مدل اتم رادفورد-بور	
۷-۶	۱۲۸	تمرین ۵-۴	۱۴
۷	۱۳۱	پرسش ۵-۲	۱۵
۸-۷	۱۳۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۰	۱۶
۸	۱۳۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۱	۱۷
۹	۱۳۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۲	۱۸
۱۰-۹	۱۳۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۳	۱۹
۱۱-۱۰	۱۳۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۴	۲۰

۱۱	۱۳۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۵	۲۱
۱۲	۱۳۲	۴-۵ - لیزر	
۱۲	۱۳۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۶	۲۲
۱۳- ۱۲	۱۳۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۷	۲۳

در فلز اول اثر فوتوالکتریک رخ داده است، لذا بسامد نور فرودی بر سطح فلز اول از بسامد آستانه فوتوالکتریک‌ها بزرگتر است ($f_1 > f_{o1}$) $W_{o1} = hf_{o1}$ $f_{o1} \leq f_1 \rightarrow hf_{o1} \leq hf_1 \rightarrow W_{o1} \leq hf_1$ انرژی فوتون‌های فرودی بر سطح فلز اول از تابع کار بزرگتر است. در فلز دوم اثر فوتوالکتریک رخ نداده است. پس بسامد نور فرودی بر سطح فلز دوم از بسامد آستانه فوتوالکتریک‌ها کوچکتر یا برابر با آن است ($f_2 < f_{o2}$) $W_{o2} = hf_{o2}$ $f_{o2} > f_2 \rightarrow hf_{o2} > hf_2 \rightarrow W_{o2} > hf_2$ انرژی فوتون‌های فرودی بر سطح فلز دوم از تابع کار فلز کوچکتر است.	۵-۱ اثر فوتوالکتریک و فوتون پرسش ۵-۱ تابشی با بسامد معین باعث می‌شود تا فوتوالکتریک‌هایی سطح فلز ۱ را ترک کنند. ولی از سطح فلز ۲ خارج نشوند. انرژی فوتون‌های فرودی را با تابع کار فلزها مقایسه کنید.
(الف) $w_o = hf_o = \frac{hc}{\lambda_o} = \frac{1240 \text{ eV.nm}}{254 \text{ nm}} = 4.88 \text{ eV}$ (ب) اگر $\lambda > 254 \text{ nm}$ باشد، بسامد کمتر از بسامد آستانه شده و اثر فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد. زیرا انرژی فوتون مورد نظر کمتر از تابع کار خواهد شد. اما اگر $\lambda \leq 254 \text{ nm}$ باشد، انرژی فوتون از تابع کار بیشتر یا مساوی باشد، اثر فوتوالکتریک دیده می‌شود. $\lambda = 254 \text{ nm}$ بیشترین طول موجی است که در حالت اثر فوتوالکتریک رخ می‌دهد.	تمرین ۵-۱ طول موج آستانه برای اثر فوتوالکتریک در یک فلز معین برابر 254 nm است. (الف) تابع کار این فلز برحسب الکترون ولت چقدر است؟ (ب) توضیح دهید که آیا اثر فوتوالکتریک به ازای طول موج‌های کوچک‌تر، مساوی یا بزرگ‌تر از 254 nm مشاهده خواهد شد.
(الف) بلندترین طول موج برابر با طول موج آستانه است. با توجه به اینکه تابع کار فلز روی برابر 4.31 eV می‌باشد، خواهیم داشت $\lambda_{\text{Max}} = \lambda_o = \frac{hc}{w_o} = \frac{1240 \text{ eV.nm}}{4.31 \text{ eV}} = 287.7 \text{ nm}$	تمرین ۵-۲ در پدیده فوتوالکتریک برای فلز روی، (الف) بلندترین طول موجی را پیدا کنید که سبب گسیل فوتوالکتریک‌ها می‌شود. (ب) وقتی نوری با طول موج 220 nm با سطح این فلز برهم‌کنش کند، بیشینه تندی فوتوالکتریک‌ها چقدر است؟

(ب) $K_{\max} = hf - w_0 = \frac{hc}{\lambda} - w_0 = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{220 \text{ nm}} - 4.31 \text{ eV} = 1.33 \text{ eV}$ $K_{\max} = 1.33 \text{ eV} = 1.33 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 2.13 \times 10^{-19} \text{ J}$ $K_{\max} = \frac{1}{2} m V_{\max}^2 \rightarrow 2.13 \times 10^{-19} \text{ J} = \frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg} \times V_{\max}^2$ $V_{\max}^2 \approx 4.6 \times 10^{14} \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right) \rightarrow V_{\max} = 6.8 \times 10^5 \text{ m/s}$	
(الف) $\lambda = \frac{c}{f} \rightarrow f = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{589 \times 10^{-9} \text{ m}} = 5.09 \times 10^{14} \text{ Hz}$ $E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240 \text{ nm} \cdot \text{eV}}{589 \text{ nm}} = 2.10 \text{ eV}$ $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} \rightarrow E = 2.10 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 3.36 \times 10^{-19} \text{ J}$ (ب) $\left. \begin{array}{l} E = pt \\ E = nhf \end{array} \right\} \rightarrow pt = nhf \rightarrow$ $n = \frac{pt \cdot \lambda}{hc} = \frac{5 \text{ W} \times 6 \times 10^{-3} \text{ s} \times 589 \times 10^{-9} \text{ m}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}} = 8.89 \times 10^2$	۵-۱ اثر فوتوالکتریک و فوتون ۱. یک لامپ حاوی گاز کم فشار سدیم، فوتون‌هایی با طول موج ۵۸۹ 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 ۵۰ W است. در هر دقیقه چند فوتون از این لامپ گسیل می‌شود؟
(الف) $\text{بازده} = \frac{\text{توان خروجی}}{\text{توان ورودی}} \times 100 = \frac{5 \times 10^{-3} \text{ W}}{50 \text{ W}} \times 100 = 0.01\%$ (ب) $n = \frac{pt \cdot \lambda}{hc} = \frac{5 \times 10^{-3} \text{ W} \times 1 \text{ s} \times 633 \times 10^{-9} \text{ m}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}} = 1.59 \times 10^6$	۲. توان باریکه نور خروجی یک لیزر گازی هلیوم نئون ۵۰ mW است. اگر توان ورودی این لیزر ۵۰۰ W باشد، الف) بازده لیزر را حساب کنید. ب) اگر طول موج باریکه نور خروجی ۶۳۳ nm باشد، شمار فوتون‌هایی را پیدا کنید که در هر ثانیه از این لیزر گسیل می‌شود.

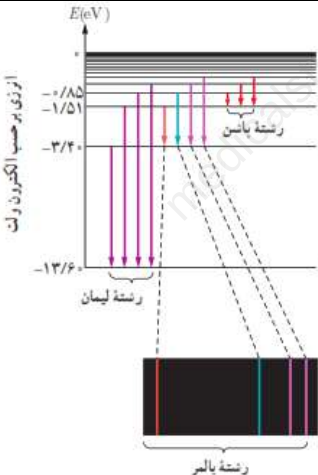
قطر مردمک $A = \pi R^2 = \frac{\pi D^2}{4}$ سطح دو مردمک $I = \frac{P}{\pi R^2} \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow E = \frac{P}{\pi R^2} (\pi R^2) t = \frac{P}{\pi R^2} (D^2) t \\ E = IAt \end{array} \right.$ $E = \frac{0.01 \times 5W \times (2 \times 10^{-2} m)^2 \times 1s}{\pi \times (10^{-2} m)^2} = 2 / 5 \times 10^{-14} J$ انرژی که به ۲ مردمک می رسد. $E = nhf = \frac{nhc}{\lambda} \rightarrow n = \frac{\lambda}{hc} E$ $n = \frac{550 \times 10^{-9} m}{6.63 \times 10^{-34} (J.s) \times 3 \times 10^8 (m/s)} \times 2 / 5 \times 10^{-14} J \rightarrow n = 6 / 9 \times 10^4$	۶. یک لامپ رشته‌ای با توان $W = 10$ از فاصله یک کیلومتری دیده می‌شود. فرض کنید نور لامپ به‌طور یکنواخت در فضای اطراف آن منتشر می‌شود و بازده لامپ ۵ درصد است (یعنی ۵W تابش مرئی گسیل می‌کند) و فقط ۱ درصد این تابش دارای طول موجی در حدود 550 nm است. در هر ثانیه چه تعداد فوتون با این طول موج وارد مردمک‌های چشم ناظری می‌شود که در این فاصله قرار دارد؟ (قطر مردمک را 2 mm در نظر بگیرید.)
$nhf = pt \rightarrow n = \frac{pt\lambda}{hc} = \frac{30 \cdot W / m^2 \times 1s \times 570 \times 10^{-9} m}{6.63 \times 10^{-34} J.s \times 3 \times 10^8 m/s} = 8 / 6 \times 10^{20}$	۷. 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 متر مربع حدود 300 W/m^2 باشد، در هر ثانیه چند فوتون به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد؟ طول موج متوسط فوتون‌ها را 570 nm فرض کنید.
الف) وقتی نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطحی فلزی بتابد الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شوند. به این پدیده فیزیکی، اثر فوتوالکتریک می‌گویند. ب) بنا بر نظر اینشتین، وقتی نوری تکفام بر سطح فلزی می‌تابد، هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون‌های فلز برهم‌کنش می‌کند.	۸. 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؟ پ) معادله مربوط به اثر فوتوالکتریک به صورت $K_{max} = hf - W$ بیان می‌شود. سه بخش این معادله را به طور جداگانه توضیح دهید.

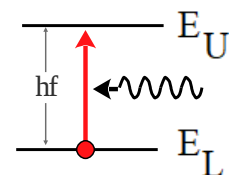
	اگر فوتون انرژی کافی داشته باشد تا فرآیند خارج کردن الکترون از فلز را انجام دهد، الکترون به طور آنی از آن گسیل می‌شود. در این صورت بخشی از انرژی فوتون صرف جدا کردن الکترون از فلز می‌شود و مابقی آن به انرژی جنبشی الکترون خارج شده تبدیل می‌شود. اگر بسامد نور تابیده شده بر سطح فلز از بسامدی موسوم به بسامد 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. 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 فوتوالکتریک‌ها می‌شود، در حالی که انرژی جنبشی فوتوالکتریک‌ها بدون تغییر می‌ماند. $K_{\max} = hf - W_0 \quad (\text{پ})$ $K_{\max}$ بیشترین انرژی جنبشی فوتوالکتریک‌های گسیل شده از صفحه‌های فلزی است. hf انرژی فوتون فرودی است که به فلز می‌تابد. W_0 تابع کار فلز، کمترین مقدار انرژی لازم برای کندن الکترون از سطح فلز، که بستگی به جنس فلز دارد.
۹ 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 بیشتر از آستانه بسامد باشد پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد. $(hf \geq W_0 \rightarrow f \geq f_0)$ اگر بسامد نور فرودی کمتر از آستانه بسامد باشد پدیده فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد. $(hf < W_0 \rightarrow f < f_0)$ ب) افزایش شدت نور فرودی در بسامد کمتر از آستانه تأثیری در پدیده فوتوالکتریک ندارد. پ) در بسامدهای بزرگ‌تر از بسامد آستانه، پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد که با کاهش شدت نور فرودی تعداد الکترون‌های کمتری از سطح جدا می‌شوند و جریان کمتری به وجود می‌آید.

الف) رنگ سبز $\lambda_o = \frac{hc}{w_o} = \frac{1240 \text{ eV.nm}}{2/28 \text{ eV}} = 543 / 8 \text{ nm}$ ب) خیر. شرط رخ دادن اثر فوتوالکتریک $\lambda \leq \lambda_o, \quad f \geq f_o, \quad hf \geq W_o$ اگر طول موج فوتون گسیلی از طول موج آستانه بزرگ‌تر باشند. انرژی لازم برای جدا کردن الکترون را ندارد. پدیده فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد $\lambda = 680 \text{ nm} \not\leq \lambda_o = 543 / 8 \text{ nm} \rightarrow$	۷. حداقل انرژی لازم برای جدا کردن یک الکترون از سطح فلز سدیم برابر ۲/۲۸ eV است. الف) طول موج آستانه برای گسیل فوتوالکتریک از سطح فلز سدیم چقدر است و با مراجعه به شکل ۵-۶ معلوم کنید این طول موج مربوط به چه رنگی است؟ ب) آیا فوتون‌هایی با طول موج ۶۸۰ nm قادر به جدا کردن الکترون از سطح این فلز هستند؟	۱۰
$K_{\max} = hf - w_o = \frac{hc}{\lambda} - w_o = \frac{1240 \text{ eV.nm}}{200 \text{ nm}} - 4/9 \text{ eV} = 1/3 \text{ eV}$ $K_{\max} = 1/3 \text{ eV} = 1/3 \times 1/6 \times 10^{-19} \text{ J} = 2/0.8 \times 10^{-19} \text{ J}$ $K_{\max} = \frac{1}{2} m V_{\max}^2 \rightarrow 2/0.8 \times 10^{-19} \text{ J} = \frac{1}{2} \times 9/11 \times 10^{-31} \text{ kg} \times V_{\max}^2$ $V_{\max}^2 = 0/456 \times 10^{12} \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}} \right) \rightarrow V_{\max} = 6/7 \times 10^5 \text{ m/s}$	۸. تابش فرابنفشی با طول موج ۲۰۰ nm بر سطح تیغه‌ای از جنس نیکل با تابع کار ۴/۹ eV تابیده می‌شود. بیشینه تندی فوتوالکتریک‌های جدا شده از سطح نیکل را حساب کنید.	۱۱
$K_{\max} = \frac{hc}{\lambda} - w_o \rightarrow 0/5 \text{ eV} = \frac{1240 \text{ eV.nm}}{420 \text{ nm}} - w_o \rightarrow w_o = 2/45 \text{ eV}$ $f_o = \frac{w_o}{h} = \frac{2/45 \text{ eV}}{4/14 \times 10^{-15} \text{ eV.s}} = 5/91 \times 10^{-14} \text{ Hz}$	۹. هرگاه بر سطح فلزی نوری با طول موج ۴۲۰ nm بتابد بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکتریک‌های گسیل شده حدود ۰/۵ eV است. بسامد آستانه برای گسیل فوتوالکتریک‌ها از سطح این فلز چقدر است؟	۱۲

اولین خط طیف اتم هیدروژن $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ $\xrightarrow{n'=3, n=4} \frac{1}{\lambda_1} = 0.011 \text{ nm}^{-1} \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} \right)$ $= 0.011 \text{ nm}^{-1} \times \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16} \right) = \frac{77}{14400} \text{ nm}^{-1} \rightarrow \lambda_1 = 1870 \text{ nm}$ دومین خط طیف اتم هیدروژن $\xrightarrow{n'=3, n=5} \frac{1}{\lambda_2} = 0.011 \text{ nm}^{-1} \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{5^2} \right)$ $= 0.011 \text{ nm}^{-1} \times \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{25} \right) = \frac{16}{22500} \text{ nm}^{-1} \rightarrow \lambda_2 = 1278 \text{ nm}$ محدوده فروسرخ	۵-۲ طیف خطی تمرین ۳-۵ 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.
الف) $E_n = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2} \rightarrow n = \sqrt{\frac{-13.6 \text{ eV}}{E_n}}$ $n = \sqrt{\frac{-13.6 \text{ eV}}{-1.51 \text{ eV}}} = \infty$ $n = \sqrt{\frac{-13.6 \text{ eV}}{-1.51 \text{ eV}}} = 3$ $n = \sqrt{\frac{-13.6 \text{ eV}}{-3.4 \text{ eV}}} = 2$ $n = \sqrt{\frac{-13.6 \text{ eV}}{-13.6 \text{ eV}}} = 1$ $\Delta E = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{hc}{\Delta E} \rightarrow \begin{cases} \Delta E_{\max} \rightarrow \lambda_{\min} \\ \Delta E_{\min} \rightarrow \lambda_{\max} \end{cases}$ $\lambda_{\min} = \frac{hc}{E_U - E_L} = \frac{1240 \text{ nm.eV}}{0 - (-13.6 \text{ eV})} = 91.2 \text{ nm}$	۴-۳ مدل اتم رادرفورد - بور تمرین ۴-۵ شکل مقابل تعدادی از تراز های انرژی اتم هیدروژن را نشان می دهد. الف) کمترین طول موج فوتونی را پیدا کنید که با گذار بین این تراز ها به دست می آید. ب) اگر الکترون از تراز انرژی -1.51 eV به تراز پایه جهش کند طول موج فوتون گسیلی را پیدا کنید. پ) کدام گذار بین دو تراز می تواند به گسیل فوتونی با طول موج 66 nm منجر شود؟ توجه کنید که این طول موج ها در گستره مرئی است.

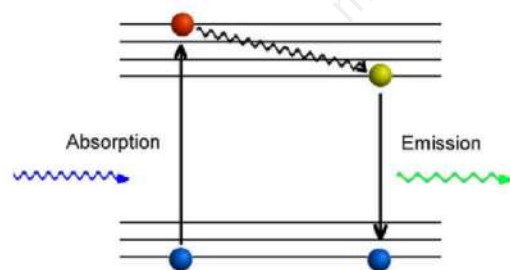
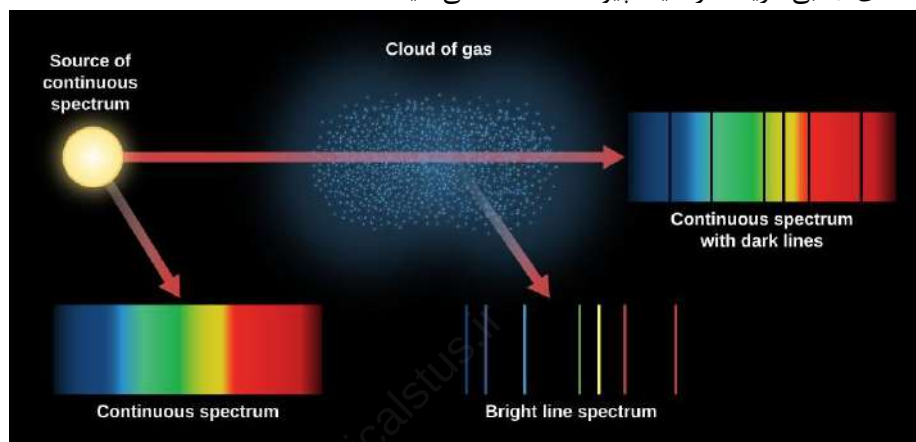
(ب) $\lambda = \frac{hc}{E_U - E_L} = \frac{1240 \text{ nm.eV}}{-1/51 \text{ eV} + 13/6 \text{ eV}} = 102/5 \text{ nm}$ (پ) $E_U - E_L = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow E_U + 3/4 \text{ eV} = \frac{1240 \text{ nm.eV}}{660 \text{ nm}} = 1/87 \text{ eV}$ $E_U = 1/87 \text{ eV} - 3/4 \text{ eV} \approx 1/51 \text{ eV} \rightarrow n = 3$	
بله. در این حالت الکترون ها از تراز انرژی پایین تر به تراز انرژی بالاتر می روند. و اتم، فوتون هایی که دقیقاً انرژی لازم برای گذار دارند را جذب می کنند. $\begin{cases} E_L = \frac{-13/6 \text{ eV}}{n_L^2} \\ E_U = \frac{-13/6 \text{ eV}}{n_U^2} \end{cases} \rightarrow E_U - E_L = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow 13/6 \text{ eV} \left(\frac{1}{n_U^2} - \frac{1}{n_L^2} \right) = \frac{hc}{\lambda}$ $\left(\frac{n_U^2 - n_L^2}{n_U^2 n_L^2} \right) \lambda = \frac{hc}{13/6 \text{ eV}} \rightarrow \lambda_{\text{Absorbing}} = \left(\frac{hc}{13/6 \text{ eV}} \right) \left(\frac{n_U^2 n_L^2}{n_U^2 - n_L^2} \right) = \lambda_{\text{Discharge}}$	پرسش ۵-۲ آیا معادله ۹-۵ برای فرایند جذب فوتون نیز برقرار است؟ (۹-۵) (معادله گسیل فوتون از اتم) $E_U - E_L = hf$ ۱۵
الف) برای یک جسم جامد، نظیر رشته ای داغ یک لامپ روشن، این امواج شامل گستره پیوسته ای از طول موج هاست. تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم کنش قوی بین اتم های سازنده آن است. حال آنکه گاز های کم فشار و رقیق، که اتم های منفرد آنها از برهم کنش های قوی موجود در جسم جامد آزادند به جای طیف پیوسته، طیفی گسسته را گسیل می کنند که شامل طول موج های معینی است. این طیف گسسته را، معمولاً طیف گسیلی خطی یا به اختصار طیف خطی می نامند و طول موج های ایجاد شده در آن، برای اتم های هر گاز منحصر به فرد هستند. ب) برای تشکیل طیف گسیلی خطی اتم های هر گاز نظیر هیدروژن، هلیوم، جیوه، سدیم و نئون معمولاً از یک لامپ باریک و بلند شیشه ای که حاوی مقداری گاز رقیق و کم فشار است استفاده می شود. دو الکتروند به نام های آند و کاتد در دو طرف این لامپ قرار دارد که به ترتیب به پایانه های مثبت و منفی	۵-۲ و ۵-۳ طیف خطی و مدل اتم رادرفورد - بور ۱۰. 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 می توان طیف های گسیلی پیوسته و خطی را ایجاد کرد. ۱۶

یک منبع تغذیه با ولتاژ بالا وصل اند. این ولتاژ بالا، سبب تخلیه ی الکتریکی در گاز می شود و اتم های گاز درون لامپ شروع به گسیل نور می کنند. آزمایش نشان می دهد که طیف خطی ایجاد شده و همچنین رنگ نور گسیل شده، به نوع گاز درون لامپ بستگی دارد.	
(الف) n عدد کوانتومی است که نشان دهنده شماره مدار مجاز الکترون به دور هسته است. و $n=1$ پایین ترین تراز انرژی است که مربوط به مدار اول است که به آن حالت پایه گفته می شود. انرژی هر تراز به معنای مقدار انرژی است که الکترون با آن مقدار انرژی به هسته مقید است و برای جدا کردن الکترون باید به اندازه ی انرژی آن تراز به الکترون انرژی بدهیم تا از قید هسته رها شود و علامت منفی هم به همین دلیل است. 13.6 eV - انرژی الکترون در حالت پایه است که کمترین انرژی مجاز الکترون است. در مقابل بالاترین تراز $n = \infty$ است. که انرژی الکترون در این تراز صفر است، اگر الکترون در حالت سکون باشد. (ب) مدارها و انرژی های الکترون ها در هر اتم کوانتیده اند. وقتی یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی شود. الکترون زمانی که از یک حالت مانا با انرژی بیشتر (E_U) به حالت مانا با انرژی کمتر (E_L) برود فوتون تابش می کند که انرژی فوتون تابشی برابر با اختلاف انرژی دو تراز است و چون ترازهای انرژی گسسته و دارای مقادیر معینی هستند لذا طیف خطی است. (پ) $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right)$	۱۱. شکل صفحه بعد سه رشته طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی را روی نمودار تراز انرژی نشان می دهد 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. (ب) اختلاف کوتاه ترین و بلندترین طول موج در هر رشته را، گستره طول موج های آن رشته می نامند. گستره طول موج های رشته لیمان ($n'=1$) را پیدا کنید. 
$\xrightarrow{n_L=1, n_U=\infty} \frac{1}{\lambda_{\min}} = 0.011 \text{ nm}^{-1} \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{\infty^2} \right) \rightarrow \lambda_{\min} = 90.9 \text{ nm}$ $\xrightarrow{n_L=1, n_U=2} \frac{1}{\lambda_{\min}} = 0.011 \text{ nm}^{-1} \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{2^2} \right) \rightarrow \lambda_{\max} = 121.2 \text{ nm}$ $90.9 \text{ nm} \leq \lambda_{\max} \leq 121.2 \text{ nm}$ گستره طول موج	$\lambda_{\min} = \frac{hc}{E_U - E_L} = \frac{1240 \text{ nm.eV}}{0 + 13.6 \text{ eV}} = 90.9 \text{ nm}$ $\lambda_{\max} = \frac{hc}{E_U - E_L} = \frac{1240 \text{ nm.eV}}{-3.4 \text{ eV} + 13.6 \text{ eV}} = 121.2 \text{ nm}$



الف) الکترون هایی که از ترازهای انرژی پایین تر با جذب فوتون به ترازهای انرژی بالاتر می روند. در این حالت، اتم، فوتونی را که دقیقاً انرژی لازم برای گذار را دارد جذب می کند.

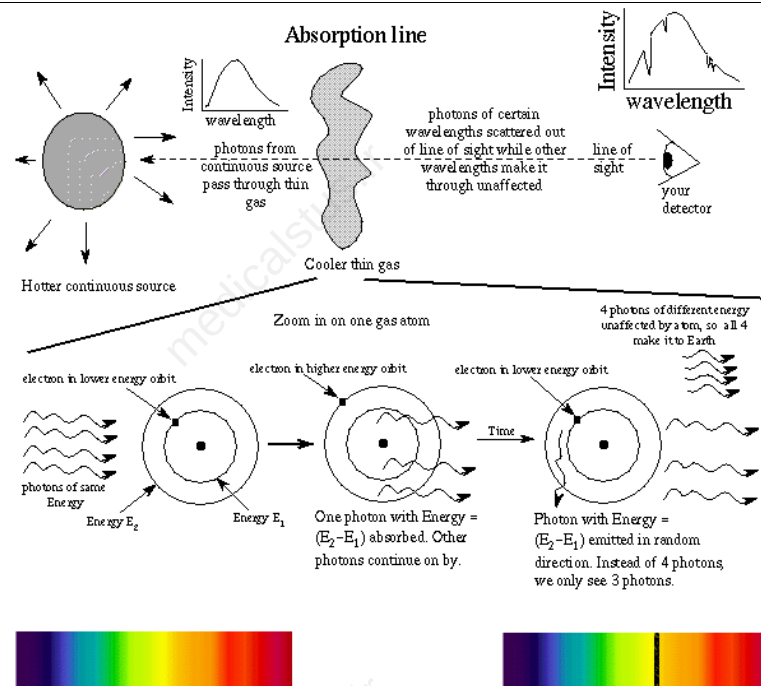
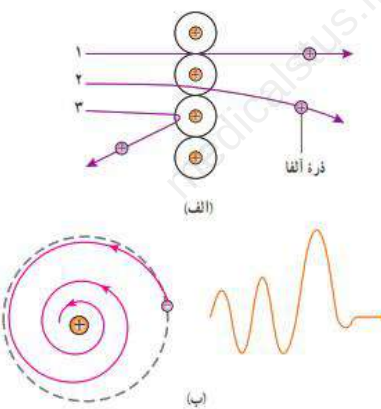
ب) وقتی نور سفیدی را به گاز هیدروژن رقیق می تابانیم الکترون های گاز بعضی از فوتون های نور فرودی را جذب کرده و به ترازهای بالاتر می روند. اگر نور خروجی از گاز را از منشور عبور دهیم یک دسته خط های جذبی تاریک در طیف پیوسته مشاهده می کنید.



پ) برای برانگیخته شدن اتم های بسیاری از مواد که به آن، نور فرابنفش می تابانیم، هنگام بازگشت به حالت پایه، نور مرئی گسیل می کنند. در این نوع مواد فوتون فرابنفش اتم را برانگیخته می سازد و الکترون به چند تراز انرژی بالاتر می رود و در برگشت با پرش های کوتاه تر و پله پله به تراز پایین تر می رود و فوتون های کم انرژی تری گسیل می کند که بعضی از آنها در ناحیه مرئی است.

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

ب) با استفاده از مدل بور، چگونه می توانید خط های 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 می کنند. این پدیده فیزیکی نمونه ای از فلئوئورسانسی است. آزمایش نشان می دهد در پدیده فلئوئورسانسی طول موج های گسیل یافته معمولاً برابر همان طول موج نور فرودی یا بزرگ تر از آن است. این پدیده را چگونه به کمک مدل بور می توانید تبیین کنید؟

	 Absorption line Intensity vs wavelength graphs showing a continuous spectrum and a line spectrum with absorption lines. Hotter continuous source emits photons that pass through a cooler thin gas. Photons of certain wavelengths are scattered out of the line of sight, while others pass through unaffected. Zoom in on one gas atom An electron transitions from a higher energy orbit (E_2) to a lower energy orbit (E_1), emitting a photon with energy $E_2 - E_1$. Other photons continue on by. 4 photons of different energy unaffected by atom, so all 4 make it to Earth. Photon with Energy $= (E_2 - E_1)$ emitted in random direction. Instead of 4 photons, we only see 3 photons. Color spectrum bars showing the continuous and line spectra.
الف) ذرات آلفا دارای بار مثبت اند، که تعداد زیادی از این ذرات از فضای خالی اتم عبور می کنند و یا در انحراف بسیار کمی در اثر نیروی دافعه از کنار هسته ی اتم می گذرند. که نشان می دهد بیشتر حجم ماده (اتم ها) از فضای خالی تشکیل شده است. ب) تعداد بسیار کمی از ذرات آلفا به مرکز اتم برخورد می نمایند و به سمت عقب باز می گردند. که نشان می دهد که توسط یک مرکز بسیار چگال و دارای بار مثبت منحرف شده باشند که حجم آن در مقایسه با حجم اتم بسیار کم است. پ) رادفورد به دنبال ورقه ی نازک و فلز سنگین بود. ۱- ورق طلا را می توان براحتی، به ورقه ی بسیار نازکی تبدیل کرد. شکل دادن و نازک کردن طلا از همه فلزات، آسان تر می باشد. در نتیجه رادفورد، ورقه ی طلا را برای آزمایش خود برگزید. ۲- رادفورد بدنبال یک فلز سنگین بود که تعداد الکترون های زیادی داشته باشد. می خواست میزان پراکندگی ذرات آلفا را در اتم سنگین با تعداد الکترون های زیاد بررسی نماید.	۱۹ ۱۹. مبنای مدل رادفورد، نتایج آزمایش هایی بود که از پراکندگی ذره های آلفا توسط یک ورقه نازک طلا به دست آمده بود (شکل الف). الف) توضیح دهید چرا بیشتر ذره های آلفا مانند ذره های ۱ و ۲ یا اصلاً منحرف نمی شوند یا به مقدار کمی منحرف می شوند. ب) تنها تعداد بسیار کمی از ذره ها مانند ذره ۳ منحرف می شوند. این امر چه نکته ای را درباره ساختار اتم طلا نشان می دهد؟ پ) چرا رادفورد در آزمایش خود از صفحه بسیار نازک طلا استفاده کرده بود؟ ت) شکل ب، به کدام مشکل مدل رادفورد اشاره دارد؟ در مدل بور چگونه این مشکل رفع شده است؟ 

دلیل انتخاب پرتو آلفا هم باردار بودن و سنگین بودن ذره آلفا بود. سنگین بودن پرتو باعث می شد تا به آسانی از مسیر خود منحرف نشود. ت) اگر فرض کنیم الکترون به دور هسته در گردش باشد، حرکت مداری الکترون به دور هسته، شتابدار است. و سبب تابش امواج الکترومغناطیسی می شود که بسامد آن، با بسامد حرکت مداری الکترون برابر است. با تابش موج الکترومغناطیسی توسط الکترون، از انرژی آن کاسته می شود. این کاهش انرژی باعث می شود که شعاع مدار الکترون به دور هسته به تدریج کوچک تر و بسامد حرکت آن به تدریج بیشتر شود. به این ترتیب باید طیف امواج الکترومغناطیسی گسیل شده از اتم، پیوسته باشد و الکترون پس از گسیل پی در پی امواج الکترومغناطیسی روی هسته فرو افتد. و تنها طیف گسلی پیوسته خواهیم داشت. و این در شرایطی است که طیف خطی گسیل شده توسط اتم ها نیز جور در نمی آمد. در مدل بور که برای اتم هیدروژن ارائه شد. الکترون در حین حرکت روی یک مدار مانا بر خلاف نظریه الکترومغناطیسی کلاسیک تابشی نمی کند و همچنین از یک حد معین با شعاع مشخص به هسته نزدیک تر نمی شود.	
(الف) $\left. \begin{aligned} E_U &= -\frac{13/6 \text{ eV}}{n_U^2} \\ E_L &= -\frac{13/6 \text{ eV}}{n_L^2} \end{aligned} \right\} \rightarrow \Delta E_{(n_U \rightarrow n_L)} = E_U - E_L = -\frac{13/6 \text{ eV}}{n_U^2} - \left(-\frac{13/6 \text{ eV}}{n_L^2}\right)$ $\Delta E_{(n_U \rightarrow n_L)} = 13/6 \text{ eV} \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2}\right)$	۱۴. 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 : $\Delta E(4 \rightarrow 2) = \Delta E(4 \rightarrow 3) + \Delta E(3 \rightarrow 2)$ $\Delta E(4 \rightarrow 1) = \Delta E(4 \rightarrow 2) + \Delta E(2 \rightarrow 1)$

(ب)

$$\Delta E_{(f \rightarrow r)} = \Delta E_{(f \rightarrow r)} + \Delta E_{(r \rightarrow r)}$$

$$\Delta E_{(f \rightarrow r)} = 13 / 6 \text{ eV} \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{f^2} \right) = 13 / 6 \text{ eV} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{16} \right)$$

$$\begin{aligned} \Delta E_{(f \rightarrow r)} + \Delta E_{(r \rightarrow r)} &= 13 / 6 \text{ eV} \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{f^2} \right) + 13 / 6 \text{ eV} \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{r^2} \right) \\ &= 13 / 6 \text{ eV} \left[\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{16} \right) + \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right) \right] = 13 / 6 \text{ eV} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{16} \right) \end{aligned}$$

$$\Delta E_{(f \rightarrow r)} = E_f - E_r$$

$$\Delta E_{(f \rightarrow r)} + \Delta E_{(r \rightarrow r)} = E_f - E_r + E_r - E_r = E_f - E_r$$

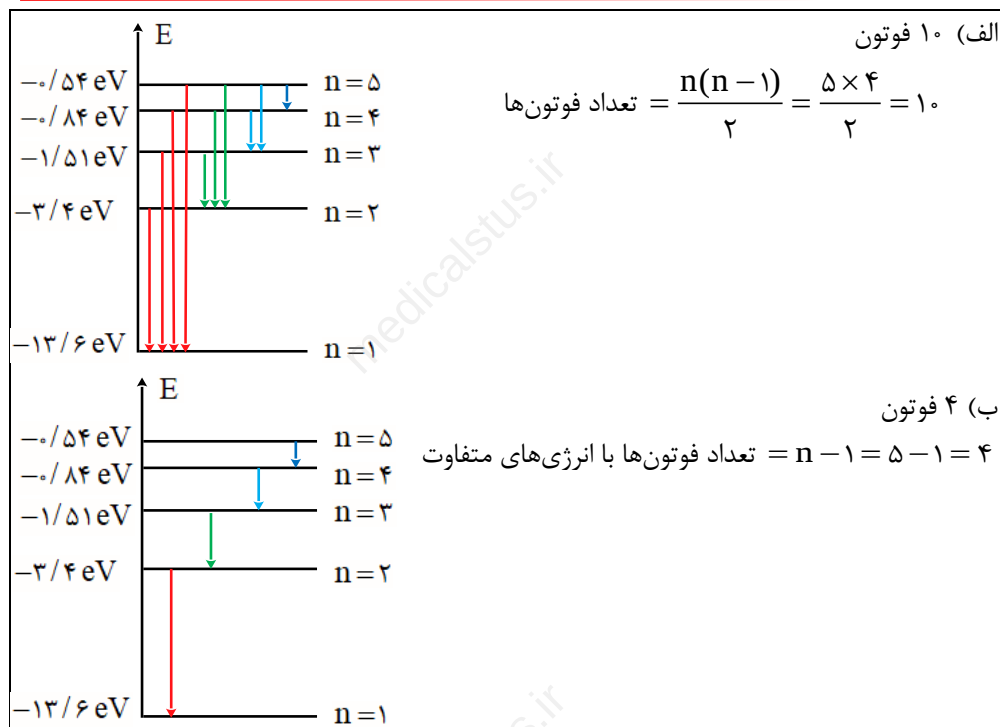
$$\Delta E_{(f \rightarrow i)} = \Delta E_{(f \rightarrow r)} + \Delta E_{(r \rightarrow i)}$$

$$\Delta E_{(f \rightarrow i)} = 13 / 6 \text{ eV} \left(\frac{1}{i^2} - \frac{1}{f^2} \right) = 13 / 6 \text{ eV} \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{16} \right)$$

$$\begin{aligned} \Delta E_{(f \rightarrow r)} + \Delta E_{(r \rightarrow i)} &= 13 / 6 \text{ eV} \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{f^2} \right) + 13 / 6 \text{ eV} \left(\frac{1}{i^2} - \frac{1}{r^2} \right) \\ &= 13 / 6 \text{ eV} \left[\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{16} \right) + \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{4} \right) \right] = 13 / 6 \text{ eV} \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{16} \right) \end{aligned}$$

$$\Delta E_{(f \rightarrow i)} = E_f - E_i$$

$$\Delta E_{(f \rightarrow r)} + \Delta E_{(r \rightarrow i)} = E_f - E_r + E_r - E_i = E_f - E_i$$

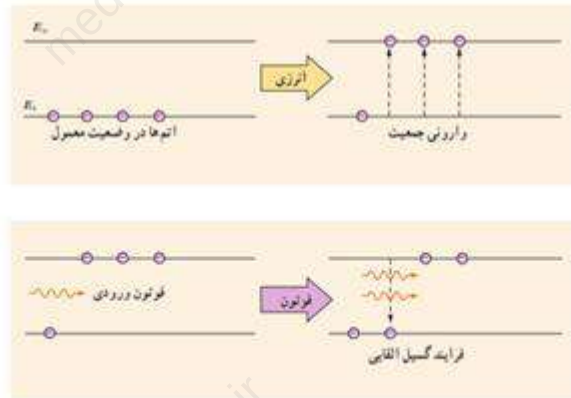
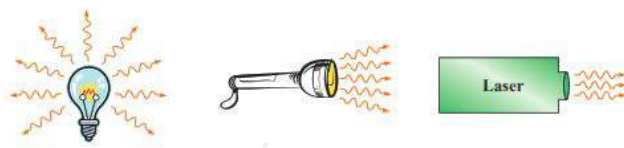


۱۵. الکترون اتم هیدروژنی در تراز $n=5$ قرار دارد.

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؟

۲۱

الف) وقتی اتمها (الکترونها) در حالت پایه باشد برانگیخته نشدهاند به این حالت میگوییم اتم در وضعیت معمول است. ب) با تابش فوتونهایی که انرژی آنها برابر اختلاف انرژی دو تراز E_L و E_U ($E_U - E_L = hf$) است. الکترون از تراز E_L به تراز E_U برانگیخته می شوند و این عمل آنقدر تکرار می شود تا حالت پایه با این فرایند تخلیه و جمعیت تراز بالاتر خیلی زیاد شود و وارونی جمعیت پیش می آید پ) وارونی جمعیت در یک محیط لیزر مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترونها در ترازهایی موسوم به ترازهای شبه پایدار نسبت به تراز پایین تر بسیار بیشتر باشند. در این ترازها، الکترونها مدت زمان بسیار طولانی تری نسبت به حالت برانگیخته معمولی باقی میمانند. این زمان طولانی تر، فرصت بیشتری برای افزایش وارونی جمعیت و در نتیجه تقویت نور لیزر فراهم می کند. ت) اگر فوتونی با انرژی ورودی ($E_U - E_L = hf$) به اتم برانگیخته وارد شود، گسیل القایی رخ می دهد. ث) گسیل القایی سه ویژگی عمده دارد. اول اینکه یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می شود. به این ترتیب این فرایند تعداد فوتونها را افزایش می دهد و نور را تقویت می کند. دوم اینکه فوتون گسیل شده، در همان جهت فوتون ورودی حرکت می کند. سوم اینکه فوتون گسیل شده با فوتون ورودی همگام یا دارای همان فاز است. به این ترتیب فوتون هایی که باریکه ی لیزری را ایجاد می کنند هم بسامد، هم جهت و هم فاز هستند.	۴-۵ لیزر ۱۷. شکل زیر فرایند ایجاد باریکه لیزر را به طور طر ح وار در ۴ مرحله نشان می دهد: الف) منظور از عبارت «اتمها در وضعیت معمول چیست؟ ب) نقش انرژی داده شده چیست و معمولاً این انرژی چگونه تأمین می شود؟ ت) انرژی فوتون ورودی چقدر باید باشد تا فرایند گسیل القایی انجام شود؟ ث) فوتون هایی که بر اثر فرایند گسیل القایی و جهش الکترون ها به تراز پایین تر ایجاد می شوند چه ویژگی های مشترکی دارند؟ 	۲۲
الف) فوتون های خروجی از یک لامپ رشته ای در تمام جهتها گسیل و پراکنده می شوند. و برای ایجاد فوتون های لامپ رشته ای و چراغ قوه به فرایند گسیل القایی نیازی نیست بلکه گسیل خود به خود رخ می دهد و فوتون های گسیل شده، موازی، هم فاز و هم بسامد نیستند. در چراغ قوه فوتون های با قراردادن یک عدسی در جلوی لامپ چراغ قوه از پراکنده شده فوتونها، جلوگیری می کنند. فوتون های خروجی نسبت به لامپ در جهتهای محدودتر گسیل می شوند. فوتون های گسیل شده، موازی، غیر هم فاز و با بسامدهای مختلف گسیل می کنند.	۱۷. در شکل زیر نحوه گسیل فوتونها از سه چشمه نور شامل لامپ رشته ای، چراغ قوه با لامپ رشته ای و لیزر با یکدیگر مقایسه شده است. الف) با توجه به آنچه در این فصل فرا گرفتید تفاوت فوتون های گسیل شده از هر چشمه را با یکدیگر بیان کنید. ب) چرا توصیه جدی می شود که هیچ گاه به طور مستقیم به باریکه نور ایجاد شده توسط لیزر نگاه نکنید؟ 	۲۳

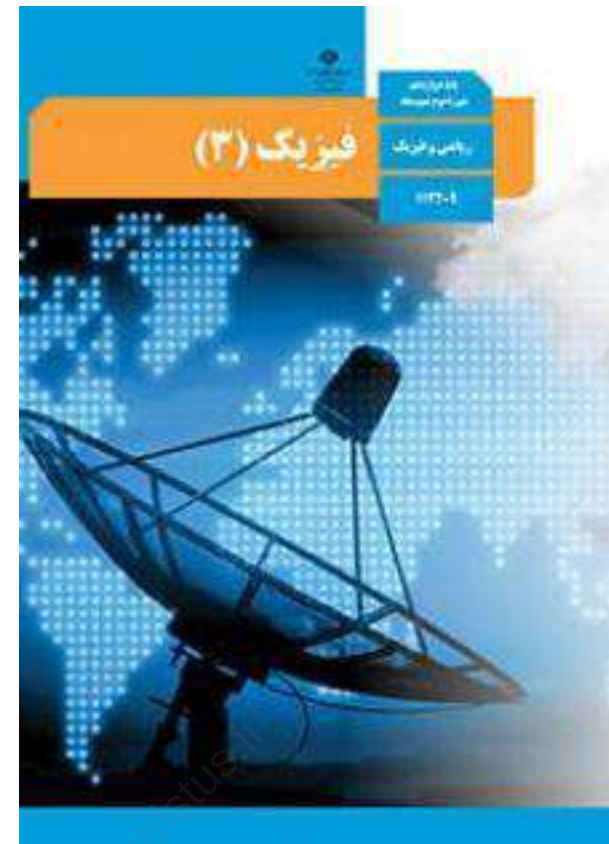
در لیزر فوتون‌ها در فرآیند گسیل القایی ایجاد شده و باریکه‌ای از لیزر را داریم که این باریکه از فوتون‌هایی که همگی هم جهت، هم فاز و هم انرژی‌اند ایجاد می‌شود. ب) نور لیزر دارای تعداد زیادی فوتون‌های هم‌فاز، هم‌بسامد و هم‌جهت می‌باشند لذا دارای انرژی بسیار زیاد و قدرت نفوذپذیری بالایی دارند. اگر وارد چشم شوند می‌توانند باعث صدمه زدن به چشم شوند.	
---	--



راهنمای حل فصل ۶ فیزیک دوازدهم

رشته ریاضی و فیزیک

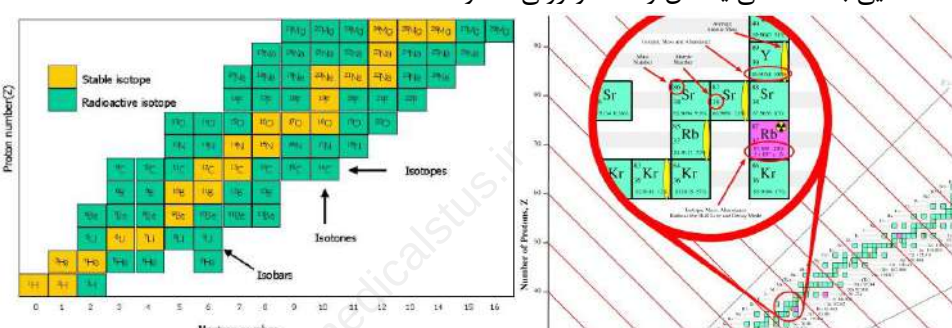
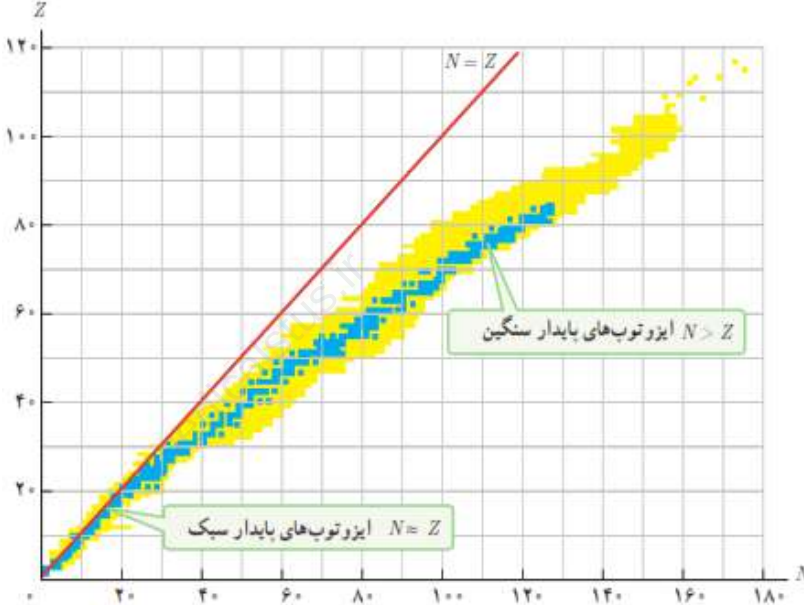
منطبق بر کتاب درسی



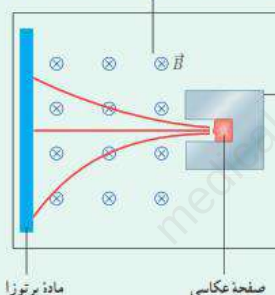
گروه فیزیک استان گیلان @Schoolphysics

آشنایی با فیزیک هسته‌ای			
صفحه pdf	صفحه کتاب درسی	فعالیت / پرسش / تمرین / مسائل	
۱	۱۳۸	۱-۶- ساختار هسته	
۱	۱۳۹	تمرین ۱-۶	۱
۱	۱۴۱	پرسش ۱-۶	۲
۲	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱	۳
۲	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲	۴
۲	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳	۵
۲	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴	۶
۳	۱۴۲	۲-۶- پرتوزایی طبیعی و نیم عمر	
۳	۱۴۲	پرسش ۲-۶	۷
۳	۱۴۴	تمرین ۲-۶	۸
۳	۱۴۵	تمرین ۳-۶	۹
۳	۱۴۷	تمرین ۴-۶	۱۰
۴	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۵	۱۱
۴	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۶	۱۲
۴	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۷	۱۳
۵	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۸	۱۴
۵	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۹	۱۵
۵-۶	۱۵۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۰	۱۶
۶	۱۵۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۱	۱۷
۷	۱۴۸	۳-۶- شکاف هسته‌ای	
۷-۸-۹	۱۵۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۲	۱۸
۱۰	۱۵۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۳	۱۹
۱۰	۱۵۶	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۴	۲۰

۲۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۵	۱۵۶	۱۰
۲۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۶	۱۵۶	۱۱
	۴-۶ گداخت هسته‌ای	۱۵۲	۱۲
۲۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۷	۱۵۶	۱۲

(الف) $\left. \begin{matrix} Z = 9 \\ N = 10 \end{matrix} \right\} \rightarrow A = Z + N = 9 + 10 = 19, \quad {}^{19}_9\text{F}_9$ (ب) $\left. \begin{matrix} Z = 50 \\ N = 66 \end{matrix} \right\} \rightarrow A = Z + N = 50 + 66 = 116, \quad {}^{116}_{50}\text{Sn}_{66}$	۶-۱ ساختار هسته تمرین ۱-۶ 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 فلور (F) با عدد نوترونی ۱۰ (ب) ایزوتوپ قلع (Sn) با عدد نوترونی ۶۶
(الف) متفاوت است. با افزایش عدد اتمی، هسته‌های پایدار از خط $N = Z$ فاصله می‌گیرند و به طرف پایین خط پراکنده می‌شوند. یعنی تعداد نوترون‌های آنها نسبت به پروتون‌های آنها زیاد می‌شود. (ب) ایزوتوپ یک عنصر عدد اتمی یکسان و عدد نوترونی متفاوتی دارد. اگر خطی عمود بر محور Z رسم کنیم. این خط چند نقطه آبی رنگ را قطع کند. این نقطه‌ها نمایانگر هسته‌هایی با عدد اتمی یکسان و عدد نوترونی متفاوت است. 	پرسش ۶-۱ هر نقطه آبی رنگ در نمودار شکل ۶-۳ 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؟ 

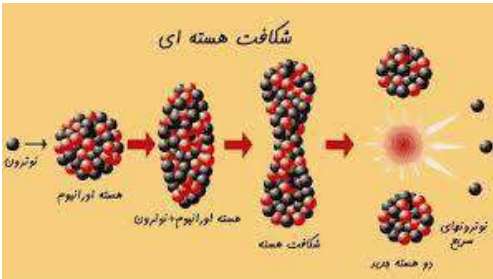
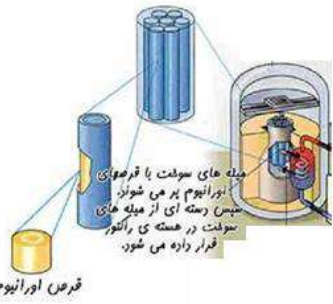
	۶-۱ ساختار هسته	
$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3} \times \frac{3}{14} \times (3/2 \times 10^{-2} \text{ m})^3 = 1/37 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ حجم توپ $V' = \frac{4}{3}\pi r'^3 = \frac{4}{3} \times \frac{3}{14} \times (10^{-15} \text{ m})^3 = 1/4 \times 10^{-45} \text{ m}^3$ حجم نوترون در توپ $N = \frac{V}{V'} = \frac{1/37 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{1/4 \times 10^{-45} \text{ m}^3} \approx 10^{41}$ تعداد نوترون در توپ $m = N \times m' = 10^{41} \times 10^{-27} = 10^{14} \text{ kg}$ جرم توپ	۱. مرتبه بزرگی تعداد نوترون‌هایی را که می‌توان تنگ هم در یک توپ تنیس به شعاع $3/2 \text{ cm}$ 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.)	۳
(الف) $^{208}_{82}\text{Pb} \rightarrow A = 208$ (ب) $^{208}_{82}\text{Pb} \rightarrow N = A - Z = 208 - 82 = 126$ (پ) $q = +82e = +82 \times 1/6 \times 10^{-19} \text{ C} = 1/312 \times 10^{-17} \text{ C}$ هسته از پروتون و نوترون تشکیل شده است که نوترون بار ندارد و بار پروتون مثبت است. پس بار الکتریکی خالص هسته مثبت است.	۲. برای $^{208}_{82}\text{Pb}$ مطلوب است: (الف) تعداد نوکلئون‌ها (ب) تعداد نوترون‌ها (ب) بار الکتریکی خالص هسته	۴
(الف) $^{195}_{78}\text{X} = ^{195}_{78}\text{Pt} \rightarrow N = 195 - 78 = 117$ (ب) $^{32}_{16}\text{X} = ^{32}_{16}\text{S} \rightarrow N = 32 - 16 = 16$ (پ) $^{61}_{29}\text{X} = ^{61}_{29}\text{Cu} \rightarrow N = 61 - 29 = 32$	۳. 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) $^{195}_{78}\text{X}$ (ب) $^{32}_{16}\text{X}$ (پ) $^{61}_{29}\text{X}$	۵
ایزوتوپ $^{61}_{25}\text{X}$ و $^{59}_{25}\text{X}$ دارای عدد اتمی یکسان اند پس خواص شیمیایی یکسانی دارد. و با روش شیمیایی نمی‌توان این دو ایزوتوپ را جدا کرد. این دو ایزوتوپ دارای خواص فیزیکی متفاوت مانند عدد جرمی و عدد نوترونی متفاوت می‌باشند. ولی ایزوتوپ $^{61}_{25}\text{X}$ و $^{61}_{26}\text{Y}$ را می‌توان به روش شیمیایی جدا کرد. زیرا عدد اتمی و خواص شیمیایی متفاوتی دارند.	۴. آیا می‌توان ایزوتوپ $^{61}_{25}\text{X}$ را با روش شیمیایی از ایزوتوپ $^{59}_{25}\text{X}$ جدا کرد؟ از ایزوتوپ $^{61}_{26}\text{Y}$ چطور؟ پاسخ خود را توضیح دهید.	۶

با توجه به قانون دست راست می توان تعیین کرد. پرتوی بالایی: از قانون دست راست پیروی می کند. پس بتا منفی (β^-) است. پرتوی وسط: در میدان مغناطیسی منحرف نشده است و بار الکتریکی ندارد. پرتوی پایینی: از قانون دست راست پیروی نکرده و برعکس است. پس بتا مثبت (β^+) است.	۶-۲ پرتوزایی طبیعی و نیمه عمر پرسش ۶-۲  شکل روبه رو طرح آزمایش ساده ای را نشان می دهد که به کمک آن می توان سه نوع پرتوزایی طبیعی را مشاهده کرد و به تفاوت بار و جرم پرتوها از یکدیگر پی برد. قطعه ای از ماده پرتوزا را در ته حفره باریکی در یک استوانه سربی قرار می دهند. استوانه را درون اتاقکی می گذارند و هوای درون آن را تخلیه می کنند. سپس یک صفحه عکاسی مقابل حفره قرار می دهند و میدان مغناطیسی بکنواختی درون اتاقک برقرار می کنند. خطوط قرمز رنگ، مسیر حرکت پرتوها را نشان می دهد. نوع بار پرتوها را با هم مقایسه کنید.
${}_{71}^{176}\text{Lu} \rightarrow {}_{-1}^0\text{e}^- + {}_{72}^{176}\text{Y}$ $\left. \begin{aligned} 176 &= A' + 0 \rightarrow A' = 176 \\ 71 &= Z' - 1 \rightarrow Z' = 72 \end{aligned} \right\} \rightarrow {}_{72}^{176}\text{Hf}$	تمرین ۶-۲ لوتیم (${}_{71}^{176}\text{Lu}$) عنصر پرتوزایی است که با گسیل بتای منفی، واباشی می کند. معادله این واکنش را بنویسید و با استفاده از جدول تناوبی عنصرها که در پیوست آمده است، عنصر جدیدی را که تولید می شود تعیین کنید.
${}_{8}^{15}\text{O} \rightarrow {}_{+1}^0\text{e}^+ + {}_{7}^{15}\text{Y}$ $\left. \begin{aligned} 15 &= A' + 0 \rightarrow A' = 15 \\ 8 &= Z' + 1 \rightarrow Z' = 7 \end{aligned} \right\} \rightarrow {}_{7}^{15}\text{N}$	تمرین ۶-۳ ایزوتوپ (${}_{8}^{15}\text{O}$) با گسیل پوزیترون، واباشی می کند. معادله این واکنش را بنویسید و با استفاده از جدول تناوبی عنصرها که در پیوست آمده است، عنصر جدیدی را که تولید می شود تعیین کنید.
$N = \frac{N_0}{2^n} \rightarrow \frac{1}{8} N_0 = \frac{N_0}{2^n} \rightarrow 2^n = 8 = 2^3 \rightarrow n = 3$ $n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} \rightarrow 3 = \frac{9(\text{day})}{T_{\frac{1}{2}}} \rightarrow T_{\frac{1}{2}} = 3(\text{day})$	تمرین ۶-۴ پس از گذشت ۹ روز، تعداد هسته های پرتوزای یک نمونه، به $\frac{1}{8}$ تعداد موجود در آغاز کاهش یافته است. نیمه عمر (بر حسب روز) ماده جقدر است؟

	۶-۲ پرتوزایی طبیعی و نیمه عمر
تولید اشعه β^-، الکترون زا $^{211}_{83}\text{Pb} \rightarrow ^{211}_{82}\text{Bi} + ^{-1}_0\text{X}$ تولید اشعه β^+، β^+ تا پوزیترون $^{11}_6\text{C} \rightarrow ^{11}_5\text{B} + ^{+1}_0\text{X} \Rightarrow ^{+1}_0\text{X} \leftrightarrow \text{e}^+$ تولید اشعه γ $^{231}_{90}\text{Th}^* \rightarrow ^{231}_{90}\text{Th} + ^0_0\text{X}$ تولید اشعه β^+، β^+ پوزیترون $^{18}_9\text{F} \rightarrow ^{18}_8\text{O} + ^{+1}_0\text{X}$	۱۱ ۵. جاهای خالی در فرایندهای واپاشی زیر نشان دهنده یک یا چند ذره α یا β^- است. در هر واکنش، جای خالی را کامل کنید. $^{211}_{83}\text{Pb} \rightarrow ^{211}_{82}\text{Bi} + \dots$ $^{11}_6\text{C} \rightarrow ^{11}_5\text{B} + \dots$ $^{231}_{90}\text{Th}^* \rightarrow ^{231}_{90}\text{Th} + \dots$ $^{18}_9\text{F} \rightarrow ^{18}_8\text{O} + \dots$
(الف) اورانیوم $^{242}_{94}\text{Pu} \rightarrow (^4_2\text{He}, \alpha) + ^A_Z\text{X} \rightarrow ^{238}_{92}\text{U}$ $A = 242 - 4 = 238$ & $Z = 94 - 2 = 92$ (ب) منیزیم $^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow ^{-1}_0\text{e} + ^A_Z\text{X} \rightarrow ^{24}_{12}\text{Mg}$ $A = 24 - 0 = 24$ & $Z = 11 + 1 = 12$ (پ) اکسیژن $^{13}_7\text{N} \rightarrow ^{-1}_0\text{e} + ^A_Z\text{X} \rightarrow ^{13}_8\text{O}$ $A = 13 - 0 = 13$ & $Z = 7 + 1 = 8$ (ت) نیتروژن $^{15}_8\text{O} \rightarrow ^{+1}_0\text{e} + ^A_Z\text{X} \rightarrow ^{15}_7\text{N}$ $A = 15 - 0 = 15$ & $Z = 8 - 1 = 7$	۱۲ ۷. هسته دختر به دست آمده از هر یک از واپاشی های زیر را به صورت ^A_ZX مشخص کنید. (الف) $^{242}_{94}\text{Pu}$ واپاشی α انجام دهد. (ب) سدیم $^{24}_{11}\text{Na}$ واپاشی β^- انجام دهد. (پ) نیتروژن $^{13}_7\text{N}$ واپاشی β^- انجام دهد. (ت) $^{15}_8\text{O}$ واپاشی β^+ انجام دهد.
پلونیوم $^A_Z\text{Y} \rightarrow ^{208}_{82}\text{Pb} + ^4_2\text{He}$ $\begin{cases} A = 4 + 208 \rightarrow A = 212 \\ Z = 2 + 82 \rightarrow Z = 84 \end{cases} \rightarrow ^A_Z\text{Y} = ^{212}_{84}\text{Y} = ^{212}_{84}\text{Po}$ تالیوم $^A_Z\text{Y} \rightarrow ^{208}_{82}\text{Pb} + ^{-1}_0\text{e}$ $\begin{cases} A = 208 + 0 \rightarrow A = 208 \\ Z = 82 - 1 \rightarrow Z = 81 \end{cases} \rightarrow ^A_Z\text{Y} = ^{208}_{81}\text{Y} = ^{208}_{81}\text{Tl}$	۱۳ ۷. سرب $^{208}_{82}\text{Pb}$ هسته دختر پایداری است که می تواند از واپاشی α یا واپاشی β^- حاصل شود. فرایندهای مربوط به هر یک از این واپاشی ها را بنویسید. در هر مورد هسته مادر را به صورت ^A_ZX مشخص کنید.

${}^{237}_{93}\text{Np} \rightarrow 3\alpha + \beta + {}^A_Z\text{X} \Rightarrow {}^{237}_{93}\text{Np} \rightarrow 3{}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{e} + {}^A_Z\text{X}$ $\begin{cases} 237 = 12 + 0 + A \rightarrow A = 225 \\ 93 = 6 - 1 + Z \rightarrow Z = 88 \end{cases}$	۱۴. نیتونیم ${}^{237}_{93}\text{Np}$ ایزوتوبی است که در راکتورهای هسته ای تولید می شود. این ایزوتوب ناپایدار است و واپاشی آن از طریق گسیل ذرات α، β، α و α صورت می گیرد. پس از وقوع تمام این واپاشی ها، عدد اتمی و عدد جرمی هسته نهایی چقدر است؟
زمان نیمه عمر، زمانی است که تعداد هسته های اولیه (N_0) نصف می شود. با توجه به نمودار و تعیین نیمه عمر سه نمودار می توان نتیجه گرفت. $T_{\frac{1}{2}}(2) < T_{\frac{1}{2}}(3) < T_{\frac{1}{2}}(1)$	۱۵. شکل زیر نمودار تغییرات تعداد هسته های مادر پرتوزای سه نمونه را بر حسب زمان نشان می دهد. نیمه عمر این سه نمونه را با هم مقایسه کنید.
$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2^n} = \frac{1}{56} = \frac{1}{64} = \frac{1}{2^6} \Rightarrow n = 6$ $n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} \rightarrow 6 = \frac{t}{5730 \text{ (Year)}} \rightarrow t = 34380 \text{ (Year)}$	۱۶. هنگامی که نیتروژن جو زمین توسط پرتوهای کیهانی (که معمولاً از جنس پروتون، ذره های α و الکترون هستند) بمباران می شود، ایزوتوپ پرتوزای کربن ۱۴ با آهنگ ثابتی در لایه های فوقانی جو تولید می شود. این کربن پرتوزا، با کربن ۱۲ که به طور طبیعی در جو وجود دارد در هم می آمیزد. بررسی ها نشان داده است که به ازای هر ۱۰۰۰۰ میلیارد اتم پایدار کربن ۱۲، تقریباً یک اتم پرتوزای کربن ۱۴ از این طریق وارد جو می شود. اتم های کربن جوی از طریق فعالیت های بیولوژیکی از قبیل فتوسنتز و تنفس، به نحو کاتوره ای مکان خود را عوض می کنند و به بدن جانداران منتقل می شوند. به طوری که اتم های کربن هر موجود زنده شامل کسر کوچک و ثابتی از ایزوتوپ پرتوزای کربن ۱۴ است. وقتی موجود زنده ای می میرد، مقدار کربن پرتوزای به تله افتاده در موجود غیر زنده، با نیمه عمر ۵۷۳۰ سال رو به کاهش می گذارد. کربن ۱۴ موجود در یک

	نمونه زغال قدیمی، ۱/۵۶ درصد (معادل $\frac{1}{64}$) مقدار عادی کربن ۱۴ موجود در زغالی است که تازه تولید شده است. سن تقریبی این زغال قدیمی چقدر است؟ موجود زنده شامل کسر کوچک و ثابتی از ایزوتوپ پرتوزای کربن ۱۴ است. وقتی موجود زنده ای می میرد، مقدار کربن پرتوزای به تله افتاده در موجود غیر زنده، یا نیمه عمر ۵۷۳۰ سال رو به کاهش می گذارد. کربن ۱۴ موجود در یک نمونه زغال قدیمی، ۱/۱۵۶ درصد (معادل $\frac{1}{64}$) مقدار عادی کربن ۱۴ موجود در زغالی است که تازه تولید شده است. سن تقریبی این زغال قدیمی چقدر است؟
$n = \frac{t}{T_{1/2}} \rightarrow n = \frac{4h}{1h} \rightarrow n = 4$ $N = \frac{N_0}{2^n} = \frac{N_0}{2^4} = \frac{N_0}{16}$	۱۷ نیمه عمر بیسموت ۲۱۲ حدود ۶ دقیقه است. پس از گذشت چهار ساعت، چه کسری از ماده اولیه، در نمونه ای از این بیسموت، باقی می ماند؟

(الف) ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{92}^{236}\text{U}$ عده‌های ۲۳۵ و ۹۲ نشان می‌دهد که هسته سنگین است. در هسته‌های سنگین که تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های آنها زیاد است، و فقط نوکلئون‌های مجاور بر هم نیروی هسته‌ای اثر می‌دهند، اما همه‌ی پروتون‌ها بر هم نیروی کولنی وارد می‌کنند؛ یعنی تعداد نیروهای دافعه‌ی الکتریکی بین پروتون‌ها در مقایسه با تعداد جاذبه‌ی هسته‌ای قوی زیاد است و این موجب ناپایداری هسته می‌شود. در تمام هسته‌های پایدار، نیروهای جاذبه هسته‌ای بر نیروی دافعه‌ی کولنی غلبه دارد. اما در هسته‌ی اورانیوم این برتری شکننده است. (ب) هنگامی که یک نوترون کند که به هسته‌ی ${}_{92}^{235}\text{U}$ نزدیک می‌شود، هسته با نزدیک شدنش مخالفت نمی‌کند و به راحتی نوترون را می‌بلعد و آن را به جمع نوکلئون‌های خود می‌افزاید. اضافه شدن یک نوترون باعث کش آمدن هسته‌ی اورانیوم می‌شود. نیروی کولنی از این فرصت استفاده نموده و هسته را کشیده و کشیده‌تر می‌کند. اگر این کشیدگی از حد (مرحله‌ی بحرانی) بگذرد، نیروهای هسته‌ای تسلیم می‌شوند و هسته‌ی اورانیوم به دو هسته‌ی سبک‌تر شکافته می‌شود. این فرآیند را شکافت هسته‌ای می‌نامند. انرژی آزاد شده از اختلاف جرم هسته اولیه و هسته تولید شده تعیین می‌گردد. $E = \Delta mc^2$ (پ) اورانیوم را در قطعه‌های کوچک تقسیم کرده، و بین آنها لایه‌ای کربن (گرافیت) قرار می‌دهند. به این ترتیب انرژی نوترون‌ها در برخورد با اتم‌های سبک کربن به شدت کاهش می‌یابد. برای کند کردن نوترون از آب معمولی، آب سنگین، گرافیت مورد استفاده قرار می‌گیرد.  	۶-۳ شکافت هسته‌ای ۱۱۱. معادله زیر بخشی از واکنشی را نشان می‌دهد که در یک راکتور هسته‌ای روی می‌دهد. ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{92}^{236}\text{U}$ (الف) اهمیت عدد‌های ۲۳۵ و ۹۲ را توضیح دهید. (ب) اتم‌های ${}_{92}^{236}\text{U}$ ناپایدارند و خودبه‌خود به قطعه‌هایی کوچک‌تر همراه با تعدادی نوترون سریع (بین ۲ تا ۵ عدد) و مقدار زیادی انرژی واپاشیده می‌شود. این فرایند چه نام دارد و انرژی آزاد شده در این فرایند چگونه تعیین می‌شود؟ (ب) اورانیم ۲۳۵ عمدتاً نوترون‌های با تندی کم را جذب می‌کند تا نوترون‌های سریع را. توضیح دهید چگونه تندی نوترون‌ها را در قلب راکتور کم می‌کنند. (ت) چگونه تولید انرژی را در قلب راکتور کنترل می‌کنند؟ (ث) واکنش زنجیری را توضیح دهید. (ج) انرژی به‌صورت گرما در قلب راکتور تولید می‌شود. چگونه گرما از قلب راکتور گرفته و به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود؟ (ج) هنگامی که میله‌های سوخت از مرکز راکتور بیرون کشیده می‌شوند، آنها «پرتوزا» و «ایزوتوب»‌هایی با «نیمه‌عمر» طولانی هستند. واژه‌های داخل گیومه را توضیح دهید.
---	---

(ت)

از ترکیب‌های موادی مثل کادمیوم و بور برای جذب نوترون‌ها بهره می‌گیریم. این مواد را به صورت میله‌ای در آورده و در داخل راکتور کار گذاشته می‌شود. به این میله‌ها، میله‌های کنترل می‌گویند. میله‌های کنترل اجازه نمی‌دهند که درصد نوترون‌ها در سوخت هسته‌ای از میزان مجاز بالاتر رود.

ث) در یک قطعه اورانیوم بعد از این که اولین واکنش شکافت انجام شد، چند نوترون نوزاد و پرنرزی بعد از طی مسافتی آن‌قدر به ذره‌های مسیرشان برخورد می‌کنند تا کند و تنبل شوند و هر کدام‌شان در آغوش یک هسته ^{235}U دیگر آرام بگیرند.

بنابراین اگر هر نوترون آزادشده، جذب یک هسته ^{235}U دیگر شود، به تعداد آن‌ها واکنش شکافت جدید رخ می‌دهد.

بطور نمونه، اگر به ازای هر واکنش شکافت ۳ نوترون آزاد شود، سه

واکنش شکافت دیگر رخ می‌دهد و ۹ نوترون جدید متولد می‌شود و اگر این ۹ تا توسط هسته ^{235}U دیگر بلعیده شوند، ۲۷ نوترون دیگر آزاد می‌شود و ... و به این ترتیب، در مدت کوتاهی شاهد زنجیره‌ای از واکنش‌های شکافت خواهیم بود. به همه این واکنش‌ها به طور یکجا «واکنش زنجیره‌ای» می‌گوییم.

(ج)

درون محفظه‌ی راکتور، آب با فشار زیاد جریان دارد. فشار زیاد باعث می‌شود، نقطه جوش آب به شدت افزایش می‌یابد و در دمای زیاد می‌جوشد. آب پرفشار، گرمای حاصل از واکنش زنجیره‌ای را می‌گیرد و آن را از محفظه‌ی راکتور خارج و در یک محفظه‌ی دیگر به آب کم فشار می‌دهد و آب کم فشار را به سرعت تبخیر می‌کند. آبهای بخار شده، توربین‌های مولد جریان الکتریکی را به چرخش وا می‌دارد و از این طریق انرژی شکات هسته‌ای به انرژی مفید الکتریکی تبدیل می‌شود.

(چ)

پرتوزایی با رادیواکتیویته

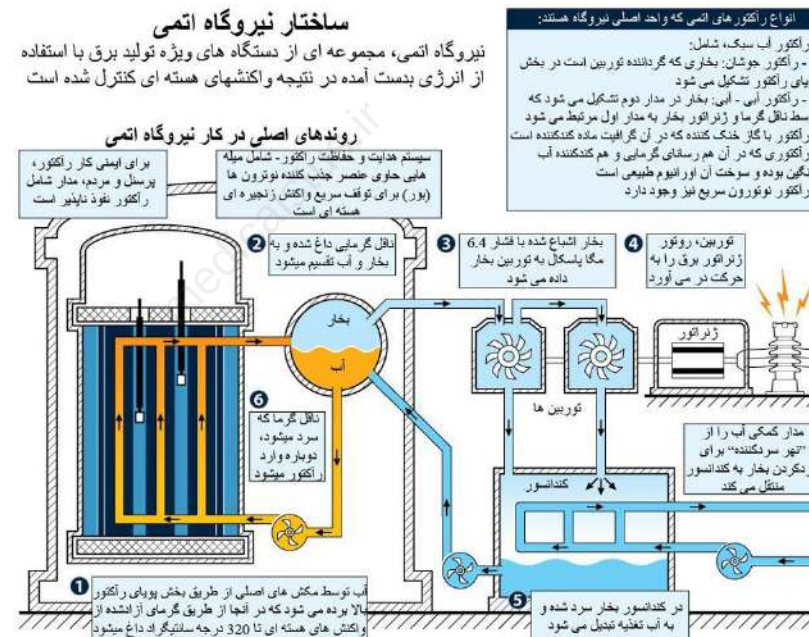
هسته ای بعضی از اتمها برای آن که به وضع پایدارتری برسند، خودبه خود و بدون دخالت عوامل بیگانه، دچار تغییر و دگرگونی می شوند و در این فرایند، ذره ها پرتوهایی را تابش می کنند. به این ویژگی برخی هسته ها که فعالانه در حال واپاشی و تابش ذره ها و پرتوها هستند، رادیواکتیویته یا پرتوزایی و به این هسته ای خود به خود واپاشنده هسته های رادیواکتیو یا پرتوزا می گویند.

ایزوتوپ

اتمهایی را که پروتونهای آنها، با هم مساوی و تعداد نوترون هایشان مختلف است، ایزوتوپ می گویند.

نیمه عمر

نیمه عمر مدتی است که از هسته های فعال یک ماده ی پرتوزا، غیر فعال شود یا به تعبیری دیگر نیمه عمر مدتی است که تعداد هسته های فعال یک ماده ی پرتوزا نصف شود.



$m = 0.7\% \text{kg} = 0.007 \text{kg} = 7 \text{g}$ $n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} \rightarrow \frac{N}{6.02 \times 10^{23} (\text{1/mol})} = \frac{7 \text{g}}{235 (\text{g/mol})}$ $\rightarrow N = 1.8 \times 10^{22}$ $E_T = NE_{\text{particle}} = 1.8 \times 10^{22} \times 200 \text{ MeV} = 3.6 \times 10^{24} \text{ MeV}$ $\rightarrow 3.6 \times 10^{24} \times 1.6 \times 10^{-13} \text{ J} = 5.76 \times 10^{11} \text{ J}$ $1 \text{ MeV} = 1.6 \times 10^{-13} \text{ J} = 1.6 \times 10^{-13} \text{ J}$ (ب) $1 \text{kg} \quad 3 \times 10^9 \text{ J}$ $m \quad 5.76 \times 10^{11} \text{ J} \rightarrow m = \frac{5.76 \times 10^{11} \text{ J} \times 1 \text{kg}}{3 \times 10^9 \text{ J}} = 1.92 \times 10^2 \text{ kg}$ انرژی حاصل از ۷ گرم اورانیوم معادل سوختن ۱۹/۱ تن زغال است.	۱۹. الف) حدود ۰/۷ درصد اورانیوم موجود در سنگ معدن طبیعی اورانیم از ایزوتوپ ۲۳۵ تشکیل شده است. در هر واکنش شکافت حدود ۲۰۰ MeV انرژی آزاد می شود. فرض کنید تمامی ایزوتوپ ۲۳۵ موجود در یک کیلوگرم از این اورانیم بتواند بر اثر شکافت، انرژی خود را آزاد کند. مقدار این انرژی بر حسب مگا الکترون ولت (MeV) و ژول (J) چقدر است؟ ب) با سوختن هر کیلوگرم زغال سنگ، حدود ۳۰ MJ انرژی گرمایی آزاد می شود. چند کیلوگرم زغال سنگ باید بسوزد تا معادل انرژی به دست آمده در قسمت الف، انرژی تولید شود؟
${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{51}^{133}\text{Sb} + {}_Z^AX + 4{}_0^1\text{n}$ $235 + 1 = 133 + A + 4 \rightarrow A = 99$ $92 + 0 = 51 + Z + 4 \times 0 \rightarrow Z = 41$ نیوبیم	۲۰. یکی از واکنش های ممکن در شکافت ${}_{92}^{235}\text{U}$، داده شده است. در این واکنش عدد اتمی Z، عدد جرمی A و عنصر X را در ${}_Z^AX$ تعیین کنید. ${}_0^1\text{n} + {}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{51}^{133}\text{Sb} + {}_Z^AX + 4{}_0^1\text{n}$ در صورت لزوم از جدول تناوبی کمک بگیرید.
${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{50}^{133}\text{Sn} + {}_{42}^{101}\text{Mo} + (N = ?){}_0^1\text{n}$ $235 + 1 = 133 + 101 + N \times 1 \rightarrow N = 2$	۲۱. در واکنش زیر چه تعداد نوترون تولید می شود؟ ${}_0^1\text{n} + {}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{50}^{133}\text{Sn} + {}_{42}^{101}\text{Mo} + \text{نوترون ها}$

$\frac{P_{out}}{P_{in}} \rightarrow 0.35 = \frac{1000 \text{ Mw}}{P_{in}} \rightarrow P_{in} = 2.86 \times 10^3 \text{ MW}$ انرژی ورودی $E_{in} = P_{in} t \rightarrow E_{in} = 2.86 \times 10^3 (\text{MW}) \times 365 \times 86400 \text{ s}$ $E_{in} = 9.01 \times 10^3 \text{ MJ}$ $N = \frac{E_{in}}{E} = \frac{9 \times 10^9 \text{ J}}{200 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}} = 2.81 \times 10^{27}$ $n = \frac{N}{N_A} = \frac{2.81 \times 10^{27}}{6.02 \times 10^{23} (\text{1/mol})} = 4.67 \times 10^3 \text{ mol}$ $n = \frac{m}{M} \rightarrow 4.67 \times 10^3 \text{ mol} = \frac{m}{235 (\text{g/mol})} \rightarrow m = 1.097 \times 10^6 \text{ g}$ $m = 1.097 \times 10^3 \text{ kg}$	۱۷. بازده نیروگاه هسته‌ای بوشهر حدود ۳۵ درصد است. یعنی ۶۵ درصد انرژی حاصل از شکافت ایزوتوپ اورانیم ۲۳۵، به صورت گرما تلف و حدود ۳۵ درصد آن، به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. با توجه به اینکه در هر شکافت حدود 200 MeV انرژی آزاد می‌شود، چند کیلوگرم اورانیم ۲۳۵ در سال شکافت پیدا می‌کند؟ (فرض کنید نیروگاه در طول سال با توان پایدار 1000 مگاوات کار می‌کند.)
---	--

الف) تعداد نوکلئون های واکنش شکاف اورانیوم: $A = 1 + 235 = 236$ ، ${}_0^1n + {}_{92}^{235}\text{U}$ انرژی هر نوکلئون $E_T = NE \rightarrow E = \frac{E_T}{N} \rightarrow E = \frac{202/5 \text{ MeV}}{236} = 8/58 \times 10^{-2} \text{ MeV}$ ب) ${}_1^2\text{D} + {}_1^3\text{T} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1n$ تعداد نوکلئون های واکنش دوتریم با تریتم $A = 2 + 3 = 5$ انرژی هر نوکلئون $E'_T = NE' \rightarrow E' = \frac{E'_T}{N} \rightarrow E' = \frac{17/6 \text{ MeV}}{5} = 3/52 \text{ MeV}$ پ) مقدار انرژی آزاد شده هر نوکلئون در واکنش گداخت هسته ای (دوتریم با تریتم) $4/1$ برابر مقدار انرژی آزاد شده هر نوکلئون شکافت هسته ای است. تولید انرژی بیشتر و پرتوزایی کمتر و نداشتن پسماند و هسته های باقی مانده از اهمیت های واکنش گداخت است.	۶-۴ گداخت (همجوشی) هسته ای ۶-۴ گداخت هسته ای ۱۷. انرژی آزاد شده در هر واکنش شکافت اورانیم ۲۳۵ با یک نوترون کند حدود $202/5 \text{ MeV}$ و در هر واکنش گداخت دوتریم با تریتم حدود $17/6 \text{ MeV}$ است. الف) تعداد نوکلئون های شرکت کننده در هر واکنش شکافت چقدر است؟ انرژی آزاد شده به ازای هر نوکلئون را حساب کنید. ب) تعداد نوکلئون های شرکت کننده در هر واکنش گداخت چقدر است؟ انرژی آزاد شده به ازای هر نوکلئون را حساب کنید. پ) نتیجه های قسمت (الف) و (ب) را با یکدیگر مقایسه کنید. با توجه به نیاز روز افزون بشر به انرژی، و با توجه به اینکه مواد قابل شکافت مانند ${}^{235}\text{U}$ به مقدار بسیار کمی در طبیعت وجود دارد ولی دوتریم به طور فراوان در آب اقیانوس ها و دریاها موجود است و جدا کردن آن از هیدروژن معمولی آسان و کم هزینه است، اهمیت این مقایسه را توضیح دهید.
--	--