

راهنمای حل

فصل ۱ فیزیک دوازدهم

رشته علوم تجربی

منطبق بر کتاب درسی

گروه فیزیک استان گیلان



<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	۲-۳	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	۲۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱	۱۳
۸	۲۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲	۱۴
۹	۲۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳	۱۵
۹	۲۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴	۱۶
۱۰	۲۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۵	۱۷
۱۰	۲۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۶	۱۸
۱۱	۲۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۷	۱۹
۱۱-۱۲	۲۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۸	۲۰
۱۲-۱۳	۲۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۹	۲۱
۱۳	۲۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۰	۲۲
۱۳	۲۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۱	۲۳
۱۴	۲۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۲	۲۴
۱۴	۲۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۳	۲۵
		۲-۱ حرکت با سرعت ثابت	
۱۵	۱۴	تمرین ۶-۱	۲۶
۱۵	۱۴-۱۵	تمرین ۷-۱	۲۷
۱۶	۲۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۴	۲۸

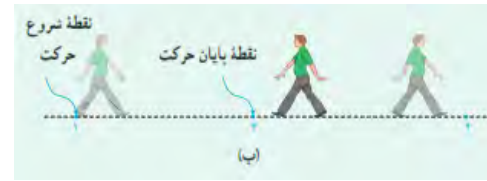
۱۷	۲۴	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۱۵	۲۹
۱۸	۲۵	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۱۶	۳۰
۱۸	۲۵	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۱۷	۳۱
		۳-۱ حرکت با شتاب ثابت	
۱۹	۱۶	تمرین ۱-۸	۳۲
۱۹	۱۶	فعالیت ۱-۲	۳۳
۲۰	۱۸	تمرین ۱-۹	۳۴
۲۰	۲۱	پرسش ۱-۷	۳۵
۲۱	۲۱	تمرین ۱-۱۰	۳۶
۲۱-۲۲	۲۱	تمرین ۱-۱۱	۳۷
۲۲	۲۵	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۱۸	۳۸
۲۳	۲۵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

پرسش ۱-



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

۱



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 بيموده شده مقایسه کنید.

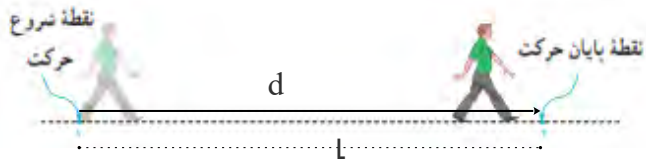
۲



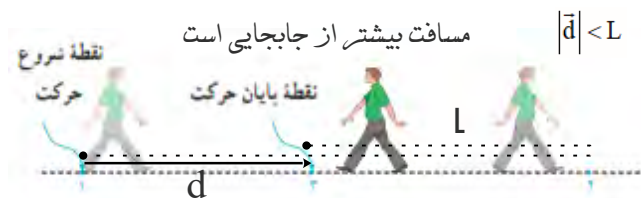
۳- شکل ب مسیر حرکت ماه به دور زمین را نشان می دهد. وقتی ماه در جهت نشان داده شده در شکل، از مکان ۱ به مکان ۲ می رود مسیر حرکت و بردار جابه جایی آن را روی شکل مشخص و اندازه بردار جابه جایی آن را با مسافت بيموده شده مقایسه کنید.

۳

مسافت و جابجایی بعلت عدم تغییر جهت برابر است



مسافت و جابجایی بعلت تغییر جهت برابر نیست. و اندازه



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



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.

$$\text{مسافت} = L = 550 \text{ m}$$

$$\text{جابجایی} = |\vec{d}| \approx 320 \text{ m}$$

با توجه به دو رابطه $s_{av} = \frac{L}{\Delta t}$ و $\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t}$ ، زمانی با هم برابر خواهند بود که متحرک بر روی خط راست حرکت کند دارای اندازه بردار جابجایی و مسافت برابر باشد.

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.

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.

تمرین ۱-۱

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

جهت حرکت	سرعت متوسط	بردار جابه جایی	مکان پایانی	مکان آغازین	
محور X	$2 / \text{m} / \text{s} \vec{i}$	$8 / \text{fm} \vec{i}$	$6 / \text{fm} \vec{i}$	$-2 \text{m} \vec{i}$	متحرک A
خلاف محور X	$-1 / \text{fm} / \text{s} \vec{i}$	$-5 / \text{fm} \vec{i}$	$-2 / \text{fm} \vec{i}$	$2 / \text{m} \vec{i}$	متحرک B
محور X	$1 / \text{fm} \Delta \text{m} / \text{s} \vec{i}$	$6 / \text{fm} \vec{i}$	$8 / \text{fm} \vec{i}$	$2 \text{m} \vec{i}$	متحرک C
محور X	$2 / \text{fm} / \text{s} \vec{i}$	$9 / \text{fm} \vec{i}$	$8 / \text{fm} \vec{i}$	$-1 / \text{fm} \vec{i}$	متحرک D

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

$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1 = 6 / \text{fm} \vec{i} - (-2 \text{m} \vec{i}) = 8 / \text{fm} \vec{i} \quad \text{A متحرک}$$

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} = \frac{8 / \text{fm} \vec{i}}{4\text{s}} = 2 / \text{m} \vec{i}$$

$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1 \rightarrow -5 / \text{fm} \vec{i} = -2 / \text{fm} \vec{i} - \vec{d}_1$$

$$\rightarrow \vec{d}_1 = 3 / \text{m} \vec{i} \quad \text{B متحرک}$$

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} = \frac{-5 / \text{fm} \vec{i}}{4\text{s}} = -1 / \text{fm} \vec{i}$$

$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1 = 8 / \text{fm} \vec{i} - (2 \text{m} \vec{i}) = 6 / \text{fm} \vec{i} \quad \text{C متحرک}$$

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} = \frac{6 / \text{fm} \vec{i}}{4\text{s}} = 1 / \text{fm} \vec{i}$$

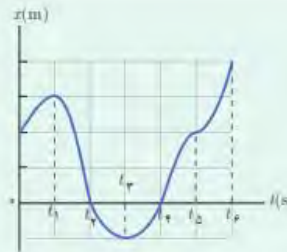
$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} \rightarrow 2 / \text{fm} / \text{s} \vec{i} = \frac{\Delta \vec{d}}{4\text{s}} \rightarrow \Delta \vec{d} = 8 / \text{fm} \vec{i} \quad \text{D متحرک}$$

$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_2 - \vec{d}_1 \rightarrow 9 / \text{fm} \vec{i} = \vec{d}_2 - (-1 / \text{fm} \vec{i}) =$$

$$\rightarrow \vec{d}_2 = 8 / \text{fm} \vec{i}$$

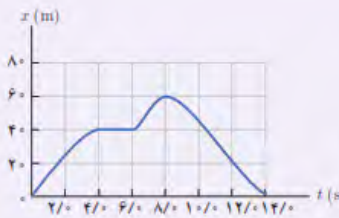
پرسش ۳-۱

با توجه به نمودار مکان - زمان شکل روبه‌رو به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:
 الف) متحرک چند بار از مبدأ مکان عبور می‌کند؟
 ب) در کدام بازه‌های زمانی متحرک در حال دور شدن از مبدأ است؟
 پ) در کدام بازه‌های زمانی متحرک در حال نزدیک شدن به مبدأ است؟
 ت) جهت حرکت چند بار تغییر کرده است؟ در چه لحظه‌هایی؟
 ث) جابه‌جایی کل در جهت محور x است یا خلاف آن؟



تمرین ۲-۱

شکل روبه‌رو نمودار مکان - زمان دوچرخه‌سواری را نشان می‌دهد که روی مسیری مستقیم در حال حرکت است.
 الف) در کدام لحظه‌ای دوچرخه‌سوار بیشترین فاصله از مبدأ را دارد؟
 ب) در کدام بازه‌های زمانی دوچرخه‌سوار در جهت محور x حرکت می‌کند؟
 پ) در کدام بازه‌های زمانی دوچرخه‌سوار در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند؟
 ت) در کدام بازه‌های زمانی، دوچرخه‌سوار ساکن است؟
 ث) تندی متوسط و سرعت متوسط دوچرخه‌سوار را در هر یک از بازه‌های زمانی $0/s$ تا $2/s$ ، $2/s$ تا $4/s$ ، $4/s$ تا $6/s$ ، $6/s$ تا $8/s$ ، $8/s$ تا $10/s$ ، $10/s$ تا $12/s$ ، $12/s$ تا $14/s$ حساب کنید.



الف) در زمان‌های t_p و t_f
 ب) در بازه (صفر تا t_1) و (t_1 تا t_2) و (t_2 تا t_3)
 پ) در بازه (t_1 تا t_2) و (t_2 تا t_3)
 ت) دو بار - t_1 و t_2
 ث) در جهت محور x

الف) در لحظه ۸ س ب) در بازه صفر تا ۴س و ۶س تا ۸س پ) در بازه ۸س تا ۱۴س
 ت) ۴س تا ۶س
 ث)

بازه زمانی $\Delta t = t_f - t_i$	تندی متوسط $s_{av} = \frac{l}{\Delta t}$
$\Delta t_1 = 2s - 0s$	$s_{av} = \frac{\approx 20m}{2s} = 10 \frac{m}{s}$
$\Delta t_2 = 6s - 4s$	$s_{av} = \frac{0}{2} = 0 \frac{m}{s}$
$\Delta t_3 = 8s - 2s$	$s_{av} = \frac{\approx 20m}{6s} = 3 \frac{m}{s}$
$\Delta t_4 = 10s - 8s$	$s_{av} = \frac{0}{2} = 0 \frac{m}{s}$
$\Delta t_5 = 14s - 0s$	$s_{av} = \frac{120m}{14s} = 8 \frac{m}{s}$

۵

۶

$\Delta t = t_f - t_i$ بازه زمانی	$V_{av} = \frac{d}{\Delta t}$ سرعت متوسط
$\Delta t_1 = 2s - 0s$	$V_{av} = \frac{\approx 20m}{2s} = 10 \frac{m}{s}$
$\Delta t_2 = 6s - 4s$	$V_{av} = \frac{40-40}{2} = 0 \frac{m}{s}$
$\Delta t_3 = 5s - 2s$	$V_{av} = \frac{\approx 20m}{3s} = 6 \frac{m}{s}$
$\Delta t_4 = 14s - 8s$	$V_{av} = \frac{-60m}{6s} = -10 \frac{m}{s}$
$\Delta t_5 = 14s - 0s$	$V_{av} = \frac{0m}{14s} = 0 \frac{m}{s}$

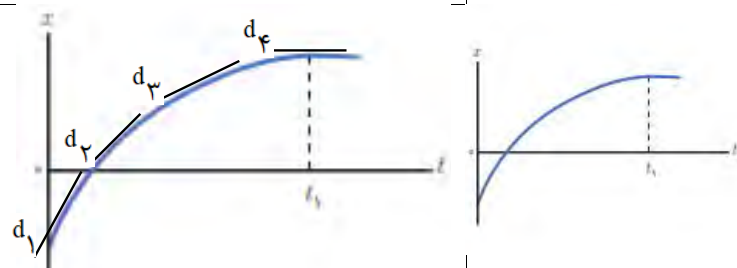


با توجه به مثال ۱-۵، با توجه به ثابت بودن شیب نمودار مکان - زمان برای هر بازه زمانی دلخواه ثابت است. و هم چنین در هر لحظه خط مماس بر نمودار برابر با سرعت متوسط می باشد می توان نتیجه گرفت سرعت لحظه ای متحرک با سرعت متوسط برابر است

پرسش ۴-

از روی نمودار مکان - زمان توضیح دهید در چه صورت سرعت لحظه ای متحرک همواره با سرعت متوسط آن برابر است.

۷



پرسش ۵-

شکل روبه رو نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می دهد که در امتداد محور x در حرکت است.
الف) از لحظه صفر تا لحظه t_1 سرعت متحرک رو به افزایش است یا کاهش؟
ب) اگر در لحظه t_1 خط مماس بر منحنی موازی محور زمان باشد، سرعت متحرک در این لحظه چقدر است؟

۸

شیب خط $d_3 >$ شیب خط d_4
شیب خط $d_3 >$ شیب خط d_2

$$V_1 > V_2 > V_3 > V_4$$

شیب خط $d_1 > d_2$ شیب خط d_2

الف) سرعت متحرک رو به کاهش است.

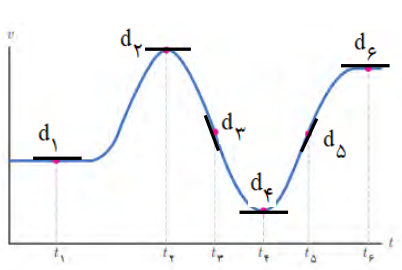
ب) در لحظه t_1 شیب خط موازی محور زمان است و سرعت برابر صفر می شود.

$$V = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{6\text{m} - 0}{4\text{s} - 1\text{s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

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.

۹



شیب d_3 در لحظه t_3 در نمودار $V-t$ منفی است در نتیجه شتاب منفی است.

شیب d_5 در لحظه t_5 در نمودار $V-t$ مثبت است در نتیجه شتاب مثبت است.

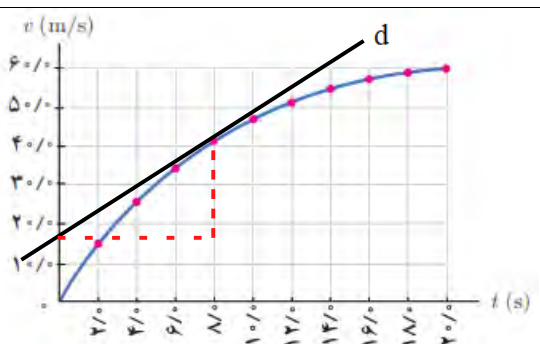
شیب d_1, d_2, d_4, d_6 در لحظه های

$t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6$ در نمودار $V-t$ موازی محور زمان است در نتیجه شتاب صفر است.

پوشش ۱-۶

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 $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6$ تعیین کنید.

۱۰



$$a_{av} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{60(m/s) - 0}{20s - 0} = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

الف)

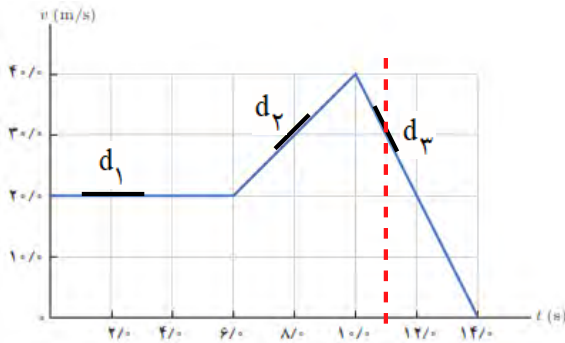
تمرین ۴-۱

نمودار سرعت - زمان خودرویی که در راستای محور x حرکت می‌کند در بازه زمانی $0/s$ تا $20/s$ 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.

۱۱

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

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



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

الف)

ب)

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

شیب d_2 در بازه زمانی 6s تا 10s 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 10s تا 14s در نمودار $V-t$ ، ثابت است در نتیجه شتاب ثابت می-باشد.

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

تمرین ۵



نمودار سرعت - زمان خودرویی که در راستای محور x حرکت می کند در بازه زمانی صفر تا $14/0\text{s}$ مطابق شکل روبه رو است.

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

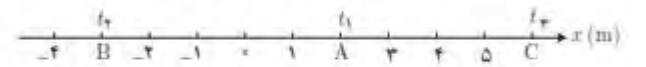


۱. با توجه به داده‌های نقشه شکل زیر،
 الف) تندی متوسط و اندازه سرعت متوسط خودرو را پیدا کنید.
 ب) مفهوم فیزیکی این دو کمیت چه تفاوتی با یکدیگر دارد؟
 پ) در چه صورت تندی متوسط و اندازه سرعت متوسط می‌توانست تقریباً با یکدیگر برابر باشد؟

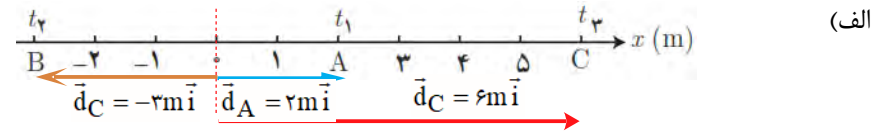
$$s_{av} = \frac{L}{\Delta t} = \frac{118 \text{ km}}{\frac{4}{3} \text{ h}} = 66 \frac{\text{km}}{\text{h}} \quad v_{av} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{60 \text{ km}}{\frac{4}{3} \text{ h}} = 45 \frac{\text{km}}{\text{h}} \quad \text{الف)}$$

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 .

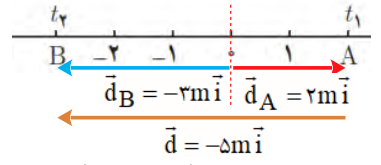
۱. متحرکی مطابق شکل در لحظه t_1 در نقطه A، در لحظه t_2 در نقطه B و در لحظه t_3 در نقطه C قرار دارد.



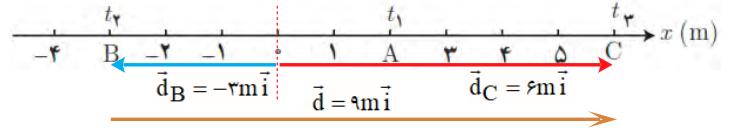
الف) بردارهای مکان متحرک را در هر یک از این لحظه‌ها روی محور x رسم کنید و برحسب بردار بکه بنویسید.
 ب) بردار جابه‌جایی متحرک را در هر یک از بازه‌های زمانی t_1 تا t_2 ، t_2 تا t_3 و t_1 تا t_3 به دست آورید.



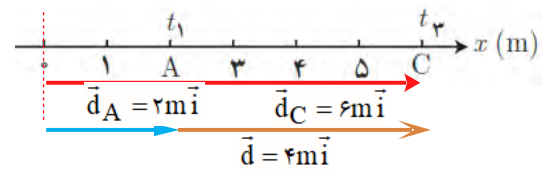
$$t_2 - t_1: \vec{d} = \vec{d}_B - \vec{d}_A = -3\text{m}\vec{i} - 2\text{m}\vec{i} = -5\text{m}\vec{i} \quad \text{ب)}$$



$$t_3 - t_2: \vec{d} = \vec{d}_C - \vec{d}_B = 6\text{m}\vec{i} - (-3\text{m})\vec{i} = 9\text{m}\vec{i}$$



$$t_3 - t_1: \vec{d} = \vec{d}_C - \vec{d}_A = 6\text{m}\vec{i} - 2\text{m}\vec{i} = 4\text{m}\vec{i}$$



الف) شیب خط متحرک C بیشتر از شیب خط متحرک A و شیب خط متحرک B، موازی با محور زمان است. در نتیجه $a_C > a_A > a_B = 0$

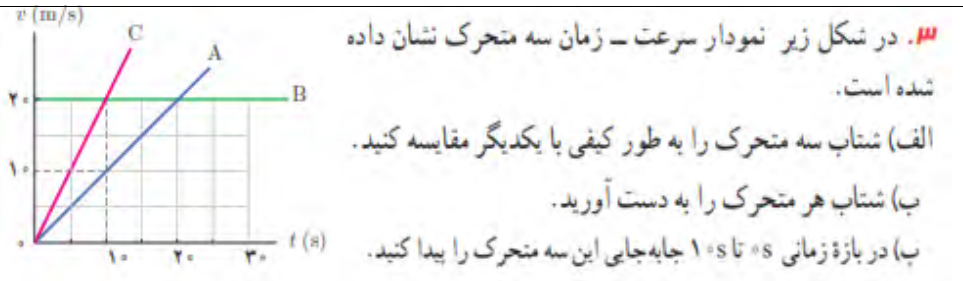
شیب خط متحرک A $a_A = \frac{10 \text{ m/s} - 0}{10 \text{ s} - 0} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

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

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

الف) $a_{AB} = a_{av} = \frac{V_B - V_A}{t_B - t_A} = \frac{4 \text{ m/s} - 0}{8 \text{ s} - 0} = 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$a_{CB} = a_{av} = \frac{V_C - V_B}{t_C - t_B} = \frac{4 \text{ m/s} - 4 \text{ m/s}}{20 \text{ s} - 8 \text{ s}} = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$a_{DC} = a_{av} = \frac{V_D - V_C}{t_D - t_C} = \frac{6 \text{ m/s} - 4 \text{ m/s}}{28 \text{ s} - 20 \text{ s}} = 0.25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

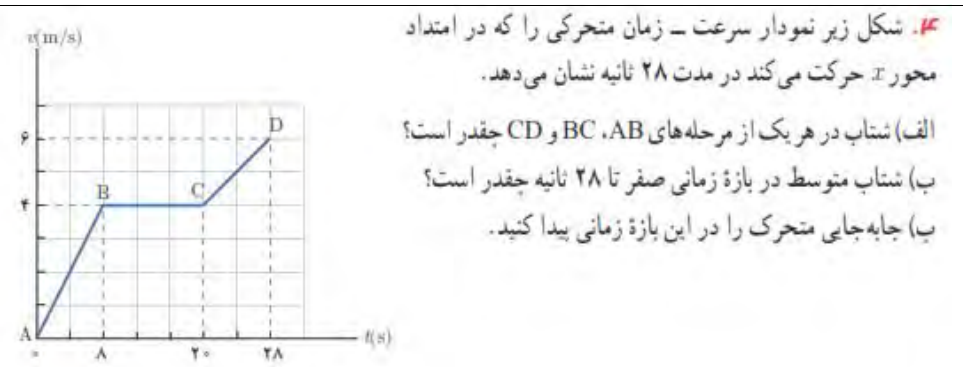
ب) $a_{av} = \frac{V_D - V_A}{t_D - t_A} = \frac{6 \text{ m/s} - 0}{28 \text{ s} - 0} = 0.21 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

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

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

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

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

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

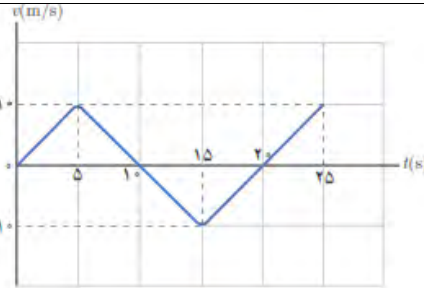
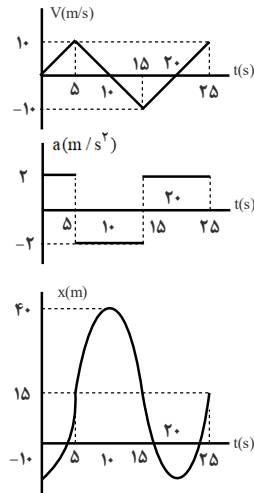
$$x_1 = \left(\frac{0 + 10 \text{ m/s}}{2} \right) \Delta t - 10 \text{ m} = 15 \text{ m}$$

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

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

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

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



۳. 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.

۱۷

الف) در بازه زمانی صفر تا 250 s دونده سریعتر دویده شیب خط دربازه زمانی صفر تا 250 s بیشتر از شیب خط دربازه زمانی 500 s تا 1000 s می باشد.

ب) در بازه زمانی 250 s تا 500 s دونده ایستاده.

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

پ)

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

ت)

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

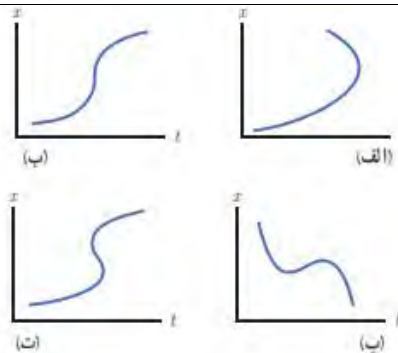
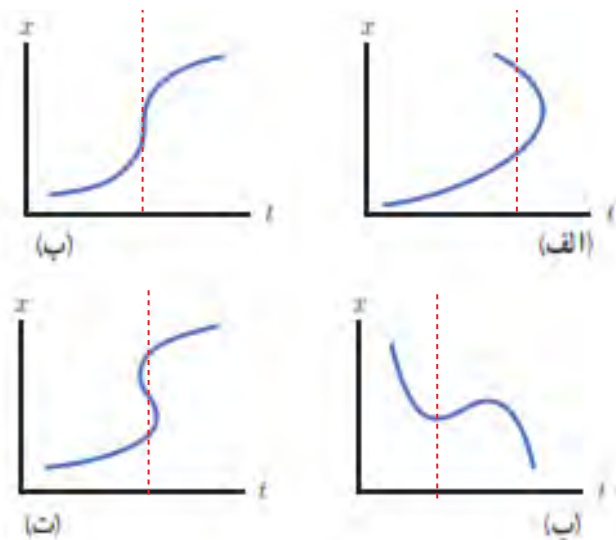


۴. شکل زیر نمودار مکان - زمان حرکت یک دونده دوی نیمه استقامت را در امتداد یک خط راست نشان می دهد.
الف) در کدام بازه زمانی دونده سریعتر دویده است؟
ب) در کدام بازه زمانی، دونده ایستاده است؟
پ) سرعت دونده را در بازه زمانی 0 s تا 250 s حساب کنید.
ت) سرعت دونده را در بازه زمانی 500 s تا 1000 s حساب کنید.
ث) سرعت متوسط دونده را در بازه زمانی 0 s تا 1000 s حساب کنید.

۱۸

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(250 - 0)m}{100s} = 2.5 \frac{m}{s} \quad (\text{ث})$$

پ در شکل های الف ، ب و ت نشان میدهد که یک لحظه متحرک در دو مکان است و در شکل ب برای یک لحظه، جابجایی رخ داده

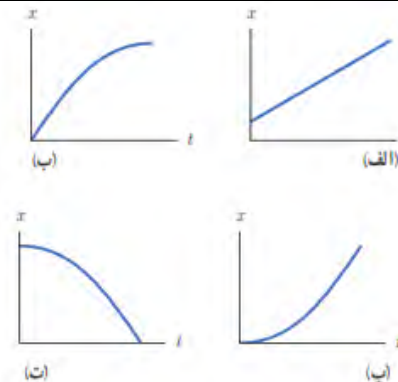
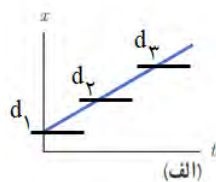


۷. توضیح دهید کدام یک از نمودارهای مکان - زمان شکل زیر می تواند نشان دهنده نمودار $x-t$ یک متحرک باشد.

۱۹

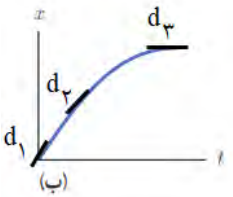
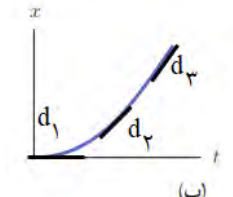
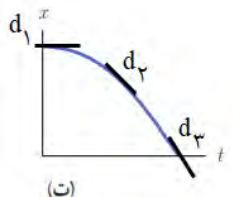
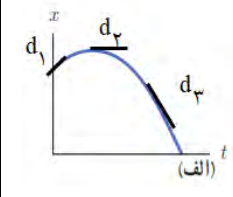
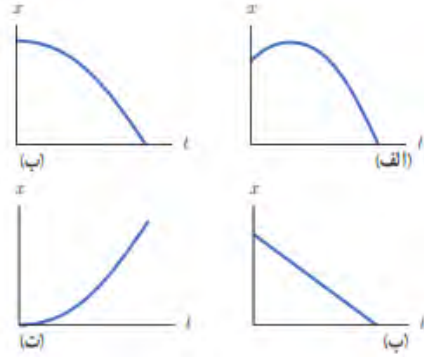
برای اینکه متحرک از حال سکون حرکت کند باید شیب خط مماس بر نمودار $x-t$ موازی با محور زمان باشد که تنها در شکل پ و ت در لحظه $t=0$ رخ می دهد. برای اینکه بر تندی متحرک افزوده شود باید شیب خط مماس بر نمودار $x-t$ در حال افزایش باشد. شیب خط مماس بر نمودار $x-t$ موازی با محور زمان باید در حال افزایش باشد.

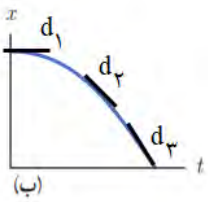
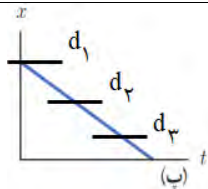
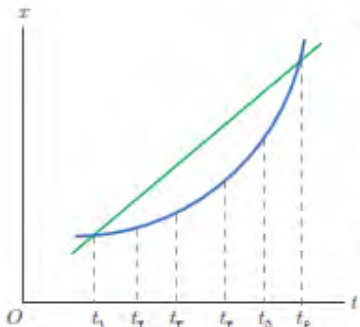
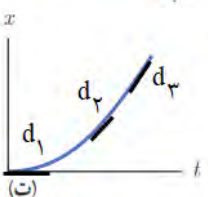

شیب خط در نمودار الف ثابت است. در نتیجه سرعت ثابت است.

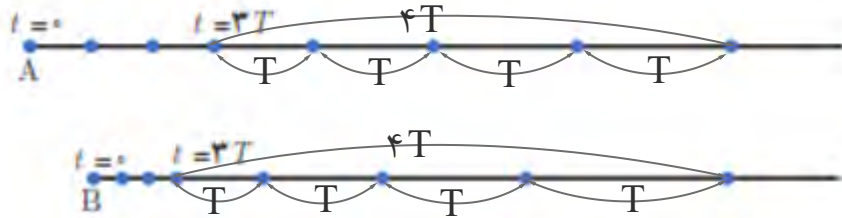


۸. توضیح دهید از نمودارهای مکان - زمان شکل زیر کدام موارد حرکت متحرکی را توصیف می کند که از حال سکون شروع به حرکت کرده و به تدریج بر تندی آن افزوده شده است.

۲۰

<p>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.</p>	 <p>(ب)</p>		
<p>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.</p>	 <p>(ب)</p>		
<p>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.</p>	 <p>(ت)</p>		
<p>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.</p>	 <p>(الف)</p>	<p>۴. 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.</p> 	<p>۲۱</p>
<p>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</p>			

<p>افزایش می یابد. در این بازه شتاب در خلاف جهت محور X می باشد.</p>	 <p>(ب)</p>	<p>۱۰. شکل زیر نمودار مکان- زمان دو خودرو را نشان می دهد که در جهت محور X در حرکت اند.</p> <p>الف) در چه لحظه هایی دو خودرو از کنار یکدیگر می گذرند؟</p> <p>ب) در چه لحظه ای تندی دو خودرو تقریباً یکسان است؟</p> <p>پ) سرعت متوسط دو خودرو را در بازه زمانی t_1 تا t_6 با هم مقایسه کنید.</p>	<p>۲۲</p>
<p>شیب خط مماس بر نمودار ب در لحظه $t=0$ با محور زمان موازی است و سرعت اولیه صفر می باشد.</p> <p>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.</p>	 <p>(ب)</p>		
<p>شیب خط در نمودار پ ثابت و منفی است. در نتیجه سرعت ثابت است. و شتاب صفر است.</p>	 <p>(ت)</p>		<p>الف) در لحظه ی t_1 و t_6 از کنار یکدیگر می گذرند.</p> <p>ب) در لحظه ی t_4 که شیب برابر دارند تندی دو خودرو یکسان است.</p> <p>پ) در بازه ی t_1 و t_6 سرعت متوسط دو خودرو بعلت داشتن شیب برابر، مساویند</p>
<p>شیب خط مماس بر نمودار ت 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.</p>	 <p>(ت)</p>		



الف) سرعت اولیه خودروی A بیشتر است.

در بازه زمانی برابر، جابجایی بیشتری را متحرک A طی کرده است.

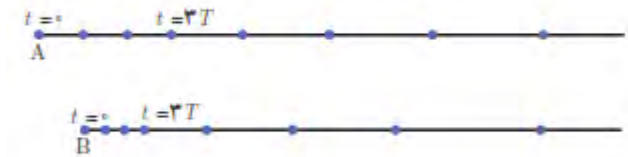
ب) سرعت نهایی خودروی B بیشتر است.

جابجایی متحرک B در زمان برابر بیشتر از متحرک A می باشد. از آنجائیکه سرعت متحرک B در لحظه $3T$ 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 $t=0, t=T, t=2T, t=3T, t=4T, t=5T, t=6T, t=7T$ نشان می دهد. هر دو خودرو در لحظه $t=3T$ شتاب می گیرند. توضیح دهید.



الف) سرعت اولیه کدام خودرو بیشتر است.

ب) سرعت نهایی کدام خودرو بیشتر است.

پ) کدام خودرو شتاب بیشتری دارد.

۲۳

$$x = t^3 - 2t^2 + 4$$

$$t = 0 \text{ s} \rightarrow x_1 = 4 \text{ m}$$

$$t = 2 \text{ s} \rightarrow x_2 = 8 \text{ m} - 12 \text{ m} + 4 \text{ m} = 0$$

الف)

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0 - 4 \text{ m}}{2 \text{ s} - 0} = -2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ب)

III. معادله حرکت جسمی در SI به صورت $x = t^3 - 3t^2 + 4$ است.

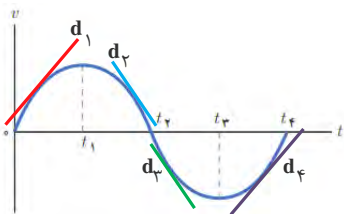
الف) مکان متحرک را در $t = 0 \text{ s}$ و $t = 2 \text{ s}$ به دست آورید.

ب) سرعت متوسط جسم را در بازه زمانی صفر تا ۲ ثانیه پیدا کنید.

۲۴

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

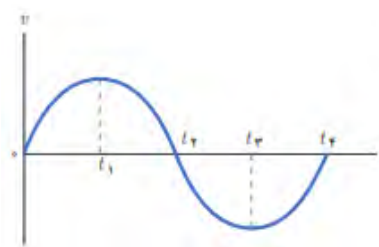
در نتیجه بردار شتاب در جهت محور X است.



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.

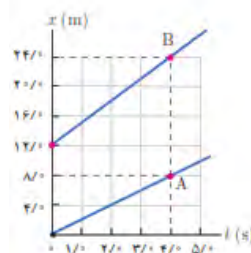
۲۵

تمرین ۱-۶

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

شیب خط متحرک A $V_A = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{8 \text{ (m)} - 0}{4 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

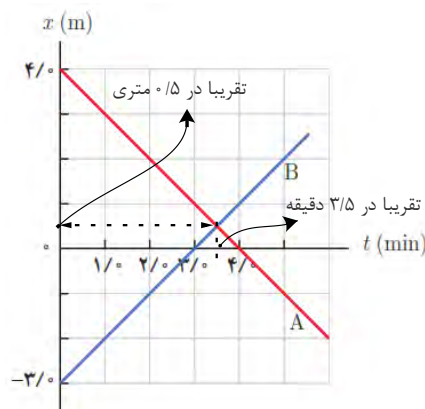
$$x = vt + x_0 \rightarrow \begin{cases} x_B = 3t + 12 \\ x_A = 2t + 0 \end{cases}$$



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

۲۶

تمرین ۱-۷



(الف)

$$V_A = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0 \text{ (m)} - 4 \text{ (m)}}{4 \text{ min}} = -1 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

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

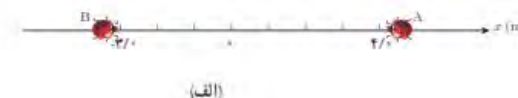
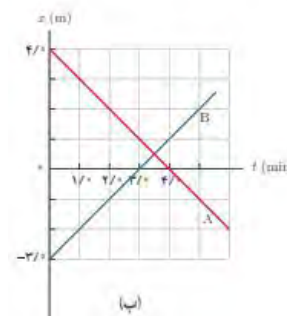
$$x = vt + x_0 \rightarrow \begin{cases} x_A = -1 \text{ (m/min)}t + 4 \text{ m} \\ x_B = 1 \text{ (m/min)}t - 3 \text{ m} \end{cases}$$

$$x_A = x_B \rightarrow -1 \text{ (m/min)}t + 4 \text{ m} = 1 \text{ (m/min)}t - 3 \text{ m} \rightarrow$$

$$2t = 7 \text{ min} \rightarrow t = 3.5 \text{ min}$$

$$x_A = -1 \text{ (m/min)} \times 3.5 \text{ min} + 4 \text{ m} = 0.5 \text{ m}$$

(ب)



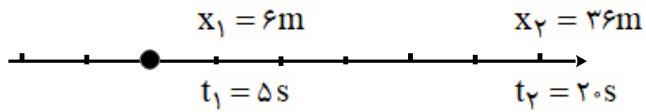
(الف)

(ب)

شکل الف، مکان دو کفش دوزک A و B را که در راستای محور x حرکت می کنند در لحظه $t = 3.5 \text{ s}$ 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.

۲۷

(الف)

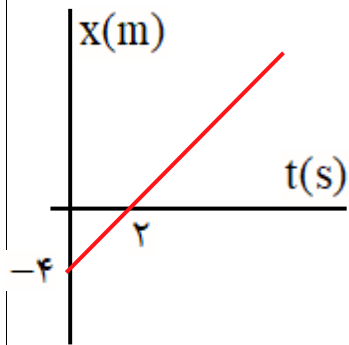


$$v_{21} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{36\text{m} - 6\text{m}}{20\text{s} - 5\text{s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_{21} = v_{10} = \frac{x_1 - x_0}{t_1 - t_0} \rightarrow 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{6\text{m} - x_0}{5\text{s} - 0\text{s}}$$

$$\rightarrow x_0 = -1 \cdot \text{m} + 6\text{m} = -4\text{m}$$

$$x = vt + x_0 \rightarrow x = 2(\text{m/s})t - 4\text{m}$$



(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.

$$d = (1 \cdot m - \Delta m) + (1 \cdot m - 1 \cdot m) + (0 \cdot m - 1 \cdot m) = -\Delta m \quad (\text{الف})$$

$$s = \left| \frac{\Delta t_1 = 4s}{1 \cdot m - \Delta m} \right| + \left| \frac{\Delta t_2 = 4s}{1 \cdot m - 1 \cdot m} \right| + \left| \frac{\Delta t_3 = 2s}{0 \cdot m - 1 \cdot m} \right| = 1 \Delta m$$

$$v_{1av} = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1} = \frac{1 \cdot m - \Delta m}{4s - 0} = 1/2 \Delta \frac{m}{s} \quad (\text{ب})$$

$$v_{2av} = \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2} = \frac{1 \cdot m - 1 \cdot m}{8s - 4s} = 0 \frac{m}{s}$$

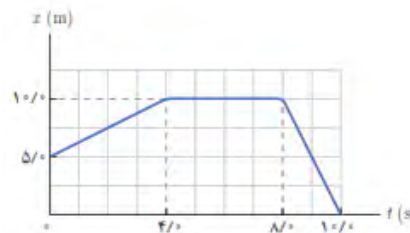
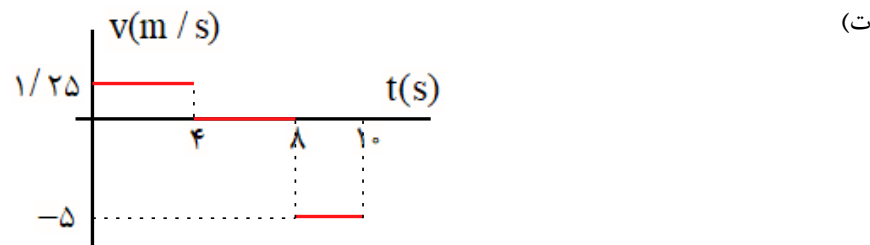
$$v_{3av} = \frac{\Delta x_3}{\Delta t_3} = \frac{0 \cdot m - 1 \cdot m}{1 \cdot s - 8s} = -\Delta \frac{m}{s}$$

$$v_{fav} = \frac{\Delta x_f}{\Delta t_f} = \frac{0 \cdot m - \Delta m}{1 \cdot s - 0} = -0/5 \frac{m}{s}$$

$$x_1 = v_1 t + x_0 \rightarrow x_1 = 1/2 \Delta \left(\frac{m}{s} \right) t + \Delta m \quad (\text{پ})$$

$$x_2 = v_2 t + x_1 \rightarrow x_2 = 0 \left(\frac{m}{s} \right) t + 1 \cdot m = 1 \cdot m$$

$$x_3 = v_3 t + x_2 \rightarrow x_3 = -\Delta \left(\frac{m}{s} \right) t + 1 \cdot m$$



۱۵. شکل زیر نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می‌دهد که در امتداد محور x حرکت می‌کند.

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

ب) سرعت متوسط متحرک را در هر یک از بازه‌های زمانی $0 \leq t \leq 4$ ، $4 \leq t \leq 8$ ، $8 \leq t \leq 10$ و همچنین در کل زمان حرکت به دست آورید.

پ) معادله حرکت متحرک را در هر یک از بازه‌های زمانی $0 \leq t \leq 4$ ، $4 \leq t \leq 8$ و $8 \leq t \leq 10$ بنویسید.
ت) نمودار سرعت - زمان متحرک را رسم کنید.

$$x_B = (m = v_B)t + x_{0B} \rightarrow x_B = (m = \frac{x_{2B} - x_{1B}}{t_{2B} - t_{1B}})t + x_{0B} \quad (\text{الف})$$

$$x_B = (\frac{60 \cdot m - 30 \cdot m}{2 \cdot s - 0})t + 30 \cdot m \rightarrow x_B = 15(\frac{m}{s})t + 30 \cdot m$$

$$x_A = (m = v_A)t + x_{0A} \rightarrow x_A = (m = \frac{x_{2A} - x_{1A}}{t_{2A} - t_{1A}})t + x_{0A}$$

$$x_A = (\frac{0 \cdot m - (-30 \cdot m)}{1 \cdot s - 0})t - 30 \cdot m \rightarrow x_A = 30(\frac{m}{s})t - 30 \cdot m$$

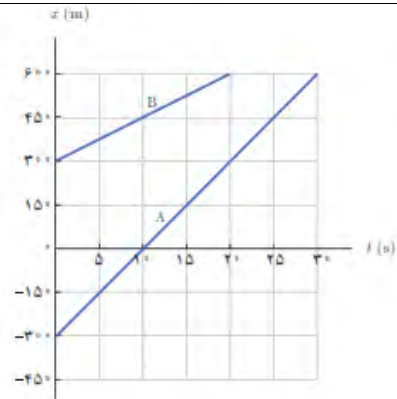
(ب)

$$x_A = x_B$$

$$30(\frac{m}{s})t - 30 \cdot m = 15(\frac{m}{s})t + 30 \cdot m$$

$$\rightarrow 15(\frac{m}{s})t = 60 \cdot m \rightarrow t = 4 \cdot s$$

$$x_A = 30(\frac{m}{s}) \times 4 \cdot s - 30 \cdot m = 90 \cdot m$$



۱۷. شکل زیر نمودار مکان - زمان دو خودرو را نشان می‌دهد که روی خط راست حرکت می‌کنند. الف) معادله حرکت هر یک از آنها را بنویسید. ب) اگر خودروها با همین سرعت حرکت کنند، در چه زمان و مکانی به هم می‌رسند؟

۳۰

$$\Delta t = \frac{0/24s}{2} = 0/12s \quad \text{سرعت نور } 3 \times 10^8 \frac{m}{s} \text{ است.}$$

$$\Delta x = v \Delta t = 3 \times 10^8 (\frac{m}{s}) \times 0/12s = 3/6 \times 10^7 m$$

۱۷. دانستن محل قرارگیری یک ماهواره در مأموریت‌های فضایی و اطمینان از اینکه ماهواره در مدار پیش‌بینی شده قرار گرفته، یکی از مأموریت‌های کارشناسان فضایی است. بدین منظور تپ‌های الکترومغناطیسی را که با سرعت نور در فضا حرکت می‌کنند، به طرف ماهواره موردنظر می‌فرستند و بازتاب آن توسط ایستگاه زمینی دریافت می‌شود. اگر زمان رفت و برگشت یک تپ ۲۴/۰ ثانیه باشد، فاصله ماهواره از ایستگاه زمینی، تقریباً چقدر است؟

۳۱

تمرین ۸

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؟ ب) نمودار سرعت - زمان این متحرک را رسم کنید.

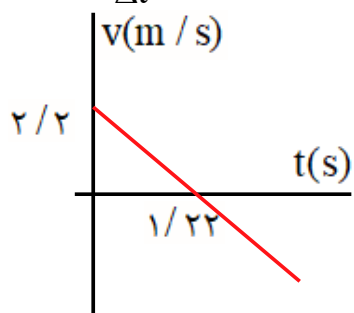
۳۲

$$v = -1/8(m/s) \times 4s + 2/2(m/s) = -5(m/s)$$

$$\left. \begin{aligned} t = 0 \rightarrow v_0 = 2/2(m/s) \\ t = 4s \rightarrow v = -5(m/s) \end{aligned} \right\} \rightarrow v_{av} = \frac{v + v_0}{2}$$

$$v_{av} = \frac{-5(m/s) + 2/2(m/s)}{2} = -1/4(m/s)$$

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow \Delta x = -1/4(m/s) \times 4s = -5/6m$$



$$\left. \begin{aligned} v > 0 \\ a < 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow (2)$$

الف) تندی متحرک شکل الف در حال کاهش است.

$$\left. \begin{aligned} v > 0 \\ a > 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow (1)$$

ب) تندی متحرک شکل ب در حال افزایش است.

$$\left. \begin{aligned} v < 0 \\ a < 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow (4)$$

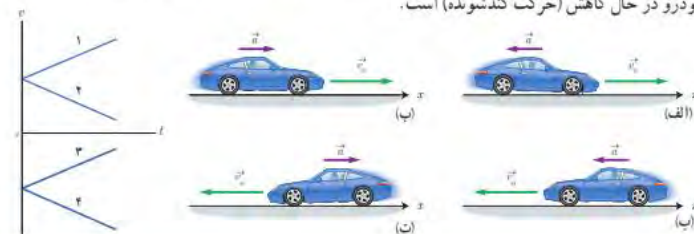
پ) تندی متحرک شکل پ در حال افزایش است.

$$\left. \begin{aligned} v < 0 \\ a > 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow (3)$$

ت) تندی متحرک شکل ت در حال کاهش است.

فعالیت ۲

در تمامی حالت های شکل زیر، خودروها در امتداد محور x و با شتاب ثابت در حرکت اند. حرکت هر یک از خودروها، توسط کدام یک از نمودارهای $v-t$ توصیف می شود؟ همچنین توضیح دهید تندی کدام خودرو در حال افزایش (حرکت تندشونده) و تندی کدام خودرو در حال کاهش (حرکت کندشونده) است.



۳۳

تمرین ۹

خودرویی با سرعت 18 km/h در امتداد مسیری مستقیم از چهارراهی می‌گذرد تندی آن با شتاب 1 m/s^2 افزایش می‌یابد. سرعت خودرو پس از 3 m جابه‌جایی چقدر است؟

۳۴

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

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

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

راه دیگر، پس از مطالعه قسمت بعدی کتاب

$$v_0 = 18 \text{ km/h} = 18 \times \frac{\text{m}}{3/6\text{s}} = 5 \text{ m/s}$$

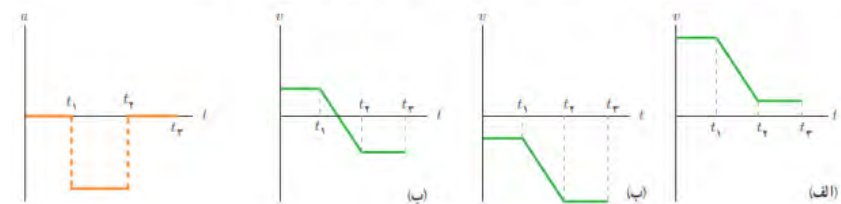
$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \rightarrow v^2 - (5 \text{ m/s})^2 = 2 \times 1 \text{ m/s}^2 \times 30 \text{ m}$$

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

پرسش ۷

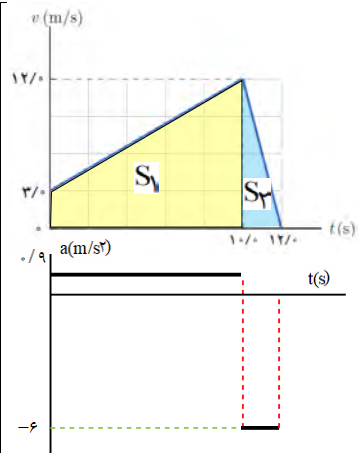
نمودار شتاب - زمان متحرکی که در امتداد محور x حرکت می‌کند مطابق شکل زیر است. توضیح دهید چگونه هر یک از نمودارهای سرعت - زمان شکل‌های الف، ب و پ می‌تواند متناظر با این نمودار شتاب - زمان باشد.

۳۵



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

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



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

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

$$\Delta x = s = 87m \quad (ب)$$

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

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

$$v = at + v_0$$

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

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

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

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

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

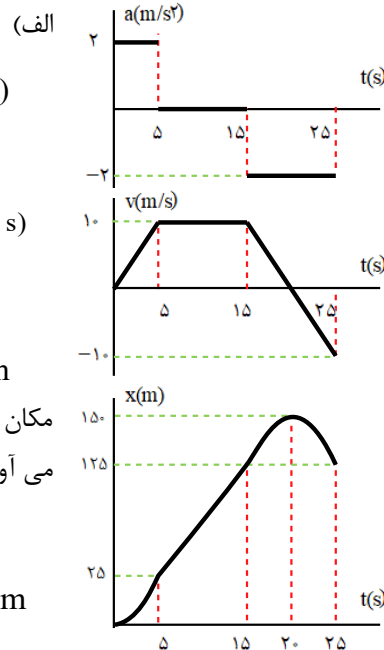
مکان ماشین را ابتدا در لحظه ی که سرعت صفر است را بدست می آوریم.

$$v = at + v_0$$

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

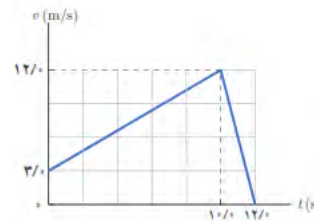
$$\Delta t_3 = \Delta s \rightarrow x_3 = \left(\frac{0 + 10m/s}{2} \right) \Delta s + 125m = 150m$$

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



تمرین ۱۰

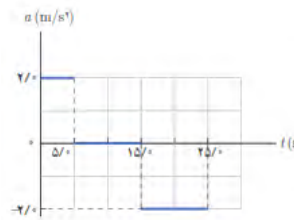
آهویی در مسیری مستقیم در امتداد محور x می دود. نمودار سرعت-زمان آهو در بازه زمانی صفر تا $12/s$ مطابق شکل است. در این بازه زمانی الف) مسافت کل پیموده شده توسط آهو را بدست آورید. ب) جابه جایی آهو را پیدا کنید. ج) نمودار شتاب-زمان آهو را رسم کنید.



۳۶

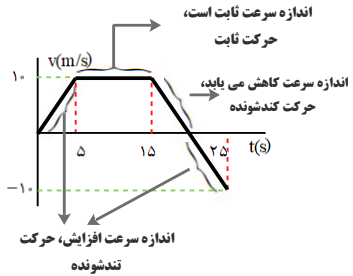
تمرین ۱۱

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



۳۷

(ب)



(پ) با کمک نمودار $v-t$ می توان بدست آورد.

$$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{-10 \text{ (m/s)} - 0}{25 \text{ s} - 0} = -0.4 \text{ m/s}^2$$

(ت) با کمک نمودار $x-t$ می توان بدست آورد.

$$\Delta x = x_f - x_o = 125 \text{ m} - 0 = 125 \text{ m}$$

$$a_1 = \frac{10 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}^2$$

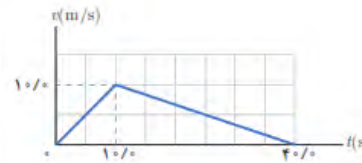
$$\xrightarrow{\Delta t=5 \text{ s}} v_1 = a_1 t + v_o = 1 \text{ m/s}^2 \times 5 \text{ s} = 5 \text{ m/s}$$

$$v_{1av} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{5 \text{ m/s} + 0}{2} = 2.5 \text{ m/s}$$

$$a_2 = \frac{0 - 10 \text{ m/s}}{4 \text{ s} - 10 \text{ s}} = \frac{-10}{-6} \text{ m/s}^2 = \frac{5}{3} \text{ m/s}^2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \xrightarrow{\Delta t=15 \text{ s}} v_2 = a_2 \Delta t + v_1 = \frac{5}{3} \text{ m/s}^2 \times 15 \text{ s} + 10 \text{ m/s} = 25 \text{ m/s} \\ v_{2av} = \frac{v_3 + v_2}{2} = \frac{25 \text{ m/s} + 0}{2} = 12.5 \text{ m/s} \end{array} \right.$$

$$\frac{V_{1av}}{V_{2av}} = 1$$



17. نمودار $v-t$ متحرکی که در امتداد محور x حرکت می کند مطابق شکل زیر است. سرعت متوسط متحرک در بازه زمانی $0/3 \text{ s}$ تا $5/3 \text{ s}$ چند برابر سرعت متوسط آن در بازه زمانی $25/3 \text{ s}$ تا $40/3 \text{ s}$ است؟

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

(الف)

(ب)

(با)

(پ)

(ت)

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

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

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

جاگذاری رابطه ۱ در رابطه ۲ خواهیم داشت.

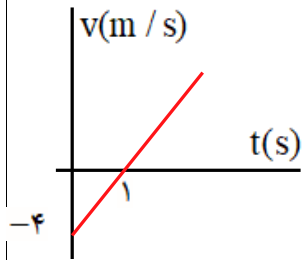
$$(1) \& (2) \rightarrow 3a(s^2) + 2 \times -a(s)(s) = 6m \rightarrow a = 6m/s^2$$

$$v_0 = -6m/s$$

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \rightarrow x = 2t^2 - 6t$$

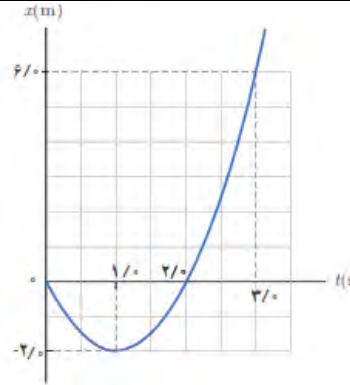
$$v = at + v_0 \rightarrow v = 6(m/s^2)t - 6m/s$$

$$\rightarrow v = 6(m/s^2) \times 3s - 6m/s = 12m/s$$



$$v = at + v_0 \rightarrow v = 6t - 6$$

$$\begin{cases} v = 0 \rightarrow t = 1s \\ t = 0 \rightarrow v = -6m/s \end{cases}$$



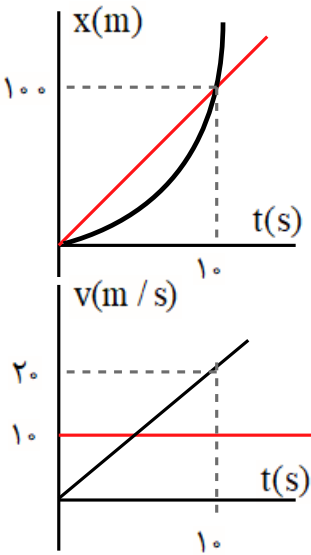
۱۹. شکل زیر نمودار مکان-زمان متحرکی را نشان می‌دهد که در امتداد محور x با شتاب ثابت در حرکت است.

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

(ب) معادله مکان-زمان متحرک را بنویسید.

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

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

<p>(الف) $v_2^2 - v_1^2 = 2a\Delta x \rightarrow 25(m/s)^2 - 16(m/s)^2 = 2a(19m - 10m)$</p> <p>(ب) $a = 0.5 m/s^2$</p> <p>$v_2 = a\Delta t + v_1 \rightarrow 5(m/s) = 0.5(m/s^2)\Delta t + 4(m/s)$</p> <p>$\Delta t = 2s$</p>	<p>۲۰. متحرکی در امتداد محور x و با شتاب ثابت در حرکت است. در مکان $x = +10m$ سرعت متحرک $4m/s$ و در مکان $x = +19m$ سرعت متحرک $5m/s$ است.</p> <p>(الف) شتاب حرکت آن چقدر است؟</p> <p>(ب) پس از چه مدتی سرعت متحرک از $4m/s$ به سرعت $5m/s$ می‌رسد؟</p>	<p>۴۰</p>
<p>(الف) $\begin{cases} x_1 = \frac{1}{2}at^2 = t^2 \\ x_2 = vt = 10t \end{cases} \rightarrow x_1 = x_2 \rightarrow t^2 = 10t \rightarrow t = 10s$</p> <p>(ب) $x_1 = t^2 = 100m$</p>  <p>(پ) $v = 10$</p>	<p>۲۱. 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.</p> <p>(الف) در چه لحظه و در چه مکانی خودرو به کامیون می‌رسد؟</p> <p>(ب) نمودار مکان - زمان را برای خودرو و کامیون در یک دستگاه مختصات رسم کنید.</p> <p>(پ) نمودار سرعت - زمان را برای خودرو و کامیون در یک دستگاه مختصات رسم کنید.</p>	<p>۴۱</p>

الف) شتاب در لحظات $t = ۱۵s$, $t = ۱۱s$, $t = ۳s$ بعلت ثابت بودن سرعت، برابر صفر است.

$$t = ۱۵s \rightarrow a = \frac{۱۵(m/s) - ۵(m/s)}{۱۰s - ۵s} = ۲(m/s^2)$$

(ب)

$$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \rightarrow a_{av} = \frac{۱۵(m/s) - ۵(m/s)}{۲۰s - ۰s} = ۰.۵(m/s^2)$$

(پ)

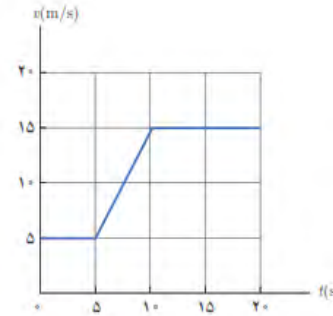
$$\left. \begin{array}{l} t_1 = ۵s \\ t_2 = ۱۱s \end{array} \right\} \rightarrow \Delta x = s_1 + s_2 = \frac{(\Delta m/s + ۱۵m/s) \times \Delta s}{۲} + ۱s \times ۱۵m/s = ۶۵m$$

$$\left. \begin{array}{l} t_2 = ۱۱s \\ t_3 = ۲۰s \end{array} \right\} \rightarrow \Delta x = s_3 = 9s \times ۱۵m/s = ۱۳۵m$$

$$\left. \begin{array}{l} t_1 = ۵s \\ t_2 = ۱۱s \end{array} \right\} \rightarrow v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{۶۵m}{۱۱s - ۵s} = ۱۰.۸۳m/s$$

(ت)

$$\left. \begin{array}{l} t_2 = ۱۱s \\ t_3 = ۲۰s \end{array} \right\} \rightarrow \left. \begin{array}{l} t_1 = ۵s \\ t_2 = ۱۱s \end{array} \right\} \rightarrow v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{۱۳۵m}{۲۰s - ۱۱s} = ۱۵m/s$$



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

الف) شتاب خودرو را در هر یک از لحظه‌های $t=۳s$, $t=۱۵s$, $t=۱۱s$ و $t=۱۵s$ به دست آورید.

ب) شتاب متوسط در بازه زمانی $t_1=۰s$ تا $t_2=۲۰s$ را به دست آورید.

پ) در هر یک از بازه‌های زمانی $t_1=۵s$ تا $t_2=۱۱s$ و $t_1=۱۱s$ تا $t_2=۲۰s$ خودرو چقدر جا به جا شده است؟

ت) سرعت متوسط خودرو در بازه‌های $t_1=۵s$ تا $t_2=۱۱s$ و $t_1=۱۱s$ تا $t_2=۲۰s$ را به دست آورید.

راهنمای حل

فصل ۲ فیزیک دوازدهم

رشته علوم تجربی

منطبق بر کتاب درسی

گروه فیزیک استان گیلان



@Schoolphysics

گروه فیزیک استان گیلان

دینامیک و حرکت دایره ای

صفحه pdf	صفحه کتاب درسی	فعالیت / پرسش / تمرین / مسائل	
	۲۸	۱-۲ - قوانین حرکت نیوتون	
۱	۲۹	پرسش ۱-۲	۱
۱	۲۹	پرسش ۲-۲	۲
۲-۱	۲۹	فعالیت ۱-۲	۳
۲	۳۰	پرسش ۳-۲	۴
۲	۳۰	پرسش ۴-۲	۵
۲	۳۳	پرسش ۵-۲	۶
	۳۳	۲-۲ معرفی برخی از نیروهای خاص	
۳	۳۴	تمرین ۱-۲	۷
۳	۳۵	تمرین ۲-۲	۸
۳	۳۶	تمرین ۳-۲	۹
۴-۳	۳۷	پرسش ۶-۲	۱۰
۴	۳۸	پرسش ۷-۲	۱۱
۵	۳۹	تمرین ۴-۲	۱۲
۵	۳۹	آزمایش ۱-۲	۱۳
۶-۵	۴۰	فعالیت ۲-۲	۱۴
۶	۴۰	فعالیت ۳-۲	۱۵
۷-۶	۴۱	تمرین ۵-۲	۱۶
۷	۴۱	فعالیت ۴-۲	۱۷
۷	۴۳	تمرین ۶-۲	۱۸
۸	۵۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱	۱۹
۹-۸	۵۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲	۲۰
۹	۵۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳	۲۱
۱۰	۵۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴	۲۲
۱۱	۵۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۵	۲۳
۱۴-۱۳-۱۲-۱۱	۵۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۶	۲۴
۱۵	۵۰	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۷	۲۵
۱۶-۱۵	۵۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۸	۲۶
۱۷	۵۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۹	۲۷
۱۸-۱۷	۵۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱۰	۲۸

۱۸	۵۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۱	۲۹
۱۹	۵۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۲	۳۰
۲۰	۵۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۳	۳۱
۲۰	۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۴	۳۲
۲۰	۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۵	۳۳
	۴۴	۲-۳ نکانه و قانون دوم نیوتون	
۲۱	۴۵	تمرین ۲-۷	۳۴
۲۱	۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۶	۳۵
۲۱	۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۷	۳۶
	۴۶	۲-۵ نیروی گرانشی	
۲۳-۲۲	۴۷	فعالیت ۲-۵	۳۷
۲۳	۴۹	تمرین ۲-۸	۳۸
۲۴-۲۳	۴۹	تمرین ۲-۹	۳۹
۲۴	۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۸	۴۰
۲۴	۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۹	۴۱
۲۵	۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۲۰	۴۲
۲۵	۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۲۱	۴۳

<p>نیروی شناوری و نیروی وزن اثر یکدیگر را خنثی می کنند. نیروی پیشران و نیروی مقاومت اثر یکدیگر را خنثی می کنند.</p>	<p>پرسش ۱-۲</p> <p>در شکل روبه‌رو یک کشتی در حال حرکت را می بینید که نیروهای وارد بر آن متوازن‌اند. کدام نیروها اثر یکدیگر را خنثی کرده‌اند؟</p> 	<p>۱</p>
<p>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.</p>	<p>پرسش ۲-۲</p> <p>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.</p>	<p>۲</p>
<p>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.</p> <p>نمونه هایی از آزمایش های ذهنی گالیله که بهتر است در این زمینه دانش آموزان تحقیق کنند.</p> <p>قانون آونگ گالیله - قاصد آسمان - نظریه خورشید محور و زمین محور - آزمایش گالیله و سطح شیبدار</p> 	<p>فعالیت ۱-۲</p> <p>در باره آزمایش ذهنی گالیله تحقیق کنید و به کلاس گزارش دهید.</p>	<p>۳</p>

الف) برطبق قانون اول نیوتن، جسم تمایل دارد وضعیت سکون خود را حفظ نماید. که با حرکت سریع مقوا، سکه به داخل لیوان می افتد.
 ب) هنگامی که به آرامی بکشیم، نیرو انتقال می یابد و نخ از قسمت بالای گوی جدا می گردد.
 در کشش سریع، لختی جرم گلوله سبب می شود که در بازه زمانی کوتاه فرصت انتقال ضربه به نخ بالایی وجود ندارد. در نتیجه نخ پایین پاره می شود.

پوشش ۲-۳

الف) چرا حرکت سریع مقوا در شکل الف، سبب افتادن سکه در لیوان می شود؟
 ب) چرا در شکل ب، اگر به آرامی نیروی وارد بر گوی سنگین را زیاد کنیم نخ بالای گوی پاره می شود، اما اگر ناگهان نخ را بکشیم، نخ پایین آن پاره می شود؟

(الف) (ب)

۴

در سه شکل سمت راست:
 با ثابت ماندن اندازه جرم جسم و با افزایش نیرو، مقدار شتاب جسم افزایش می یابد.
 در شکل های سمت چپ:
 با ثابت ماندن اندازه نیرو و افزایش جرم جسم، مقدار شتاب جسم کاهش می یابد.

پوشش ۲-۴

در شکل های زیر، قطعه یخ ها روی یک سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارند. استنباط خود را از این شکل ها بیان کنید.

۵

سطح زمین [جسم (۱)]
 شخص [جسم (۲)]
 جعبه [جسم (۳)]

نیروی $\vec{F}_{۲۳}$ برای جعبه، نیروی خارجی است


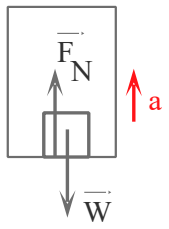
$F_{۲۳} > F_{۱۳} \rightarrow F_{net} = F_{۲۳} - F_{۱۳} = ma$

هنگامی که نیروی افقی که شخص به جعبه وارد می کند بیشتر از نیروی افقی که زمین به جعبه وارد کند، باشد. جعبه حرکت می کند.

پوشش ۲-۵

شخصی در حال هل دادن جعبه ای سنگین روی سطح افقی است و این جعبه در جهت این نیرو حرکت می کند. با توجه به آنکه نیروی که شخص به جعبه وارد می کند با نیروی که جعبه به شخص وارد می کند هم اندازه است، توضیح دهید چگونه جعبه حرکت می کند؟

۶

		۲-۲ معرفی برخی از نیروهای خاص
$W = mg_{\text{زمین}} \rightarrow W_1 = (0.1 \text{ kg})(9.8 \text{ N/kg}) = 0.98 \text{ N}$ $W = mg_{\text{ماه}} \rightarrow W_2 = (0.1 \text{ kg})(1.6 \text{ N/kg}) = 0.16 \text{ N}$ $W = mg_{\text{مریخ}} \rightarrow W_3 = (0.1 \text{ kg})(3.7 \text{ N/kg}) = 0.37 \text{ N}$ $W_1 > W_3 > W_2$	<p>تمرین ۱-۲</p> <p>الف) وزن قطعه‌ای طلا به جرم ۱۰۰ گرم را روی سطح زمین به دست آورید. ب) وزن یک جسم در سطح یک سیاره برابر با نیروی گرانشی است که از طرف آن سیاره بر جسم وارد می‌شود. وزن این قطعه طلا را در سطح ماه و مریخ به دست آورید و با هم مقایسه کنید. ($g_{\text{مریخ}} = 3.7 \text{ N/kg}$, $g_{\text{ماه}} = 1.6 \text{ N/kg}$, $g_{\text{زمین}} = 9.8 \text{ N/kg}$)</p>	
$a = g - \frac{f_D}{m} \xrightarrow{f_D=0} a = g$ $V^2 - V_0^2 = 2g\Delta y \rightarrow V^2 - 0 = 2gh \rightarrow V = \sqrt{2gh}$ <p>با صرف نظر از مقاومت هوا، سرعت برخورد گلوله‌ها با زمین به جرم گلوله‌ها وابسته نیست. $V_1 = V_2$</p>	<p>مثال ۵-۲</p> <p>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 باشد، تندی برخورد کدام گوی با زمین بیشتر است؟</p> <p>تمرین ۲-۲</p> <p>اگر در مثال ۵-۲ از مقاومت هوا صرف نظر کنیم، سرعت برخورد گوی‌ها با زمین را با هم مقایسه کنید.</p>	
$F_N = mg = 4 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} = 39.2 \text{ N}$ $F_N = mg + F' = 4 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} + 20 \text{ N} = 59.2 \text{ N}$ $F_N + F' = mg \rightarrow F_N + 20 \text{ N} = 4 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg}$ $F_N = 39.2 \text{ N} - 20 \text{ N} = 19.2 \text{ N}$	<p>تمرین ۳-۲</p> <p>همانند شکل، جعبه‌ای به جرم ۴/۰ kg روی میزی افقی قرار دارد. نیروی عمودی سطح را در حالت‌های نشان داده شده به دست آورید.</p> 	
$F_N - mg = ma$ $\rightarrow F_N = m(g + a) \rightarrow F_N > mg$ <p>در این حالت ترازو، عددی بزرگ تر از اندازه ی وزن را نشان می دهد.</p> <div style="text-align: center;"> <p>الف) جهت حرکت (+)</p>  </div>	<p>پوشش ۶-۲</p> <p>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.</p>	

$$F_N - mg = -ma$$

$$\rightarrow F_N = m(g - a) \rightarrow F_N < mg$$

در این حالت ترازو، عددی کوچکتری از اندازه ی وزن را نشان می دهد.

$$F_N - mg = -ma$$

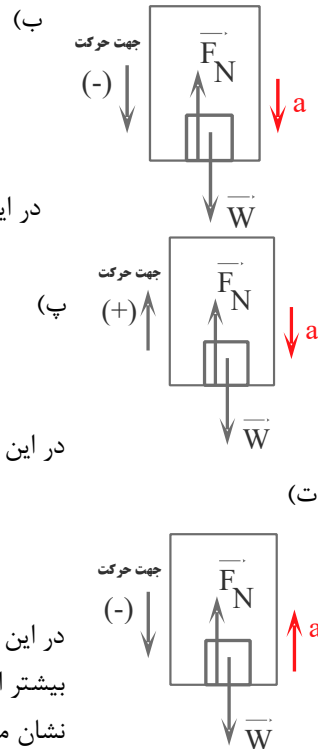
$$\rightarrow F_N = m(g - a) \rightarrow F_N < mg$$

در این حالت ترازو، عددی کوچکتری از اندازه ی وزن را نشان می دهد.

$$F_N - mg = ma$$

$$\rightarrow F_N = m(g + a) \rightarrow F_N > mg$$

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.

پوشش ۲-۷

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 شرف مانند سطح یخ به سختی ممکن است؟



$$\rightarrow F_1 - f_s = ma = 0 \rightarrow F_1 = f_s = 4 \text{ N}$$



$$\rightarrow F_2 - f_s = ma = 0 \rightarrow F_2 = f_s = 8 \text{ N}$$



$$\rightarrow F_3 - f_{s,max} = ma = 0 \rightarrow F_3 = f_{s,max} = 16 \text{ N}$$

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

(الف)

(ب)

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

تمرین ۲-۴

اگر در شکل ۲-۱۲، جرم جسم ۴/۰ kg و بزرگی نیروها $F_1 = 4/0 \text{ N}$ ، $F_2 = 8/0 \text{ N}$ و $F_3 = 16/0 \text{ N}$ باشد، الف) بزرگی نیروهای اصطکاک ایستایی در هر حالت چقدر است؟ ب) ضریب اصطکاک ایستایی را پیدا کنید.



۱۲

آزمایش ۱۳-۱: اندازه گیری ضریب اصطکاک ایستایی بین دو جسم



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

- ۲- نیروسنج را مانند شکل به مکعب چوبی وصل کنید و سر دیگر نیروسنج را با دست بگیرید و به طور افقی بکشید.
- ۳- نیروی 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.

۱۳

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

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

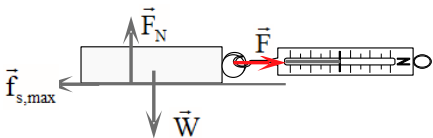
فعالیت ۲-۲

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

۱۴

وسایل لازم: نیروسنج- قطعه های چوبی مختلف - ترازو

شرح آزمایش:



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

۲) نیروسنج را به مکعب چوبی وصل کرده و سر دیگر نیروسنج را در دست گرفته و بکشید. وقتی جسم در آستانه لغزیدن قرار می گیرد عددی که نیروسنج نشان می دهد نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه ($f_{s,max}$) است.

۳) جرم جسم را با ترازو اندازه گیری کرده و از رابطه $F_N = mg$ مقدار نیروی عمودی محاسبه کنید.
۴- این بار آزمایش را با ۲ قطعه چوبی روهم انجام دهید. عددی که نیرو سنج نشان می دهد بیشتر می شود.

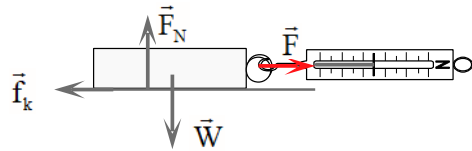
۵) آزمایش را با تعداد بیشتر قطعه چوبی انجام بدهید. باز هم نیروسنج عدد بیشتر را نشان می دهد.

۶) اعداد بدست آمده از نیروسنج را بر وزن تقسیم می کنیم.

نتیجه:

نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه با مقدار نیروی عمودی از طرف سطح به جسم رابطه مستقیم دارد و با تقسیم این نیرو بر وزن عدد ثابتی بدست می آید.

الف) به کمک یک نیروسنج، قطعه چوب را می کشیم تا حرکت کند. در بازه زمانی که قطعه چوب با سرعت ثابت در حال حرکت است، اندازه ی نیروی که نیروسنج نشان می دهد برابر است با نیروی اصطکاک جنبشی، در نتیجه خواهیم داشت.



$$F - f_k = ma \rightarrow F - f_k = 0 \rightarrow F = f_k$$

$$F = f_k = \mu_k mg \rightarrow \mu_k = \frac{F}{mg}$$

نیروی F از روی نیروسنج و m را به کمک ترازو بدست می آوریم.

ب) از وجه دیگر قطعه چوب، آزمایش را تکرار می کنیم. و سعی می کنیم با سرعت ثابت با نیروسنج قطعه چوب را بکشیم. عددی که نیروسنج نشان می دهد در این شرایط تقریباً برابر حالت قبل می باشد. نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس بستگی ندارد.

$$F - f_{s,max} = ma = 0 \rightarrow F = f_{s,max} = \mu_s F_N = \mu_s mg$$

$$\rightarrow F = f_{s,max} = 0.6 \times 75 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} = 441 \text{ N}$$

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.

۱۵

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؟

۱۶

فعالیت ۲-۴

تعدادی فنر متفاوت تهیه کنید. الف) سختی آنها را مقایسه کنید. ب) با طراحی یک آزمایش، ثابت هر فنر را بدست آورید.

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 خطکش، 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.

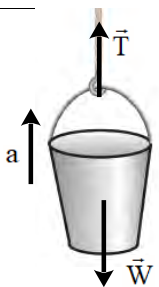
$$F_e = w \rightarrow k\Delta y = mg \rightarrow k = \frac{mg}{\Delta y}$$

سپس در چندین نوبت فنرهای مختلف را مطابق شکل آزمایش کرده و هر بار با توجه به رابطه

$$k = \frac{mg}{\Delta y}$$

مقدار K را بدست می آوریم.

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.



$$T - mg = ma$$

$$T - 16\text{kg} \times 9.8\text{N/kg} = 10.0\text{kg} \times 1.2\text{N/kg}$$

$$T = 156.8\text{N} + 12.0\text{N} = 176.8\text{N}$$

تمرین ۲-۶

کارگری یک سطل محتوی مصالح به جرم $16/0\text{kg}$ را با طناب سبکی به طرف بالا می کشد. اگر ستاب رو به بالای سطل $1/2\text{m/s}^2$ باشد، نیروی کشش طناب چقدر است؟



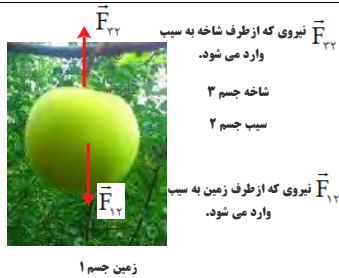
۱-۲ و ۲-۲ قوانین حرکت نیوتون و معرفی برخی از نیروهای خاص

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

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 می‌شود؟

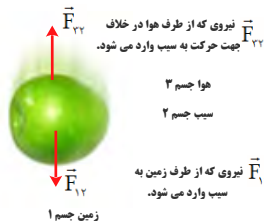
۱۹

الف)



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

ب)



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

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 می‌کند، خودرو به سمت جلو رفته و اجسام داخل خودرو تمایل دارند حالت خود را حفظ کنند. به همین دلیل شخص به صندلی فشرده می‌شود. در حالتی که خودرو ناگهان توقف می‌کند، اجسام داخل خودرو تمایل دارند حالت رو به جلوی خود را حفظ کنند در نتیجه اجسام به سمت جلو پرت می‌شوند.



۲. وقتی در خودروی ساکنی نشسته‌اید و خودرو ناگهان شروع به حرکت می‌کند، به صندلی فشرده می‌شوید. همچنین اگر در خودروی در حال حرکتی نشسته باشید، در توقف ناگهانی به جلو پرتاب می‌شوید.

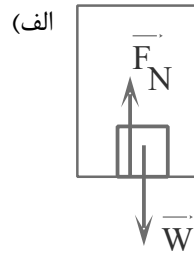
الف) علت این پدیده‌ها را توضیح دهید. ب) نقش کمربند ایمنی و کیسه هوا در کم شدن آسیب‌ها در تصادف‌ها را بیان کنید.

۲۰

(ب) در هنگام توقف یا ترمز ناگهانی اتومبیل، سرنشین بنا بر خاصیت لختی در مسیر حرکت به راه خود ادامه می دهد و بسمت شیشه جلو پرتاب می شود. کمربند ایمنی و یا کیسه ی هوا، سرنشین را با خودرو یک پارچه می کند و شتاب حرکت سرنشین در رخدادهای ناگهانی شتاب خودرو می شود.

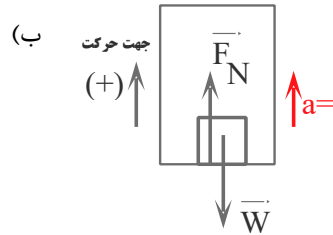
$$F_N - mg = 0 \rightarrow F_N = mg$$

$$\rightarrow F_N = 50 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} = 490 \text{ N}$$



$$F_N - mg = ma = 0 \rightarrow F_N = mg$$

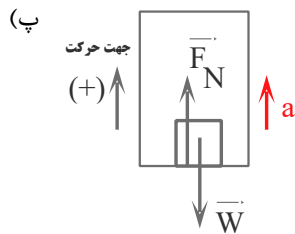
$$\rightarrow F_N = 50 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} = 490 \text{ N}$$



$$F_N - mg = ma \rightarrow F_N = m(g + a)$$

$$F_N = 50 \text{ kg} (9.8 \text{ N/kg} + 1.2 \text{ N/kg})$$

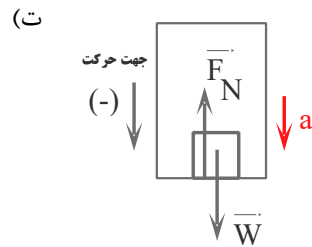
$$F_N = 550 \text{ N}$$



$$F_N - mg = -ma \rightarrow F_N = m(g - a)$$

$$F_N = 50 \text{ kg} (9.8 \text{ N/kg} - 1.2 \text{ N/kg})$$

$$F_N = 430 \text{ N}$$



۳۳. دانش آموزی به جرم 50 kg روی یک ترازوی فنری در آسانسور ایستاده است. در هر یک از حالت های زیر این ترازو چند نیوتون را نشان می دهد؟ ($g = 9.8 \text{ N/kg}$)

(الف) آسانسور ساکن است.

(ب) آسانسور با سرعت ثابت حرکت می کند.

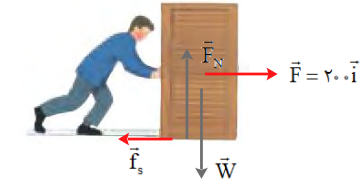
(پ) آسانسور با شتاب 1.2 m/s^2 به طرف بالا شروع به حرکت می کند.

(ت) آسانسور با شتاب 1.2 m/s^2 به طرف پایین شروع به حرکت می کند.

الف) جسم ساکن است.

$$F - f_s = 0$$

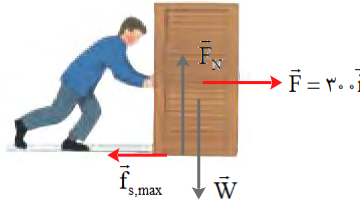
$$\rightarrow f_s = F = 200 \text{ N}$$



ب) جسم در آستانه حرکت است.

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

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



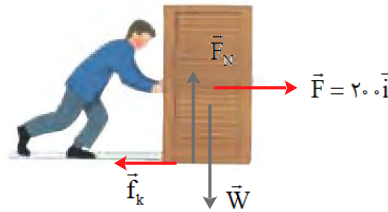
$$\mu_s = \frac{F}{mg} = \frac{200 \text{ N}}{90 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg}} = 0.22$$

پ) جسم در با شتاب ثابت در حرکت است.

$$F - f_k = ma$$

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

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



۱۴. در شکل نشان داده شده، شخص با نیروی 200 N جسم 90 kg کیلوگرمی را هل می‌دهد، اما جسم ساکن می‌ماند. ولی وقتی با نیروی 300 N جسم را هل می‌دهد، جسم در آستانه حرکت قرار می‌گیرد.

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 باشد، شتاب حرکت جسم چقدر خواهد شد؟

$$F_{ye} = m_1g \rightarrow k(L_1 - L_0) = m_1g \quad (1)$$

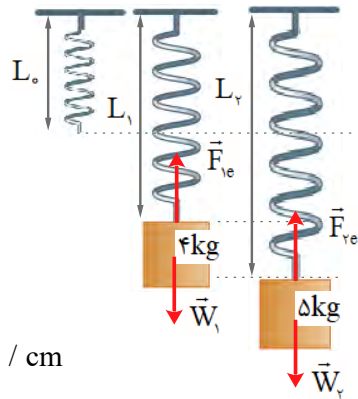
$$F_{ye} = m_2g \rightarrow k(L_2 - L_0) = m_2g \quad (2)$$

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

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

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

$$k(L_1 - L_0) = m_1g \rightarrow 9.8 \text{ (N/cm)}(14\text{cm} - L_0) = 4\text{kg} \times 9.8 \text{ N/kg} \rightarrow L_0 = 10 \text{ cm}$$



(الف)

(ب)



۴. در شکل روبه‌رو وقتی وزنه 4 kg را به فنر آویزان می‌کنیم، طول فنر 14 cm می‌شود، و وقتی وزنه 5 kg را به فنر آویزان می‌کنیم، طول فنر 15 cm می‌شود.

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

۲۳



(الف)

واکنش

کنش

نیروی \vec{W}' که زمین به خودرو وارد می‌کند.

نیروی \vec{W} که زمین به خودرو وارد می‌کند.

نیروی عمودی که خودرو بر سطح جاده وارد می‌کند. \vec{F}'_N

نیروی عمودی تکیه‌گاه سطح جاده به خودرو وارد می‌کند. \vec{F}_N

در وضعیت لغزش، نیروی موازی سطح از طرف خودرو در جهت حرکت به زمین وارد می‌شود. \vec{f}'_k

در وضعیت لغزش، نیروی موازی سطح از طرف زمین در خلاف جهت حرکت به خودرو وارد می‌شود. \vec{f}_k

نیروی که از مولکول‌های هوا به مولکول‌های هوا در جهت حرکت وارد می‌شود. \vec{f}'

نیروی که از مولکول‌های هوا به خودرو در خلاف جهت حرکت وارد می‌شود. \vec{f}

۷. در هر یک از موارد زیر، نیروهای وارد بر جسم را مشخص کنید. واکنش هر یک از این نیروها به چه جسمی وارد می‌شود؟ (الف) خودرویی با سرعت ثابت در یک مسیر مستقیم افقی در حال حرکت است.

(ب) گشتی‌ای با سرعت ثابت در حال حرکت است.

(پ) قایقرانی در حال پارو زدن است.

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

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

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

۲۴

(ب)



واکنش	کنش
نیروی که کشتی به زمین وارد می کند. \vec{W}'	نیروی که زمین به کشتی وارد می کند. \vec{W}
نیروی که از طرف آب وارد می شود. \vec{F}'_b	نیروی 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 به سطح کشتی وارد می شود. \vec{f}

(پ)



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

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

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

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

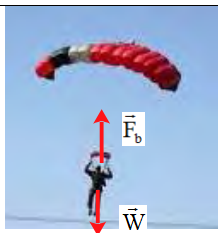
پ) قایقرانی در حال پارو زدن است.

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

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

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

(ت)



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

ج



قبل از برخورد:

واکنش

کنش

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

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

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

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



نیروی مقاومت هوا \vec{F}_b

بعد از برخورد:

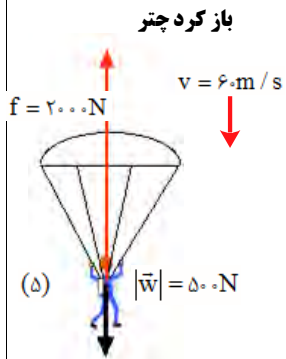
نیروی که توپ به زمین وارد می کند. \vec{W}'

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

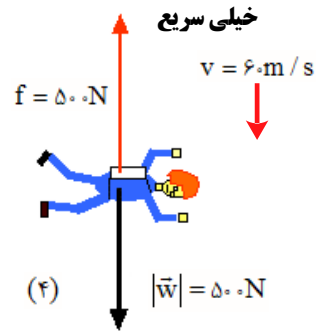
نیروی که از طرف توپ به مولکول های هوا وارد می شود. \vec{F}'_b

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

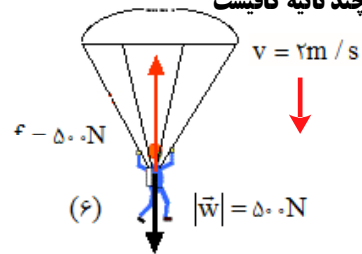
<p>الف) $v_0 = 72 \text{ km/h} = 72 \div 3.6 \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$</p> <p>$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x \rightarrow 0^2 - (20 \text{ m/s})^2 = 2a \times 20 \text{ m}$</p> <p>$a = -\frac{400}{40} \text{ m/s}^2 = -10 \text{ m/s}^2$</p> <p>ب) $v = at + v_0 \rightarrow 0 = -10 \text{ (m/s}^2\text{)}t + 20 \text{ m/s} \rightarrow t = 2 \text{ s}$</p> <p>پ) $F - f_k = ma \rightarrow F - f_k = -10 \text{ (m/s}^2\text{)} \times 1200 \text{ kg} \rightarrow f_k = 12000 \text{ N}$</p>	<p>۷. راننده خودرویی که با سرعت 72 km/h در یک مسیر مستقیم در حال حرکت است، با دیدن مانعی اقدام به ترمز می‌کند و خودرو پس از طی مسافت 20 m متوقف می‌شود.</p> <p>الف) شتاب خودرو در مدت ترمز چقدر است؟</p> <p>ب) از لحظه ترمز تا توقف کامل خودرو، چقدر طول می‌کشد؟</p> <p>پ) نیروی اصطکاک بین لاستیک‌ها و سطح چقدر است؟</p> <p>جرم خودرو را 1200 kg بگیرید.</p>	<p>۲۵</p>
<p>فرض می‌کنیم شخصی به وزن 500 N از بالگرد به بیرون می‌پرد. بعد از پریدن چترباز، سرعت اولیه آن بسیار ناچیز است و تندی و مقاومت هوا افزایش می‌یابد.</p> <p>بعد از گذشت ثانیه‌ها بیشتر $v = 50 \text{ m/s}$</p> <p>در چند ثانیه $f = 1000 \text{ N}$ $v = 20 \text{ m/s}$</p> <p>در لحظه ترک از بالگرد $v = 0$ $f = 0$</p> <p>پس از مدتی مقاومت هوا با وزن چترباز برابر شده و نیروی خالص وارد بر چترباز صفر می‌شود و چترباز با تندی ثابتی به طرف زمین حرکت می‌کند.</p>	<p>۸. چتربازی از یک بالگرد تقریباً ساکن که در ارتفاع نسبتاً زیادی قرار دارد، به بیرون می‌پرد و پس از مدتی چتر خود را باز می‌کند و در امتداد قائم سقوط می‌کند. حرکت چترباز را از لحظه پرش تا رسیدن به زمین تحلیل کنید و نموداری تقریبی از تندی آن بر حسب زمان رسم کنید.</p>	<p>۲۶</p>



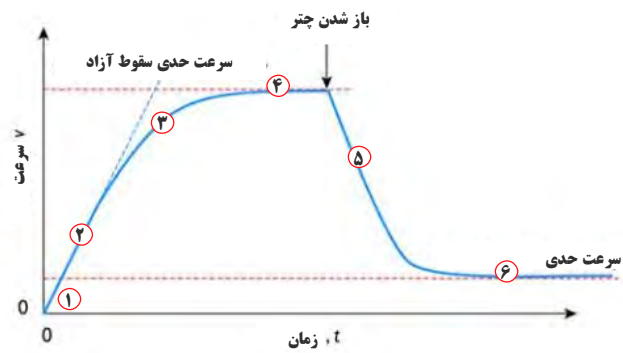
در این حالت چتر باز چتر را باز می کند. که باعث افزایش نیروی مقاومت هوا خواهد شد.



چند ثانیه کفایت



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

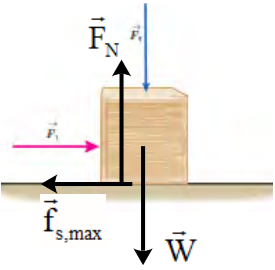


(الف)

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a}$$

$$F_N - F_\gamma - W = ma = 0 \rightarrow F_N = F_\gamma + W$$

با افزایش F_γ ، نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه افزایش می یابد.



(ب)

$$F_1 - F_s = ma = 0 \rightarrow F_1 = F_s$$

تغییر نمی کند.

(پ)

$$f_{s,max} = \mu_s F_N \rightarrow f_{s,max} = \mu_s (F_\gamma + W)$$

با افزایش F_γ ، $f_{s,max}$ 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.

۴. در شکل زیر، نیروی F_1 به بزرگی 20 N بر جعبه وارد شده است، اما جعبه همچنان ساکن است. اگر در همین حالت بزرگی نیروی قائم F_2 که جعبه را به زمین می فشارد از صفر شروع به افزایش کند، کمیت های زیر چگونه تغییر می کنند؟

(الف) اندازه نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه

(ب) اندازه نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر جعبه

(پ) اندازه بیشینه نیروی اصطکاک ایستایی

(ت) نیروی خالص وارد بر جسم



۲۷

(الف)

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a} \rightarrow F = ma$$

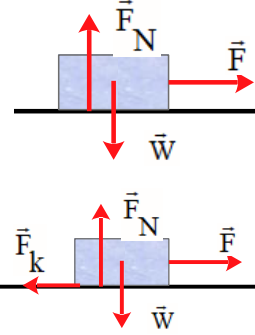
$$\rightarrow F = (50 \cdot \text{kg})(2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) = 100 \text{ N}$$

(ب)

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a} \rightarrow F - F_k = ma$$

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

$$F - (0.20)(50 \cdot \text{kg})(9.8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}) = (50 \cdot \text{kg})(2 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$

$$\rightarrow F - (196 \text{ N}) = 100 \text{ N} \rightarrow F = 296 \text{ N}$$


۱۰. می خواهیم به جسمی که جرم آن 50 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 0.20 به طرف راست حرکت کند، و شتابش نیز به طرف راست باشد.

(پ) جسم در راستای قائم با شتاب رو به بالا شروع به حرکت کند.

(ت) جسم در راستای قائم با شتاب رو به پایین شروع به حرکت کند.

۲۸

$$\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a} \rightarrow F - W = ma \rightarrow F - mg = ma$$

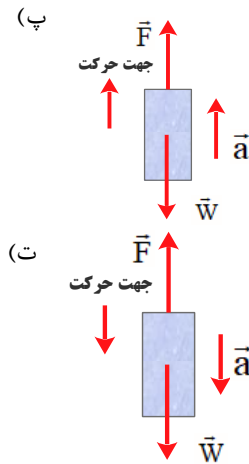
$$F - (\Delta / \circ \text{kg})(\text{g} / \text{kg}) = (\Delta / \circ \text{kg})(\text{r} / \circ \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$

$$\rightarrow F - (49 \text{ N}) = 1 \circ \text{ N} \rightarrow F = 59 \text{ N}$$

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

$$(\Delta / \circ \text{kg})(\text{g} / \text{kg}) - F = (\Delta / \circ \text{kg})(\text{r} / \circ \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$$

$$\rightarrow (49 \text{ N}) - F = 1 \circ \text{ N} \rightarrow F = 39 \text{ N}$$



$$\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a} \rightarrow -f_k = ma \rightarrow -\mu_k F_N = ma$$

$$-\mu_k mg = ma \rightarrow a = -\mu_k g$$

$$a = -(\circ / \text{r})(\text{g} / \text{kg}) = -1 / 96 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

جسم متوقف شده است، بنابراین $V = 0$ است.

$$V^r - V_o^r = \text{r} a \Delta x$$

$$\circ - (1 \circ \frac{\text{m}}{\text{s}})^r = \text{r} (-1 / 96 \text{ N} / \text{kg}) \Delta x \rightarrow \Delta x = 25 / 51 \text{ m}$$

(الف)

!!! قطعه چوبی را با سرعت افقی $1 \circ / \circ \text{ m/s}$ روی سطحی افقی برتاب می‌کنیم. ضریب اصطکاک جنبشی بین چوب و سطح $0 / 2 \circ$ است.

الف) چوب پس از بيمودن چه مسافتی می‌ایستد؟

ب) اگر از یک قطعه چوب دیگر استفاده کنیم که جرم آن دو برابر جرم قطعه چوب اول و ضریب اصطکاک جنبشی آن با سطح افقی با اولی یکسان باشد و با همان سرعت برتاب شود، مسافت بيموده شده آن چند برابر می‌شود؟

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

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

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

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

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

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

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

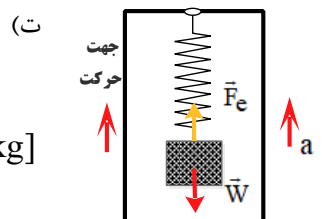
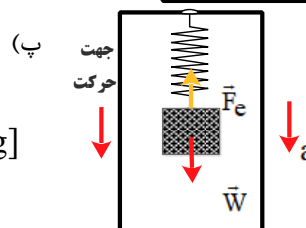
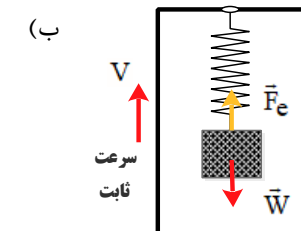
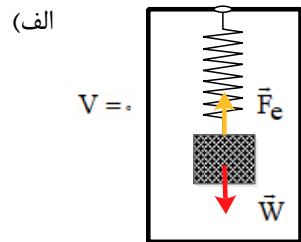
$$\rightarrow 20(\text{N/cm})(L_3 - 12\text{cm}) = 2\text{kg} \times [(9.8 - 2)\text{N/kg}]$$

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

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

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

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



۱۱. وزنه‌ای به جرم 2kg را به انتهای فنری به طول 12cm که ثابت آن 20N/cm است می‌بندیم و فنر را از سقف یک آسانسور آویزان می‌کنیم. طول فنر را در حالت‌های زیر محاسبه کنید. الف) آسانسور ساکن است.

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

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

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

<p>(الف) زمان واکنش و تندی خودرو</p> <p>(ب) $\Delta x = vt \rightarrow 18m = v \times 0.6s \rightarrow v = 30 m/s$</p> <p>(پ) $x = \left(\frac{v + v_0}{2}\right)t = \left(\frac{0 + 30 m/s}{2}\right) \times \Delta s \rightarrow 75m$</p> <p>(ت) $a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{0 - 30 m/s}{\Delta s} \rightarrow a = 6 m/s^2$</p> <p>$F_{net} = ma \rightarrow F_{net} = 1500 kg \times -6 (N/kg) \rightarrow F_{net} = -9000 N$</p>	<p>14. برای یک راننده دانستن کل مسافت توقف خودرو اهمیت دارد. همان‌طور که شکل نشان می‌دهد کل مسافت توقف، دو قسمت دارد: مسافت واکنش (مسافتی که خودرو از لحظه دیدن مانع تا ترمز گرفتن طی می‌کند) و مسافت ترمز (مسافتی که خودرو از لحظه ترمز گرفتن تا توقف کامل طی می‌کند).</p> <p>(الف) دو عامل مؤثر در مسافت واکنش را بنویسید.</p> <p>(ب) زمان واکنش راننده‌ای $0.6s$ است. در طی این زمان، خودرو مسافت $18m$ را طی می‌کند. با فرض ثابت بودن سرعت در این مدت، اندازه آن را حساب کنید.</p> <p>(پ) اگر در این سرعت راننده ترمز کند و خودرو پس از $5s$ متوقف شود، مسافت ترمز و شتاب خودرو را حساب کنید.</p> <p>(ت) وقتی خودرو ترمز می‌کند، نیروی خالص وارد بر آن چقدر است؟ جرم خودرو را $1500 kg$ فرض کنید.</p>	<p>۳۱</p>
<p>(الف) نیروی خالص عمودی حاصل از سطح زمین \vec{F}_N</p> <p>نیروی کشش \vec{T}</p> <p>نیروی مقاومت هوا \vec{f}</p> <p>نیروی اصطکاک \vec{f}_k</p> <p>نیروی وزن \vec{W}</p> <p>(الف) $T - f_k - f = ma = 0 \rightarrow T = f_k + f = 380 N + 220 N = 600 N$</p> <p>(ب) $T' - f_k - f = ma \rightarrow T' = 2(N/kg) \times 1500 kg + 600 N = 3600 N$</p>	<p>14. یک خودروی باری با طناب افقی محکمی، یک خودروی سواری به جرم $1500 kg$ را می‌کشد. نیروی اصطکاک و مقاومت هوا در مقابل حرکت خودروی سواری $220 N$ و $380 N$ است.</p> <p>(الف) اگر سرعت خودرو ثابت باشد نیروی کشش طناب چقدر است؟</p> <p>(ب) اگر خودرو با شتاب ثابت $2 m/s^2$ به طرف راست کشیده شود، نیروی کشش طناب چقدر است؟</p>	<p>۳۲</p>
<p>(الف) نیروی اصطکاک ایستایی \vec{F}_s</p> <p>نیروی عمودی تکیه گاه \vec{F}_N</p> <p>نیروی وزن \vec{W}</p> <p>(ب) $mg - f_s = ma = 0 \rightarrow f_s = mg$</p> <p>$\rightarrow f_s = 2/5 kg \times 9.8 N/kg = 24/5 N$</p> <p>(پ) خیر - نیروی اصطکاک تغییری نمی‌کند.</p> <p>$F_N - F = 0 \rightarrow F = F_N$</p>	<p>15. کتابی را مانند شکل با نیروی عمودی F به دیوار قائمی فشار دهید و ثابت نگه داشته‌ایم.</p> <p>(الف) نیروهای وارد بر کتاب را رسم کنید.</p> <p>(ب) اگر جرم کتاب $2/5 kg$ باشد، اندازه نیروی اصطکاک را به دست آورید.</p> <p>(پ) اگر کتاب را بیشتر به دیوار فشاریم، آیا نیروی اصطکاک تغییر می‌کند؟ با این کار چه نیروهایی افزایش می‌یابد؟</p>	<p>۳۳</p>

۲-۳ تکانه و قانون دوم نیوتون

تمرین ۲-۷

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

۳۴

$$\left. \begin{aligned} k &= \frac{1}{2}mv^2 \\ P &= mv \rightarrow v = \frac{P}{m} \end{aligned} \right\} \rightarrow k = \frac{1}{2}m\left(\frac{P}{m}\right)^2 \rightarrow k = \frac{P^2}{2m}$$

۲-۳ تکانه و قانون دوم نیوتون

۱۷. تویی به جرم 280g با تندی 15m/s به طور افقی به بازیکنی نزدیک می شود. بازیکن با مشت به توپ ضربه می زند و باعث می شود توپ با تندی 22m/s در جهت مخالف برگردد. الف) اندازه تغییر تکانه توپ را محاسبه کنید. ب) اگر مشت بازیکن 0.06s با توپ در تماس باشد، اندازه نیروی متوسط وارد بر مشت بازیکن از طرف توپ را به دست آورید.

۳۵

(الف)

$$\Delta P = m\Delta v = m(v_2 - v_1)$$

$$\Delta P = 0.28\text{kg} \times (-22\text{m/s} - 15\text{m/s})$$

$$\Delta P = -10.36\text{kgm/s}$$

(ب)

$$\bar{F} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{-10.36\text{kgm/s}}{0.06\text{s}} = -172.6\text{N}$$

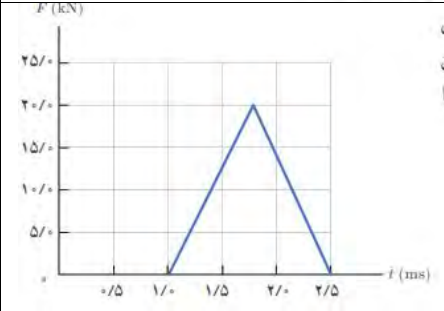
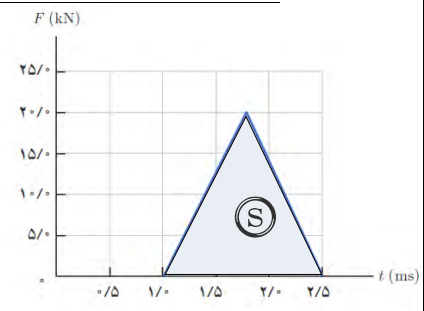


$$S_{(F-t)} = \Delta P$$

$$S_{(F-t)} = \frac{1}{2}(2/5\text{s} - 1\text{s}) \times 10^{-3} \times 20 \times 10^3\text{N}$$

$$S_{(F-t)} = \Delta P = 15\text{N.s}$$

$$\bar{F} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{15\text{N.s}}{1/5 \times 10^{-3}\text{s}} = 10000\text{N}$$



۱۷. شکل زیر، منحنی نیروی خالص بر حسب زمان را برای توپ بیسبالی که با چوب بیسبال به آن ضربه زده شده است، نشان می دهد. تغییر تکانه توپ و نیروی خالص متوسط وارد بر آن را به دست آورید.

۳۶

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

ترازوی کاوندیش وسیله‌ای است که برای بررسی تجربی قانون جهانی گرانش نیوتن بکار می‌رود. نیوتن قانون گرانش خود بیان می‌کند که هر گاه دو ذره به جرم‌های m_1 و m_2 به فاصله r از یکدیگر قرار گیرند، این دو نیرو جاذبه‌ای بر یکدیگر وارد می‌کنند که این نیرو با حاصل ضرب اندازه دو جرم نسبت مستقیم و با مجذور فاصله بین آنها نسبت عکس دارد. اما این تناسب را می‌توان تعریف یک ثابت تناسب در تساوی تبدیل نمود. این ثابت را ثابت جهانی گرانش می‌گویند. برای تعیین مقدار ثابت جهانی گرانش که آن را با G نمایش می‌دهیم، باید نیروی جاذبه میان دو جرم را اندازه‌گیری کنیم.

قسمتهای مختلف ترازوی کاوندیش

دو گلوله به جرم m

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

دو گلوله بزرگ به جرم M

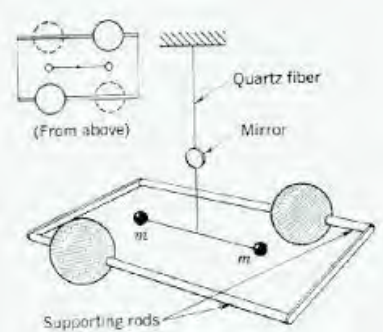
دو گلوله بزرگ هر کدام به جرم M ، که در نزدیک دو سر دمبل و در دو طرف مخالف قرار داده شده‌اند. این دو گلوله نیز بر روی یک میله افقی قرار گرفته‌اند و نقطه وسط این میله بر روی تکیه گاهی قرار گرفته است، به گونه‌ای که می‌تواند آزادانه بچرخد. نقطه وسط این میله درست در راستای مرکز دمبل و در زیر آن قرار دارد.

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 می‌شود، نور منعکس شده از آینه بر روی یک مقیاس شیشه‌ای می‌افتد و به این وسیله میزان انحراف آینه (یا زاویه چرخش) آن قابل اندازه‌گیری است.

شرح کار ترازوی کاوندیش

هر گاه میله‌ای که دو جرم بزرگ m بر روی آن قرار گرفته‌اند، جرم‌های بزرگ M در نزدیکی جرم‌های کوچک m قرار گیرند، در این صورت بر اساس قانون جهانی گرانش نیوتن، بر گلوله‌های کوچک نیرو



جاذبه‌ای وارد می‌شود، این امر باعث چرخیدن دمبل و در نتیجه تاب خوردن رشته نازک و چرخش آینه می‌شود. با استفاده از شیشه مدرج می‌توان میزان انحراف آینه (زاویه α) را هنگام چرخش گلوله‌های کوچک اندازه‌گیری نمود.

اندازه‌گیری G

ثابت G به کمک روش انحراف بیشینه تعیین می‌شود، همان‌طور که در طرز ترازو گفته شود میله بر اثر گرانش گلوله‌های بزرگ حول نقطه آویز می‌چرخد. در حین چرخش با گشتاور نیروها مخالفت می‌کند، α زاویه پیچش رشته هنگام حرکت گلوله‌ها از موضعی به موضع دیگر با مشاهده انحراف باریکه بازتابیده از آینه کوچک متصل به رشته اندازه‌گیری شود (تصویر رشته لامپ توسط آینه متصل به m و m روی خط کش مدرج می‌افتد و در نتیجه هر گونه دوران m و m قابل اندازه‌گیری است). اگر جرم‌ها و فاصله میان آنها و نیز ثابت پیچش رشته معلوم باشد، می‌توانیم G را از روی زاویه پیچش اندازه‌گیری شده محاسبه کنیم. چون نیروی جاذبه کم است اگر بخواهیم پیچش قابل مشاهده‌ای داشته باشیم باید ثابت پیچش رشته فوق‌العاده کوچک باشد. در این ترازو جرم‌ها مسلماً ذره نیستند، بلکه اجسامی بزرگ هستند، اما چون این جرم‌ها کره‌های یکنواختی هستند از لحاظ گرانشی طوری عمل می‌کنند که گویی تمام جرم آنها در مرکزشان متمرکز شده است. چون G بسیار کوچک است نیروهای گرانشی میان اجسام بر روی سطح زمین فوق‌العاده کوچک هستند و می‌توان از آنها صرف‌نظر کرد.

$$\left. \begin{aligned} F &= G \frac{M_e m}{r^2} \\ F &= mg_h \end{aligned} \right\} \rightarrow G \frac{M_e m}{r^2} = mg_h \rightarrow g_h = G \frac{M_e}{(R_e + h)^2}$$

$$\rightarrow g_h = G \frac{M_e}{(R_e + h)^2} \xrightarrow{h=0} g = G \frac{GM_e}{R_e^2}$$

(ف)



$$\left. \begin{aligned} F &= G \frac{M_e m}{r^2} \\ F &= mg_h \end{aligned} \right\} \rightarrow G \frac{M_e m}{r^2} = mg_h \rightarrow g_h = G \frac{M_e}{(R_e + h)^2}$$

تمرین ۸-۲

نشان دهید که شتاب گرانشی در سطح زمین از رابطه $g = G \frac{M_e}{R_e^2}$ به دست می‌آید.

۳۸

تمرین ۹-۲

تلسکوپ فضایی هابل در ارتفاع تقریبی ۶۰۰ کیلومتری از سطح زمین به دور زمین می‌چرخد.
الف) شتاب گرانشی در این فاصله چقدر است؟
ب) وزن این تلسکوپ در این ارتفاع چند برابر وزن آن روی زمین است؟

۳۹

$$g_h = \frac{6/67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 5/98 \times 10^{24} \text{ kg}}{(64 \times 10^6 \text{ m} + 6 \times 10^6 \text{ m})^2} = 0/114 \times 10 \text{ m/s}^2 = 1/14 \text{ m/s}^2$$

$$\frac{w_h}{w_{R_e}} = \frac{G \frac{M_e}{r^2}}{G \frac{M_e}{R_e^2}} = \left(\frac{R_e}{r} \right)^2 \rightarrow \frac{w_h}{w_{R_e}} = \left(\frac{64 \cdot 0 \text{ km}}{70 \cdot 0 \text{ km}} \right)^2 = 0/82 \quad (\text{ب})$$

$$F = G \frac{M_e m}{r^2} \rightarrow 10^{-8} \text{ N} = \frac{6/67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 5 \cdot \text{kg} \times m}{(2m)^2} \rightarrow m = 1199 \text{ kg}$$

18. دو جسم در فاصله 200 m از هم، یکدیگر را با نیروی گرانشی کوچک 10^{-8} N جذب می کنند. اگر جرم یکی از اجسام 500 kg باشد، جرم جسم دیگر چقدر است؟

40

$$\frac{w_h}{w_{R_e}} = \left(\frac{R_e}{R_e + h} \right)^2 \rightarrow \frac{1}{2} = \left(\frac{R_e}{R_e + h} \right)^2$$

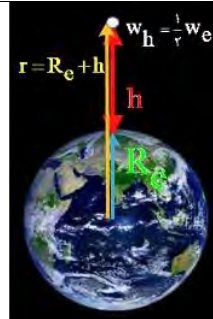
$$\rightarrow \sqrt{2} R_e = R_e + h \rightarrow h = (\sqrt{2} - 1) R_e = 0/41 R_e$$

$$F = G \frac{M_e m}{r^2}$$

$$F = \frac{6/67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 250 \cdot \text{kg} \times 5/98 \times 10^{24} \text{ kg}}{(36000 \times 10^3 \text{ m} + 6400 \times 10^3 \text{ m})^2}$$

$$F = 55/467 \text{ N}$$

(الف)



(ب)

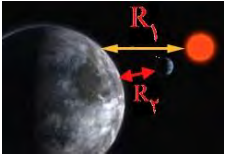
19. الف) در چه ارتفاعی از سطح زمین، وزن یک شخص به نصف مقدار خود در سطح زمین می رسد؟

ب) اگر جرم ماهواره ای 250 kg باشد، وزن آن در ارتفاع 36000 کیلومتری از سطح زمین چقدر خواهد شد؟

($M_e = 5/98 \times 10^{24} \text{ kg}$ و $R_e = 6400 \text{ km}$)

41

(الف)



$$g_{R_{e1}} = \frac{GM_s}{R_1^2} = \frac{6/67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 1/99 \times 10^{24} \text{ kg}}{(149/6 \times 10^6 \times 10^3 \text{ m})^2}$$


$$g_{R_{e1}} = 5/93 \times 10^{-7} \text{ N/kg}$$

(ب)

$$F = G \frac{M_c m}{r^2} \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow G \frac{M_c m}{r^2} = mg_h \rightarrow g_h = G \frac{M_c}{(R_c + h)^2} \\ F = mg_h \end{array} \right.$$

$$g_{R_{er}} = \frac{GM_m}{R_2^2} = \frac{6/67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 7/36 \times 10^{22} \text{ kg}}{(3/84 \times 10^5 \times 10^3 \text{ m})^2} = 3/33 \times 10^{-5} \text{ N/kg}$$

(الف)



$$F_{em} = G \frac{M_c m}{r_1^2} \quad \& \quad F_{mm} = G \frac{M_m m}{r_2^2}$$

$$F_{net} = G \frac{M_c m}{r_1^2} - G \frac{M_m m}{r_2^2} = \frac{Gm}{r} (M_c - M_m)$$

$$r_1 = r_2 = r = \frac{1}{2} d = \frac{1}{2} \times 3/84 \times 10^5 \text{ km} = 1/92 \times 10^5 \text{ m}$$

$$F_{net} = \frac{6/67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \times 3 \times 10^4 \text{ kg}}{(1/92 \times 10^5 \text{ m})^2} (5/98 \times 10^{24} \text{ kg} - 7/36 \times 10^{22} \text{ kg})$$

$$F_{net} = 320/59 \text{ N}$$

(ب)

$$F_{net} = G \frac{M_c m}{r_1^2} - G \frac{M_m m}{r_2^2} \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow \circ = G \frac{M_c m}{r_1^2} - G \frac{M_m m}{r_2^2} \rightarrow \frac{M_c}{r_1^2} = \frac{M_m}{r_2^2} \\ r_1 + r_2 = d \end{array} \right.$$

۴۲. الف) شتاب گرانشی ناشی از خورشید در سطح زمین چقدر است؟

ب) شتاب گرانشی ناشی از ماه در سطح زمین چقدر است؟

$$M_{خورشید} = 1/99 \times 10^{24} \text{ kg} \quad \text{و} \quad M_{ما} = 7/36 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$\text{فاصله زمین تا خورشید} = 149/6 \times 10^6 \text{ km}$$

$$\text{فاصله زمین تا ماه} = 3/84 \times 10^5 \text{ km}$$

۴۲

۴۳. الف) سفینه‌ای 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 می‌شود به دست آورید (از داده‌های مسئله‌های قبل استفاده کنید).

ب) در چه فاصله‌ای از زمین، نیروی گرانشی ماه و زمین بر سفینه، یکدیگر را خنثی می‌کنند؟

$$M_{خورشید} = 1/99 \times 10^{24} \text{ kg} \quad \text{و} \quad M_{ما} = 7/36 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$\text{فاصله زمین تا خورشید} = 149/6 \times 10^6 \text{ km}$$

$$\text{فاصله زمین تا ماه} = 3/84 \times 10^5 \text{ km}$$

۴۳

$$\frac{M_e}{M_m} = \frac{r_1^r}{(d-r_1)^r} \rightarrow \frac{r_1}{(d-r_1)} = \sqrt{\frac{\Delta / 98 \times 10^{-12} \text{ kg}}{\gamma / 36 \times 10^{-12} \text{ kg}}} = 9$$

$$\rightarrow \frac{r_1}{d-r_1} = 9 \rightarrow r_1 = 9d - 9r_1 \rightarrow r_1 = 0.9d = 3 / 406 \times 10^{-6} \text{ m}$$



راهنمای حل فصل ۳ فیزیک دوازدهم

رشته علوم و تجربی

منطبق بر کتاب درسی




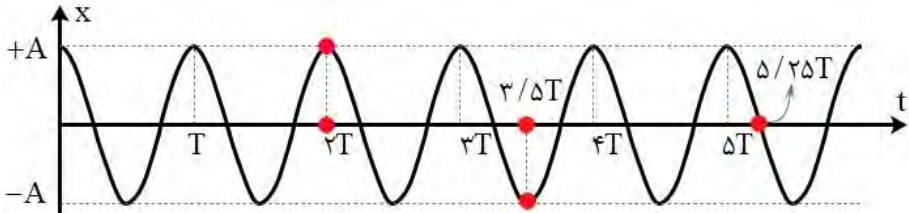
گروه فیزیک استان گیلان @Schoolphysics

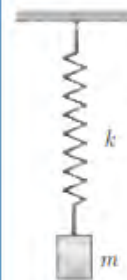
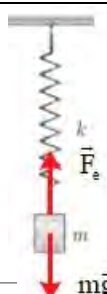
نوسان و موج		
صفحه pdf	صفحه کتاب درسی	فعالیت / پرسش / تمرین / مسائل
۱	۵۳	۱-۳- نوسان دوره ای
۱	۵۴	پرسش ۱-۳
۱	۵۵	۲-۳ حرکت هماهنگ ساده
۱	۵۶	تمرین ۱-۳
۱-۲	۵۶	تمرین ۲-۳
۲	۵۷	فعالیت ۲-۳
۲	۸۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۱
۳	۸۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲
۳	۸۹	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳
۳	۸۹	پرسش و مسئله ها آخر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

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

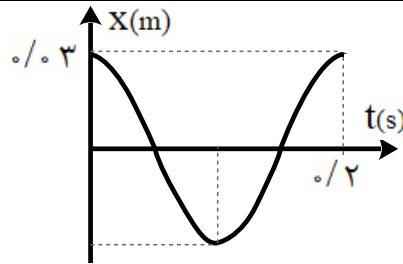
۱۷	۹۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۲	۴۱
۱۷	۹۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۳	۴۲
۱۷	۹۱	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۴	۴۳
۱۸	۹۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۵	۴۴
۱۸	۹۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۶	۴۵
۱۸	۹۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۷	۴۶
۱۹	۹۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۸	۴۷
۱۹	۹۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۲۹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

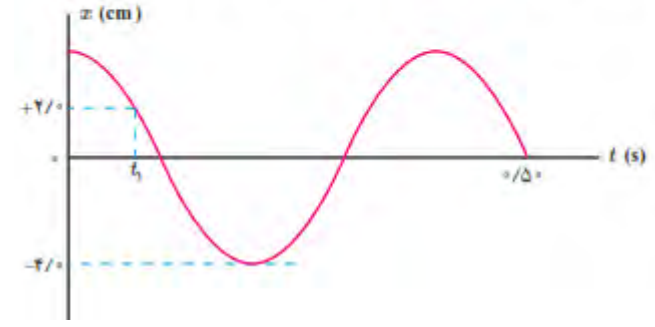
۲۶	۸۴	تمرین ۳-۱۰	۶۳
۲۷	۸۴	پرسش ۳-۹	۶۴
۲۷	۸۶	پرسش ۳-۱۰	۶۵
۲۸-۲۷	۸۶	فعالیت ۳-۱۱	۶۶
۲۸	۸۸	تمرین ۳-۱۱	۶۷
		۳-۸ شکست موج	
۲۸	۹۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳۷	۶۸
۲۹	۹۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳۸	۶۹
۲۹	۹۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۳۹	۷۰
۲۹	۹۳	پرسش و مسئله ها آخر فصل - ۴۰	۷۱
۳۰	۹۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل -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

$T = \frac{1}{65} \text{ min} \rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.92 \text{ s}} = 1.08 \text{ Hz}$	<p style="text-align: right;">۱-۳ نوسان دوره‌ای</p> <p style="text-align: center;">پرسش ۱-۳</p> <p>بسامد ضربان قلب مربوط به نمودار شکل ۲-۳ چقدر است؟ دوره تناوب ضربان قلب این شخص $\frac{1}{6}$ دقیقه، یا 0.92 ثانیه است.</p>  <p style="text-align: center;">شکل ۲-۳ نمونه‌ای از نمودار الکترو قلب نگاره (نوار قلب) یک شخص*</p>
<p>با توجه به نمودار پائین، نتایج زیر به دست می‌آید:</p> <p>الف) در $t = 2/5 \cdot T$، ذره در $x = +A$ قرار دارد.</p> <p>ب) در $t = 3/5 \cdot T$، ذره در $x = -A$ قرار دارد.</p> <p>پ) در $t = 5/25 \cdot T$، ذره در $x = 0$ قرار دارد.</p> 	<p style="text-align: right;">تمرین ۱-۳</p> <p>ذره‌ای در حال نوسان هماهنگ ساده با دوره تناوب T است. با فرض اینکه در $t = 0$s ذره در $x = +A$ باشد، تعیین کنید در هر یک از لحظات زیر، آیا ذره در $x = -A$، در $x = +A$، یا در $x = 0$ خواهد بود؟ الف) $t = 2/5 \cdot T$، ب) $t = 3/5 \cdot T$، پ) $t = 5/25 \cdot T$ (راهنمایی: برای پاسخ به این تمرین، ساده‌تر آن است که چند دوره از یک نمودار کسینوسی را رسم کنید.)</p>
<p>با توجه به آن چه در ریاضی خوانده ایم، داریم:</p> $\cos \alpha = \cos x$ $x = 2k\pi \pm \alpha \quad k \in \mathbb{Z}$ <p style="text-align: right;">بنابراین:</p>	<p style="text-align: right;">تمرین ۲-۳</p> <p>در حرکت هماهنگ ساده، مکان $x(t)$ باید پس از گذشت یک دوره تناوب برابر مقدار اولیه‌اش شود. یعنی اگر $x(t)$ مکان در زمان دلخواه t باشد، آن گاه نوسانگر باید در زمان $t + T$ دوباره به همان مکان بازگردد و بنابراین $A \cos \omega t = A \cos \omega(t + T)$. بر این اساس نشان دهید $\omega = 2\pi / T$.</p>

$A \cos \omega t = A \cos \omega(t+T) \rightarrow \omega(t+T) = 2k\pi + \omega t$ $\omega t + \omega T = 2k\pi + \omega t \rightarrow \omega T = 2k\pi$ $\xrightarrow{k=1} \omega T = 2\pi \rightarrow \boxed{\omega = \frac{2\pi}{T}}$	
<p>الف) جسمی با جرم مشخص (m) را به فنری با ثابت معلوم (m) آویزان می‌کنیم. پس از رسیدن به تعادل، جسم را کمی به پایین کشیده و رها می‌کنیم. مجموعه نوسان می‌کند. تعداد نوسان ها (N) در مدت t ثانیه را ثبت می‌کنیم. از رابطه $T = t / N$ دوره تناوب را بدست می‌آوریم.</p> <p>آزمایش را با وزنه های متفاوت تکرار می‌کنیم نتیجه می‌گیریم که دوره تناوب سامانه جرم - فنر با یک فنر معین با جذر جرم وزنه به طور مستقیم متناسب است.</p> $(T \propto \sqrt{m})$ <p>ب) آزمایش بالا را با یک وزنه به جرم مشخص (m) و فنرهای متفاوت انجام می‌دهیم و نتیجه می‌گیریم که دوره تناوب سامانه جرم - فنر با یک وزنه معین و فنرهای متفاوت با جذر ثابت فنر به طور وارون متناسب است.</p> $(T \propto \frac{1}{\sqrt{k}})$	<p style="text-align: right;">فعالیت ۲-۳</p> <p>با انتخاب وزنه‌ها و فنرهای مختلف، با جرم‌ها و ثابت فنرهای معلوم و مناسب، در آرایشی مطابق شکل، و با اندازه‌گیری زمان تعداد مشخصی نوسان کامل، و سپس محاسبه دوره تناوب T برای هر سامانه جرم - فنر، به طور تجربی نشان دهید که:</p> <p>الف) دوره تناوب سامانه جرم - فنر با یک فنر معین ولی وزنه‌های متفاوت، با جذر جرم وزنه به طور مستقیم متناسب است ($T \propto \sqrt{m}$).</p> <p>ب) دوره تناوب سامانه جرم - فنر با یک وزنه معین ولی فنرهای متفاوت، با جذر ثابت فنر به طور وارون متناسب است ($T \propto 1/\sqrt{k}$).</p> 
$mg = 20 \text{ N}, x = 0 / 2 \text{ m}$ $F_{\text{net}} = 0 \Rightarrow mg = kx \Rightarrow k = \frac{mg}{x} \Rightarrow k = \frac{20 \text{ N}}{0 / 2 \text{ m}} = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ $mg = \Delta N \Rightarrow m = \frac{\Delta N}{9 / 8 (\text{N} / \text{kg})} \approx 0 / 5 \text{ kg}$ $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \times 3 / 14 \sqrt{\frac{0 / 5}{100}} \approx 0 / 44 \text{ s}$ 	<p style="text-align: center;">۳-۱ و ۳-۲ نوسان دوره‌ای و حرکت هماهنگ ساده</p> <p>۱. یک وزنه ۲۰ N را از انتهای یک فنر قائم می‌آویزیم، فنر ۲۰ cm کشیده می‌شود. سپس این فنر را در حالی که به یک وزنه ۵۰ N متصل است روی میز بدون اصطکاکی به نوسان درمی‌آوریم. دوره تناوب این نوسان چقدر است؟</p>

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \rightarrow \frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{m'}{m}} \Rightarrow \frac{3}{2} = \sqrt{\frac{m+2}{m}}$ $\Rightarrow \frac{9}{4} = \frac{m+2}{m} \Rightarrow 9m - 4m = 8 \Rightarrow m = \frac{8}{5} \text{ kg} \Rightarrow m = 1.6 \text{ kg}$	<p>۶. هرگاه جسمی به جرم m به فنری متصل شود و به نوسان درآید، با دوره تناوب $2/s$ نوسان می‌کند. اگر جرم این جسم $2/s \text{ kg}$ افزایش یابد، دوره تناوب $3/s$ می‌شود. مقدار m چقدر است؟</p>
$m = \frac{1600}{4} = 400 \text{ kg}$ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \times 3 / 14 \sqrt{\frac{400 \text{ kg}}{2 \times 10^4 (\text{N/m})}} = 0.89 \text{ s}$ $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.89 \text{ s}} \approx 1.12 \text{ Hz}$ $\omega = \sqrt{\frac{m}{k}} = \sqrt{\frac{2 \times 10^4 (\text{N/m})}{400 \text{ kg}}} = 70.7 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$	<p>۷. جرم خودرویی همراه با سرنشینان آن 1600 kg است. این خودرو روی چهار فنر با ثابت $2/00 \times 10^4 \text{ N/m}$ سوار شده است. دوره تناوب، بسامد، و بسامد زاویه‌ای ارتعاش خودرو وقتی از چاله‌ای می‌گذرد چقدر است؟ فرض کنید وزن خودرو به‌طور یکنواخت روی فنرهای چهارچرخ توزیع شده است.</p>
$A = 3 \times 10^{-2} = 0.3 \text{ m}, f = \Delta \text{ Hz}, T = 0.2 \text{ s}$ $\omega = 2\pi f = 2\pi \times \Delta (\text{Hz}) = 10\pi \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$ $x = (0.3 \text{ m}) \cos 10\pi t$ $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{\Delta \text{ Hz}} = 0.2 \text{ s}$	<p>۸. دامنه نوسان یک حرکت هماهنگ ساده $3/0 \times 10^{-2} \text{ m}$ و بسامد آن $5/\text{Hz}$ است. معادله حرکت این نوسانگر را بنویسید و نمودار مکان-زمان آن را در یک دوره رسم کنید.</p>



<p>$A = 0.04 \text{ m}$</p> <p>$\frac{\Delta T}{4} = 0.05 \text{ s} \Rightarrow T = 0.2 \text{ s} \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.2 \text{ s}} = 10\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$</p> <p>$x = A \cos \omega t \Rightarrow x = (0.04 \text{ m}) \cos 10\pi t$</p> <p>$A = 0.04 \text{ m}$</p> <p>$x = A \cos \omega t \Rightarrow \frac{x}{A} = \cos \omega t \Rightarrow \frac{2}{4} = \cos 10\pi t_1 \Rightarrow \frac{1}{2} = \cos 10\pi t_1$</p> <p>$\cos \frac{\pi}{3} = \cos 10\pi t_1 \Rightarrow \frac{\pi}{3} = 10\pi t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{1}{30} \text{ s}$</p> <p>$F = ma, F = kx \Rightarrow ma = kx$</p> <p>$(\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow k = m\omega^2)$</p> <p>$\Rightarrow ma = m\omega^2 x \Rightarrow a = \omega^2 x = 10\pi^2 \times 0.02 = 20\pi^2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$</p>	<p>الف) نمودار مکان - زمان نوسانگری مطابق شکل زیر است :</p> <p>الف) معادله حرکت این نوسانگر را بنویسید.</p> <p>ب) مقدار t_1 را به دست آورید.</p> <p>ب) اندازه شتاب نوسانگر را در لحظه t_1 محاسبه کنید.</p> 
	<p>۳-۳ انرژی در حرکت هماهنگ ساده</p>
<p>$E = \frac{1}{2} kA^2, E = K + U$</p> <p>$\frac{1}{2} kA^2 = K + U$</p> <p>$\frac{1}{2} \times (74 \text{ N/m}) \times (8 \times 10^{-2} \text{ m})^2 = K + (8 \times 10^{-2} \text{ J}) \Rightarrow K = 15/68 \times 10^{-2} \text{ J}$</p>	<p>۷. دامنه نوسان وزنه‌ای که به یک فنر با ثابت فنر 74 N/m متصل است و در راستای افقی نوسان می‌کند، برابر با 8 cm است. اگر انرژی پتانسیل این نوسانگر در نقطه‌ای از مسیر نوسان، $8 \times 10^{-2} \text{ J}$ باشد، انرژی جنبشی آن در این مکان چقدر است؟ (از نیروهای اتلافی چشم‌پوشی شود.)</p>

<p>الف) $m = 1 \text{ kg}, k = 600 \text{ N/m}, A = 0.09 \text{ m}$</p> <p>ب) $v_{\max} = A\omega = A\sqrt{\frac{k}{m}} = 0.09 \text{ m} \times \sqrt{\frac{600 \text{ N/m}}{1 \text{ kg}}} = 2.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$</p> <p>$U = E - K = \frac{1}{2}kA^2 - \frac{1}{2}mv^2$</p> <p>$\Rightarrow U = \frac{1}{2} \times (600 \text{ N/m}) \times (0.09 \text{ m})^2 - \frac{1}{2} \times (1 \text{ kg}) \times (1/6 \text{ m/s})^2 \Rightarrow U = 1/15 \text{ J}$</p>	<p>۱۱. جسمی به جرم $1/6 \text{ kg}$ به فنری افقی با ثابت 600 N/cm متصل است. فنر به اندازه $9/10 \text{ cm}$ فشرده و سپس رها می‌شود و جسم روی سطح افقی شروع به نوسان می‌کند. با چشم پوشی از اصطکاک الف) دامنه نوسان و تندی بیشینه جسم چقدر است؟ ب) وقتی تندی جسم $1/6 \text{ m/s}$ است، انرژی پتانسیل کنشسانی آن چقدر است؟</p>	<p>۱۱</p>
<p>الف) $\omega = 2\pi \text{ rad/s} \rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi(\text{rad})}{2\pi \text{ rad/s}} = 1 \text{ s}$</p> <p>ب) $t = \frac{T}{4} = \frac{1 \text{ s}}{4} = 0.25 \text{ s}$</p> <p>پ) $t_2 = \frac{T}{2} = \frac{1 \text{ s}}{2} = 0.5 \text{ s}$</p> <p>$E = k + u \rightarrow E = 2k \rightarrow \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = 2 \times \frac{1}{2}mV^2 \rightarrow V = \frac{\sqrt{2}}{2}\omega A$</p> <p>$V = \frac{\sqrt{2}}{2}\omega A \xrightarrow{A=0.05 \text{ m}} V = \frac{\sqrt{2}}{2} \left(2\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right) \times 0.05 \text{ m} \rightarrow v = 0.5\pi\sqrt{2} \text{ m/s}$</p>	<p>۱۲. معادله حرکت هماهنگ ساده یک نوسانگر در SI به صورت $x = (0.05 \text{ m})\cos 20\pi t$ است. الف) در چه زمانی، پس از لحظه صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به بیشترین مقدار خود می‌رسد؟ ب) در چه زمانی، پس از لحظه صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به صفر می‌رسد؟ پ) تندی نوسانگر چقدر باشد تا انرژی جنبشی نوسانگر برابر با انرژی پتانسیل آن شود؟</p>	<p>۱۲</p>
<p>الف) $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \rightarrow \frac{T_{\text{Ostova}}}{T_{\text{Tehran}}} = \frac{\sqrt{g_{\text{Tehran}}}}{\sqrt{g_{\text{Ostova}}}} = \frac{\sqrt{9/8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}{\sqrt{9/78 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 1/0.1$</p> <p>زمان دوره تناوب استوا (T_{Ostova}) بیشتر از زمان دوره تناوب تهران (T_{Tehran}) است. در نتیجه آونگ استوا کندتر حرکت می‌کند.</p>	<p>۱۳. الف) ساعتی آونگ دار (با آونگ ساده) در تهران تنظیم شده است. اگر این ساعت به منطقه‌ای در استوا برده شود، عقب می‌افتد یا جلو؟ مقدار این عقب یا جلو افتادن در یک شبانه‌روز چقدر است؟ ($g_{\text{تهران}} = 9/8 \text{ m/s}^2$ و $g_{\text{استوا}} = 9/78 \text{ m/s}^2$) ب) به نظر شما آیا با افزایش دما، یک ساعت آونگ دار جلو می‌افتد یا عقب؟</p>	<p>۱۳</p>

$$T_{\text{Ostova}} = 1/001 T_{\text{Tehran}}$$

$$\Delta T = T_{\text{Ostova}} - T_{\text{Tehran}} = 0/001 T_{\text{Tehran}} = 0/001 \times 24 \text{h}$$

$$\Delta T = 0/001 \times 86400 \text{s} = 86/4 \text{s}$$

و به اندازه 86/4 s در استوا ساعت عقب می‌افتد.

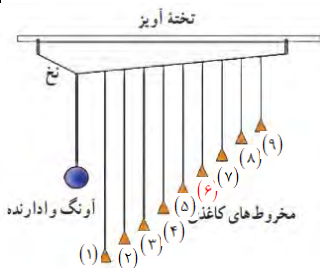
(ب) با افزایش دما، طول افزایش می‌یابد. پس $L_2 > L_1$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{\sqrt{L_2}}{\sqrt{L_1}} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} > 1$$

با توجه به اینکه دوره‌ی تناوب بعد از افزایش دما، عددی بزرگ‌تر از یک می‌باشد، لذا آونگ کندتر و ساعت عقب می‌افتد.

۳-۲ تشدید

فعالیت ۳-۲

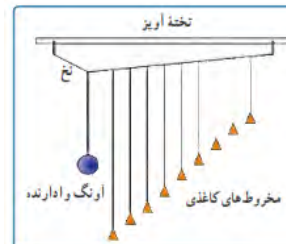


وقتی آونگ وادارنده را به نوسان در می‌آوریم، باعث حرکت نخ آویز شده و در نتیجه سایر آونگ‌ها نوسان می‌کنند. می‌دانیم بسامد

طبیعی آونگ از رابطه $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$ و بسامد وادارنده آونگ از

$$\text{رابطه } f_d = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}} \text{ به دست می‌آید.}$$

با توجه به شکل، طول آونگ e ، با طول آونگ وادارنده برابر است. بنابراین با حرکت آونگ وادارنده، همه آونگ‌ها شروع به نوسان می‌کنند. اما دامنه‌ی نوسان‌های آونگ e ، به تدریج زیاد می‌شود زیرا $f_d = f_0$ است. بنابراین در آونگ e ، تشدید صورت می‌گیرد.



آونگ‌های بارتون^۲: یک آونگ با وزنه سنگین و تعدادی آونگ سبک با طول‌های متفاوت را مطابق شکل سوار کنید. آونگ‌ها روی نخ‌ی سوار شده‌اند که هر دو انتهای آن توسط گیره‌هایی به تخته آویز متصل شده است. به آونگ سنگین اصطلاحاً آونگ وادارنده گفته می‌شود، زیرا به نوسان درآوردن این آونگ در صفحه عمود بر صفحه شکل، موجب تاب خوردن نخ آویز و در نتیجه به نوسان وادارنده سایر آونگ‌ها می‌شود. آونگ وادارنده را به نوسان درآوردید و آنچه را مشاهده می‌کنید توضیح دهید.

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} L_1 = 0.4 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_1}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{0.4 \text{ m}}} = 4.95 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\ L_2 = 0.8 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_2}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{0.8}} = 3.5 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\ L_3 = 1.2 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_3}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{1.2}} = 2.85 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\ L_4 = 2.8 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_4}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{2.8}} = 1.87 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\ L_5 = 3.5 \text{ m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_5}} = \omega = \sqrt{\frac{9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}}{3.5}} = 1.67 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \end{array} \right.$$

در موارد فوق آونگ هایی که بسامد زاویه‌ای آن‌ها در محدوده‌ی بسامد نوسانگر اصلی باشد، با دامنه‌ی بزرگتری نوسان می‌کنند.

هر زلزله از تعداد زیادی نوسان‌های 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 محدوده‌ای از فرکانس وجود دارد که در آن تعداد زیادتری نوسان وجود دارد. در این زمین لرزه، بسامد زلزله با بسامد ساختمان‌های نیمه بلند یکسان بوده و به همین دلیل پدیده‌ی تشدید در ساختمان‌های نیمه بلند اتفاق افتاد. اگر چه در ساختمان‌های کوتاه‌تر و بلندتر، نوسان و لرزش داشت ولی تشدید اتفاق نیفتاد و به همین علت، تخریبی در آن‌ها صورت نگرفت.

تمرین ۳-۲

طول تعدادی آونگ ساده که از میله‌ای افقی آویزان اند، عبارت‌اند از، 0.4 m ، 0.8 m ، 1.2 m ، 2.8 m ، 3.5 m . فرض کنید میله دستخوش نوسان‌هایی افقی با بسامد زاویه‌ای در گستره 2 rad/s تا 4 rad/s بشود. کدام آونگ‌ها با دامنه بزرگ‌تری به نوسان درمی‌آیند؟ (توجه کنید گرچه تشدید در بسامد مشخصی رخ می‌دهد، اما دامنه نوسان در نزدیک این بسامد همچنان بزرگ است).

۱۵

پرستن ۲-۲

در بی‌زمین‌لرزه‌ عظیمی (به بزرگی ۸/۱ در مقیاس ریشتر) که در ساحل غربی مکزیک در سال ۱۹۸۵ اتفاق افتاد ساختمان‌های نیمه‌بلند فرو ریختند، ولی ساختمان‌های کوتاه‌تر و بلندتر با رجا ماندند. علت این پدیده را توضیح دهید.



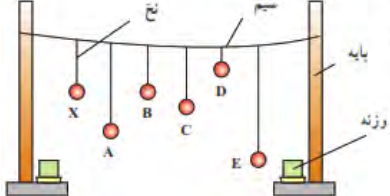
(الف)



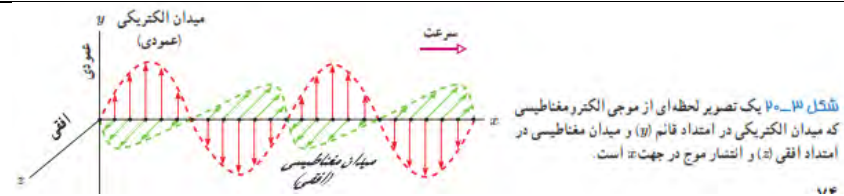
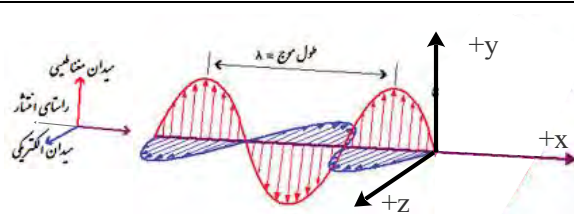
(ب)

(الف) ساختمان‌های کوتاه و (ب) ساختمان‌های بلند، در زمین‌لرزه مکزیکوسیتی بر جای ماندند.

۱۶

<p>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.</p>	<p style="text-align: right;">۳-۴ تشدید</p> <p>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 5Hz دارند. لرزش شدید پل هوایی میلینبوم^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؟</p>	۱۷
<p>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.</p>	<p>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؟</p> 	۱۸

<p>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.</p>  <p>راستای انتشار موج</p>	<p>۳-۵ موج و انواع آن</p> <p>پرسش ۳-۳</p> <p>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.</p> <p>۱۹</p>
<p>الف) دامنه ها برابر و $\lambda > \lambda_f$ ب) $\lambda = \lambda_b$ و $A_b > A$ پ) $\lambda > \lambda_p$ و $A_p > A$</p>	<p>۳-۶ مشخصه های موج</p> <p>پرسش ۴-۳</p> <p>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.</p>  <p>۲۰</p>
$V = \sqrt{\frac{FL}{m}} \rightarrow \begin{cases} V = \sqrt{\frac{226N \times 0.628m}{0.208 \times 10^{-3} kg}} = 826.04 m/s \\ V = \sqrt{\frac{226N \times 0.628m}{3/32 \times 10^{-3} kg}} = 206.75 m/s \end{cases}$	<p>تمرین ۴-۳</p> <p>در سازهای زهی همانند تار، کمانچه و گیتار با سفت یا شل کردن تار، تندی انتشار موج عرضی در تار تغییر می کند. در یک گیتار طول هر تار بین دو انتهای ثابت $0.628m$ است. برای نواختن بالاترین بسامد، جرم تار $2.8g$ و برای نواختن پایین ترین بسامد، جرم تار $3.32g$ است. تارها تحت کششی برابر $226N$ قرار دارند. تندی انتشار موج برای ایجاد این دو بسامد چقدر است؟</p>  <p>۲۱</p>
<p>راستای انتشار عمود بر راستای میدان الکتریکی و مغناطیسی است. و در خلاف جهت محور X می باشد.</p>	<p>پرسش ۵-۳</p> <p>در یک لحظه خاص، میدان الکتریکی مربوط به یک موج الکترومغناطیسی در نقطه ای از فضا در جهت +z و میدان مغناطیسی مربوط به آن در جهت +y است. جهت انتشار در کدام سو است؟ (جهت های +x، +y، +z و -z را مانند شکل ۳-۲ در نظر بگیرید.)</p> <p>۲۲</p>



شکل ۱۳-۱۰ یک تصویر لحظه‌ای از موجی الکترومغناطیسی که میدان الکتریکی در امتداد قائم (y) و میدان مغناطیسی در امتداد افقی (z) و انتشار موج در جهت x است.

۱۱۴

$$L = \frac{\lambda}{4} \rightarrow \lambda = 4 \times 8.5 \text{ cm} = 34 \text{ cm}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} \rightarrow f = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{0.34 \text{ m}} = 8.82 \times 10^8 \text{ Hz}$$

تمرین ۳-۵



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 می‌کند تعیین کنید.

۲۳

فعالیت ۳-۴



مطابق شکل رویه‌رو یک گوشی تلفن همراه را در یک محفظه تخلیه هوای شیشه‌ای آویزان کنید. با برقراری تماس با گوشی، صدای آن را خواهید شنید. ولی با به‌کار افتادن پمپ تخلیه هوا، صدا به تدریج ضعیف و سرانجام خاموش می‌شود، در حالی که امواج الکترومغناطیسی همچنان به گوشی می‌رسند. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۲۴

صوت یک موج مکانیکی است که برای انتشار نیاز به محیط مادی دارد و در خلا منتشر نمی‌شود. ولی امواج الکترومغناطیسی برای انتشار خود، الزاماً به محیط مادی نیاز ندارند و در خلا نیز منتشر می‌شوند.

فعالیت ۵-۳

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

۲۵

نام و جنود طول موج	جنسه	وسایل آشکارسازی	بعضی از ویژگی‌های خاص و کاربرد
رتو گاما (γ) $\lambda_{pm} = 10^{-11}m$	هسته مواد رادیواکتیو و پرتوهای کیهانی	شماریگر گایگر-مولر و فیلم عکاسی	فوتون‌های با انرژی بسیار بالا و با قدرت نفوذ بسیار زیاد، خیلی خطرناک کاربرد: بافت‌های سرطانی را از بین می‌برد، برای یم کردن ترک‌در فلزات، برای ضد عفونی کردن تجهیزات و وسایل
پرتوی ایکس (X) $10^{-8}pm = 10^{-11}m$	لامپ پرتو X	فیلم عکاسی و صفحه فلوروسان	فوتون‌های بسیار پر انرژی و با قدرت نفوذ زیاد، خیلی خطرناک کاربرد: استفاده در پرتونگاری، استفاده در مطالعه ساختار پلورها، معالجه بیماری‌های پوستی، استفاده در پرتودرمانی
فرا بنفش (UV) $10^{-7}m = 10^{-4}m$	خورشید، جسم‌های خیلی داغ، حفره الکتریکی، لامپ بخار جیوه	فیلم عکاسی، فوتوسل	ویژگی‌ها: توسط شبیهه جذب می‌شود، سبب بسیاری از واکنش‌های شیمیایی می‌شود، باخته‌های زنده را از بین می‌برد کاربرد: لامپ‌های UV در پزشکی
فوق بنفش $10^{-6}m = 6 \times 10^{-7}m$ (سبز)	خورشید، جسم‌های داغ، لیزرها	چشم، فیلم عکاسی، فوتوسل	ویژگی‌ها: در دین اجسام نقش اساسی دارد، برای رشد گیاهان و عمل فتوسنتز نقش حیاتی دارد کاربرد: در سیستم‌های مخابراتی (لیزر و تارهای نوری) مورد استفاده قرار می‌گیرد
فروسرخ (IR) $10^{-3}m = 10^{-4}m$	خورشید، جسم‌های گرم و داغ	فیلم‌های مخصوص عکاسی	ویژگی: هنگامی که جذب می‌شود، پوست را گرم می‌کند کاربرد: برای گرم کردن، برای فیلم برداری و عکاسی در مه و تاریکی، عکاسی IR توسط ماهواره‌ها
رادیویی (VHF) 3m	اجزای مایکروویو، آنتن‌های رادیویی و تلویزیونی	رادیو و تلویزیون	کاربرد: در آنتن‌ری، رادیو، تلویزیون، مخابرات ماهواره‌ای و در رادارها برای آشکارسازی هواپیما، موشک و کشتی

پوشی ۶-۳

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

۲۶



الف) دیاپازون از یک فلزی دوشاخه‌ای درست می‌شود که انتهای آنها بر هم کویل می‌شود اگر ضربه‌ای به یکی از شاخه‌ها بزنیم هوای داخل آنرا متراکم می‌کند و چون ته دیاپازون کویل شده (بسته) است، دیاپازون بصورت یک لوله صوتی بسته عمل می‌کند و فیزیک امواج در رفت و برگشت به صورت امواج ساکن ظاهر می‌شوند که در حالت تشدید نوسانات صدای صوت آنرا می‌شنویم.

البته هامورنیک‌های غیر از صوت اصلی با بقیه تداخل می‌کنند و ما صوت مرکبی را می‌شنویم. اهمیت دیاپازون در این است که ارتعاشات آن صدای خالص تولید می‌کند (صدای خالص آن است که ارتعاشات آن با تابع سینوسی نشان داده شود)، به علاوه فرکانس آن همیشه ثابت می‌ماند. از این رو دیاپازون را می‌توان آلت دقیقی برای نت‌های موسیقی دانست و صحت صداها و نت‌های مختلف را با آن کنترل نمود. چنانچه ارتعاش دیاپازون را با وسایل الکتریکی پایا سازیم، می‌تواند برای کنترل مدارهای الکتریکی بکار رود. از ثابت ماندن فرکانس دیاپازون برای تعیین اجزا زمان استفاده می‌نمایند و اگر دیاپازون را با دقت کامل ساخته باشند می‌توان با دقتی در حدود یک ده هزارم ثانیه اجزا زمان را اندازه

<p>گرفت. امروزه بواسطه ترقی صنعت، ساختن و استعمال این قبیل دیپازون‌ها امری عادی است و چنانچه در انتخاب فلز دقت به عمل آید و سایر احتیاطات نیز لحاظ گردد، دقت دیپازون تا یک میلیونیم ثانیه می‌رسد.</p> <p>دیپازون وسیله‌ای فلزیست دارای دو شاخه که انتهای آنها به یک پایه مشترک وصل شده است. با وارد شدن ضربه به یکی از شاخه‌ها هوای داخل آن متراکم می‌شود و از آنجا که نه دیپازون بسته است، این پدیده باعث به وجود آمدن امواج ساکن می‌شود 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.</p> <p>ب) حشرات هنگام پرواز بال‌های خود را حرکت می‌دهند که با حرکت بال‌هایشان هوای اطراف را منبسط و منقبض کرده و صوت ایجاد می‌شود.</p> <p>پشه‌ها و مگس‌ها برخلاف بقیه حشرات تنها دو بال دارند و بقیه حشرات ۴ بال دارند. گفتنی است، در پشه‌ها و مگس‌ها ۲ تا از ۴ بال به صورت اندام‌های کوچکی درآمده‌اند که دمبل نامیده می‌شود و هنگام پرواز به بال‌ها می‌خورند و این صدای ویز ویز یا سوت هم نتیجه همین برخورد است. دمبل‌ها به پرواز این حشرات کمک‌های زیادی می‌کنند و باعث افزایش تعادل و قدرت مانور زیاد حشرات می‌شود.</p>	
<p>چطور تندی/ سرعت صدا در هوا را اندازه‌گیری می‌کنند؟</p> <p>یک نفر تفنگ خود را آتش می‌کند. شخصی دیگر که در سمت دیگر و در ۱۶۰۰ متری او ایستاده است، ۵ ثانیه بعد صدای تیر را می‌شنود.</p> <p>بنابراین، موج صدا در هر ۵ ثانیه، ۱۶۰۰ متر راه می‌پیماید. پس: سرعت صوت در هر ثانیه، ۳۲۰ متر بر ثانیه است.</p> <p>چطور تندی/ سرعت صدا را در آب اندازه‌گیری می‌کنند؟</p> <p>سرعت صوت را در زیر آب، با فرستادن موج‌های صوتی از یک قایق به قایق دیگر اندازه می‌گیرند. سرعت صوت در آب، حدود ۱۴۶۰ متر بر ثانیه است. برگرفته از: کتاب: صوت نوشته: جی. استفنسن</p>	<p>فعالیت ۲-۶</p> <p>اندازه‌گیری تندی صوت: یک روش ساده برای اندازه‌گیری تندی صوت به این ترتیب است: دو میکروفون را مطابق شکل به یک زمان‌سنج حساس متصل کنید. این زمان‌سنج می‌تواند بازه‌های زمانی را با دقت میلی‌ثانیه اندازه‌گیری کند. وقتی چکش را به صفحه فلزی بکوبیم، امواج صوتی که به سمت دو میکروفون روانه می‌شوند، نخست میکروفون نزدیک‌تر و سپس میکروفون دورتر را متأثر می‌سازند. اختلاف فاصله میکروفون‌ها از محل برخورد چکش با صفحه فلزی را اندازه می‌گیریم. با استفاده از زمان‌سنج می‌توانیم تأخیر زمانی بین دریافت صوت توسط دو میکروفون را ثبت کنیم. اکنون با استفاده از رابطه $v = \Delta x / \Delta t$ می‌توانیم تندی صوت را در هوا بیابیم. در صورتی که این اسباب را در مدرسه دارید یا استفاده از آن، تندی صوت را در هوا اندازه بگیرید.</p>
<p>اگر تندی صوت در هوا V_a و اگر تندی صوت در میله V_b</p> $\Delta T = \frac{\Delta x}{V_a} - \frac{\Delta x}{V_b} = \frac{(V_b - V_a)\Delta x}{V_a V_b} \rightarrow \Delta x = \frac{V_a V_b}{V_b - V_a} \Delta t$	<p>تمرین ۳-۶</p> <p>شخصی با چکش به انتهای میله باریک بلندی ضربه‌ای می‌زند. تندی صوت در این میله ۱۵ برابر تندی صوت در هوا است. شخص دیگر که گوش خود را نزدیک به انتهای دیگر میله گذاشته است، دو صدا را که یکی از میله می‌آید و دیگری از هوای اطراف میله، با اختلاف زمانی $1/25$ s می‌شنود. اگر تندی صوت در هوا 340 m/s باشد، طول میله چقدر است؟</p>

$$\rightarrow \Delta x = \frac{v_a(15v_a)}{15v_a - v_a} \Delta t = \frac{15v_a}{14v_a} \Delta t = \frac{15 \times 340 \text{ m/s}}{14} \times 0.12 \text{ s} = 43.7 \text{ m}$$

$$\beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) = (10 \text{ dB}) \log(I_1 - I_0)$$

$$\beta_2 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) = (10 \text{ dB}) \log(I_2 - I_0)$$

$$\beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log(I_2 - I_1) \rightarrow \beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_2}{I_1}\right)$$

$$\beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{10 \cdot I_1}{I_1}\right) \rightarrow \beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log(10) = (10 \text{ dB})(1) = 10 \text{ dB}$$

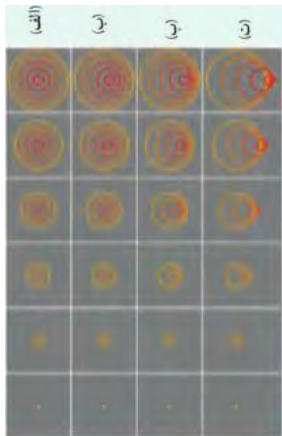
تمرین ۳-۷

با زیاد کردن صدای تلویزیونی، شدت صوتی که به گوش ما می‌رسد 10^3 برابر می‌شود. تراز شدت صوتی که می‌شنویم چند دسی‌بل افزایش یافته است؟

۲۹

الف) تندی چشمه‌ها به ترتیب از شکل (الف) تا شکل (ت) افزایش می‌یابند

ب) در شکل‌های (الف) تا (پ) تندی چشمه‌ها کوچکتر از تندی صوت است ولی در شکل (ت) این تندی بیشتر از تندی صوت می‌شود.

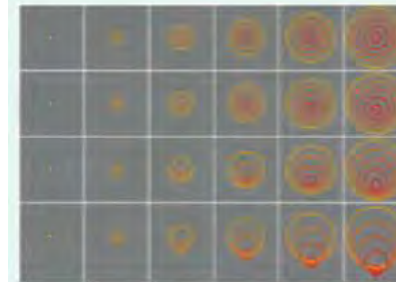


شکل‌ها را به ترتیب بررسی می‌کنیم. ساده‌تر آن است که فرض کنیم شکل‌ها ۹۰ پادساعتگرد چرخیده‌اند. در این صورت به جای تحلیل مسئله از دید ناظر پایین‌شکل، مسئله را از دید ناظر سمت راست بررسی می‌کنیم.

در شکل (الف)، یک چشمه صوت ساکن امواج کروی گسیل می‌کند. که فاصله شعاعی بین جبهه‌های موج یکسان است. در شکل‌های (ب) و (پ) چشمه صوت به سمت راست حرکت کرده است. تنها تفاوت شکل‌های (ب) و (پ) در این است که تندی چشمه صوت در (ب)

بیشتر از این تندی در (ب) است و بدین ترتیب ازدحام جبهه‌های موج در جلوی چشمه گسیلنده شکل (پ) بیشتر از شکل (ب) است. ناظری که در سمت راست چشمه‌ها قرار گرفته است در واحد زمان جبهه‌های موج بیشتری را از (پ) نسبت به (ب) دریافت می‌کند و بنابراین بسامدی که می‌شنود نیز

پوش ۳-۷



در هر ردیف شکل روبه‌رو، جبهه‌های موج متوالی حاصل از یک چشمه را می‌بینید.
الف) تندی چشمه‌ها را با هم مقایسه کنید.
ب) تندی هر چشمه را با تندی صوت مقایسه کنید.

۳۰

بالتر است. با این حال در هر دوی این شکل ها تندی چشمه صوت کمتر از تندی صوت است. اما در شکل (ت) چشمه صوت با تندی ای بزرگ تر از تندی صوت به سمت راست حرکت می کنند، زیرا سریع تر از جبهه های موج در حرکت است. در این شکل ها به رنگ های به کار گرفته شده زرد و قرمز توجه کنید. در شکل (ت) که چشمه صوت با تندی بزرگ تر از جبهه های موج ایجاد شده حرکت می کند، منحنی های قرمز از زرد بیرون زده اند و مخروطی ایجاد شده است که به آن مخروط ماخ می گویند. در چنین وضعیت های دیگر معادله هایی که برای اثر دوپلر ارائه می شوند به کار نمی آیند.

۳-۳ و ۵-۳ موج و انواع آن، و مشخصه های موج

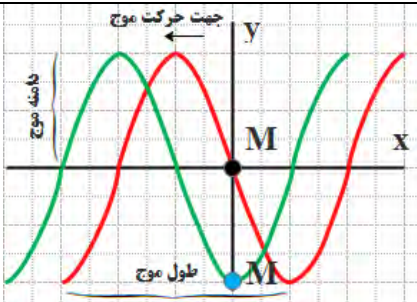
۱۱۱. یک نوسان ساز موج هایی دوره ای در یک ریسمان کشیده ایجاد می کند.
الف) با افزایش بسامد نوسان ساز کدام یک از کمیت های زیر تغییر نمی کند؟ بسامد موج، تندی موج، طول موج.
ب) حال اگر به جای افزایش بسامد، کشش ریسمان را افزایش دهیم، هر یک از کمیت های زیر چه تغییری می کند؟ بسامد موج، تندی موج، طول موج.

۳۱

الف) 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.

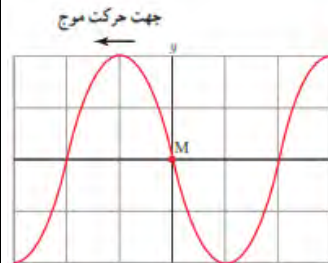
۱۱۲. شکل زیر یک تصویر لحظه ای از موجی عرضی در یک ریسمان کشیده شده را نشان می دهد. موج به سمت چپ حرکت می کند.
الف) با رسم این موج در زمان $T/4$ بعد، نشان دهید جزء M ریسمان در این مدت در چه جهتی حرکت کرده است. همچنین روی این موج، دامنه موج و طول موج را نشان دهید.
ب) اگر طول موج ۵/۰ cm و تندی موج ۱۰ cm/s باشند، بسامد موج را به دست آورید.
پ) تعیین کنید موج در مدت $T/4$ چه مسافتی را پیموده است؟

۳۲

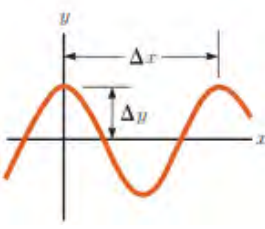
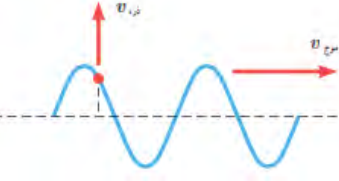
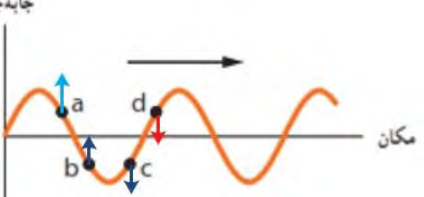
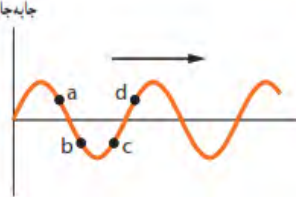
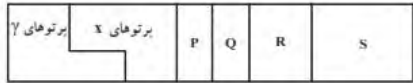


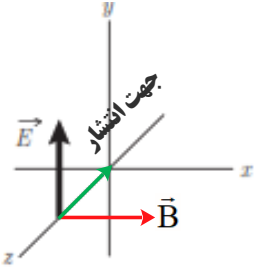
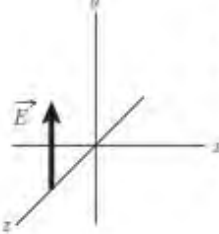
الف) $\lambda = \frac{V}{f} \rightarrow$
ب) $\Delta / \text{cm} = \frac{10 \text{ cm}}{f} \rightarrow f = 2 \text{ Hz}$

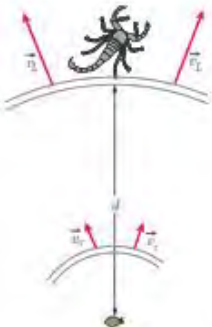

پ) $L = \frac{\lambda}{4} \rightarrow L = \frac{5 \text{ cm}}{4} = 1/25 \text{ cm}$

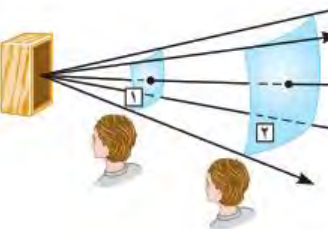


الف)
ب)
پ)

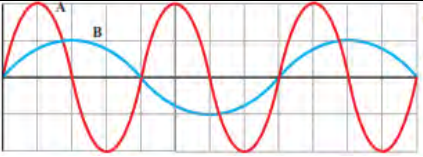
$\lambda = \Delta x = 40 / 0 \text{ cm}$ $A = \Delta y = 15 / 0 \text{ cm}$ $\lambda = \frac{V}{f} \rightarrow 40 \times 10^{-2} \text{ m} = \frac{V}{\lambda \text{ Hz}} \rightarrow V = 3 / 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $T = \frac{1}{f} \rightarrow T = \frac{1}{\lambda} \text{ s} = 0 / 125 \text{ s}$	<p>۱۴. در نمودار جابه‌جایی - مکانی موج عرضی شکل زیر</p>  <p>اگر بسامد نوسان‌های چشمه $f = 0 \text{ Hz}$ باشد، طول موج، دامنه، تندی و دوره تناوب موج چقدر است؟</p>	۳۳												
<p>تندی انتشار موج (V موج) به جنس و ویژگی‌های محیط انتشار بستگی دارد و از رابطه $V = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ به دست می‌آید. هر ذره نیز با انتشار موج در محیط با تندی (V ذره) نوسان می‌کند که در نقاط مختلف متغیر است. در شکل داده شده V ذره بر V موج عمود است.</p>	<p>۱۵. شکل زیر موجی عرضی در یک ریسمان را نشان می‌دهد که با تندی v به سمت راست حرکت می‌کند، در حالی که تندی ذره نشان داده شده ریسمان v_r است. آیا این دو تندی با هم برابرند؟ توضیح دهید.</p> 	۳۴												
<p>جابه‌جایی</p>  <p>مکان</p>	<p>۱۶. شکل زیر یک موج سینوسی را در لحظه‌ای از زمان نشان می‌دهد که در جهت محور x در طول ریسمان کشیده شده‌ای حرکت می‌کند. چهار جزء از این ریسمان روی شکل نشان داده شده‌اند. در این لحظه هر یک از این چهار جزء بالا می‌روند یا پایین؟</p>  <p>مکان</p>	۳۵												
$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \rightarrow V = \sqrt{\frac{FL}{M}} \rightarrow V = \sqrt{\frac{FL}{\rho V}} = \sqrt{\frac{FL}{\rho AL}} \rightarrow V = \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$ $\rightarrow V = \sqrt{\frac{156 \text{ N}}{(\gamma / \lambda \times 10^{-2} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}) \times 0 / 50 \times 10^{-6}}}} = 200 \text{ m/s}$	<p>۱۷. سیمی با چگالی $\gamma / \lambda = \text{g/cm}^3$ و سطح مقطع 50 mm^2 بین دو نقطه با نیروی 156 N کشیده شده است. تندی انتشار موج عرضی را در این سیم محاسبه کنید.</p>	۳۶												
<p>(الف)</p> <table border="1" data-bbox="126 1226 1060 1421"> <thead> <tr> <th>پرتوهای γ</th> <th>پرتوهای X</th> <th>فرابنفش P</th> <th>نور مرئی Q</th> <th>فروسرخ R</th> <th>رادیویی S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>γ</td> <td>X</td> <td>P</td> <td>Q</td> <td>R</td> <td>S</td> </tr> </tbody> </table>	پرتوهای γ	پرتوهای X	فرابنفش P	نور مرئی Q	فروسرخ R	رادیویی S	γ	X	P	Q	R	S	<p>۱۸. شکل زیر طیف موج‌های الکترومغناطیسی را با یک مقیاس تقریبی نشان می‌دهد.</p>  <p>(الف) نام قسمت‌هایی از طیف را که با حروف علامت‌گذاری شده‌اند، بنویسید.</p> <p>(ب) اگر در طول طیف از چپ به راست حرکت کنیم، مقدار کدام مشخصه‌های موج افزایش یا کاهش می‌یابد و کدام ثابت می‌ماند؟</p>	۳۷
پرتوهای γ	پرتوهای X	فرابنفش P	نور مرئی Q	فروسرخ R	رادیویی S									
γ	X	P	Q	R	S									

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

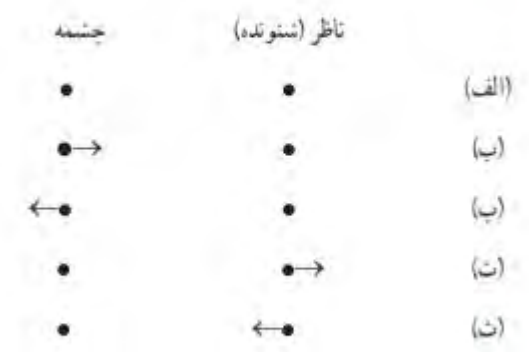
$V_L > V_T \rightarrow (\Delta t)_L < (\Delta t)_T$ $(\Delta t)_L = t_L \quad ; \quad (\Delta t)_T = t_T$ $\Delta t = t_T - t_L \rightarrow \Delta t = \frac{d}{V_T} - \frac{d}{V_L} \rightarrow 4/0 \times 10^{-3} \text{ s} = \frac{d}{50 \frac{\text{m}}{\text{s}}} - \frac{d}{150 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{2d}{150 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$ $d = \frac{150 \times 4/0 \times 10^{-3} \text{ m}}{2} = 0/3 \text{ m} = 30 \text{ cm}$	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%;"> <p>۴۱. عقرب‌های ماسه‌ای وجود طعمه را با امواجی که بر اثر حرکت طعمه در ساحل شنی ایجاد می‌شود، احساس می‌کنند. این امواج که در سطح ماسه منتشر می‌شوند، بر دو نوع‌اند: امواج عرضی با تندی $v_T = 5 \text{ m/s}$ و امواج طولی با تندی $v_L = 15 \text{ m/s}$. عقرب ماسه‌ای می‌تواند با استفاده از اختلاف زمانی بین زمان رسیدن این امواج به نزدیک‌ترین پای خود، فاصله خود از طعمه را تعیین کند. اگر این اختلاف زمان برابر $\Delta t = 4/0 \text{ ms}$ باشد، طعمه در چه فاصله‌ای از عقرب قرار دارد؟</p> </div> </div>
<p>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.</p>	<p>۴۲. توضیح دهید کدام یک از عامل‌های زیر بر تندی صوت در هوا مؤثر است.</p> <p>الف) شکل موج ب) دامنه موج ب) بسامد موج ت) دمای هوا</p>
<p>الف) ب)</p> $\omega = 2\pi f \rightarrow \omega = 2(3/14)(6/7 \times 10^6 \text{ Hz}) = 42/0 \times 10^6 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 4/2 \times 10^7 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ $\lambda = \frac{v}{f} \rightarrow \lambda = \frac{150 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{6/7 \times 10^6 \text{ Hz}} \rightarrow \lambda = 2/24 \times 10^{-7} \text{ m}$	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%;"> <p>۴۳. در سونوگرافی معمولاً از کاوه‌ای دستی موسوم به تراگذار فراصوتی^۱ برای تشخیص بزنبکی استفاده می‌شود که دقیقاً روی ناحیه موردنظر از بدن بیمار گذاشته و حرکت داده می‌شود. این کاوه در بسامد $6/7 \text{ MHz}$ عمل می‌کند. الف) بسامد زاویه‌ای در این کاوه نوسان چقدر است؟ ب) اگر تندی موج صوتی در بافتی نرم از بدن 150 m/s باشد، طول موج این موج در این بافت چقدر است؟</p> </div> </div>

<p>(الف)</p> <p>هوای فلز $V' > V$ فلز $t' < t$</p> $\Delta t = t - t' \rightarrow \Delta t = \frac{L}{V} - \frac{L}{V'} \rightarrow \Delta t = \frac{L(V' - V)}{V \times V'}$ <p>(ب)</p> $\Delta t = \frac{L(V' - V)}{V \times V'} \rightarrow 1/0.05 = \frac{L(5941 - 340)}{340 \times 5941} \rightarrow 1/0.05 = \frac{5601L}{2019940}$ $\rightarrow L = 360/6 \text{ m}$	<p>۴۴</p> <p>۱۵۵. تندی صوت در یک فلز خاص، برابر v_1 است. به یک سر لوله توخالی بلندی از جنس این فلز به طول L ضربه محکمی می‌زنیم. شنونده‌ای که در سر دیگر این لوله قرار دارد دو صدا را می‌شنود. یکی ناشی از موجی است که از دیواره لوله می‌گذرد و دیگری از موجی است که از طریق هوای داخل لوله عبور می‌کند.</p> <p>(الف) اگر تندی صوت در هوای v_2 باشد، بازه زمانی Δt بین دریافت این دو صدا در گوش شنونده چقدر خواهد بود؟ (ب) اگر $\Delta t = 1/0.05 \text{ s}$ و فلز از جنس فولاد باشد، طول L لوله چقدر است؟ ($v_2 = 340 \text{ m/s}$)</p>
$I_1 = \frac{\bar{P}}{A_1} = \frac{1/2 \times 10^{-4} \text{ W}}{4 \text{ m}^2} = 3 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$ $I_2 = \frac{\bar{P}}{A_2} = \frac{1/2 \times 10^{-4} \text{ W}}{12 \text{ m}^2} = 1 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$ <p>شنونده دوم توان بر واحد سطح کمتری از شنونده اول دریافت می‌کند.</p>	<p>۴۵</p> <p>۱۵۶. موجی صوتی با توان $1/2 \times 10^{-4} \text{ W}$ عمود بر جهت انتشار از دو صفحه فرضی (شکل ۳-۲۶) می‌گذرد. با فرض اینکه مساحت صفحه‌ها 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 آهسته‌تر می‌شنود.</p> 
$\beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{10^{-2} \text{ W/m}^2}{10^{-12} \text{ W/m}^2}\right) = 10^2 \text{ dB}$	<p>۴۶</p> <p>۱۵۷. شدت صدای حاصل از یک مته سنگ‌شکن در فاصله $1/0 \text{ m}$ از آن $1/0 \times 10^{-2} \text{ W/m}^2$ است. تراز شدت صوتی آن بر حسب dB چقدر می‌شود؟</p>

$\beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) \rightarrow 28 \text{ dB} = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_1}{10^{-12} \text{ W/m}^2}\right)$ $\rightarrow 2/10 = \log\left(\frac{I_1}{10^{-12} \text{ W/m}^2}\right) \rightarrow \frac{I_1}{10^{-12} \text{ W/m}^2} = 10^{2/10}$ $\rightarrow I_1 = 10^{2/10} \times 10^{-12} \text{ W/m}^2 = 10^{-9/5} \text{ W/m}^2 = 10^{-1.8} \times 10^{-10} \text{ W/m}^2$ $I_1 = 6/31 \times 10^{-10} \text{ W/m}^2$ $\beta = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \rightarrow I = I_0 \cdot 10^{\left(\frac{\beta}{10 \text{ dB}}\right)} \quad \text{یا}$ $\beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right) \rightarrow I_1 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \times 10^{\left(\frac{28 \text{ dB}}{10 \text{ dB}}\right)} = 6/31 \times 10^{-10} \text{ W/m}^2$ $\beta_2 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_2}{I_0}\right) \rightarrow I_2 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \times 10^{\left(\frac{92 \text{ dB}}{10 \text{ dB}}\right)} = 1/58 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2$	<p>۴۷. #۸. اگر به مدت ۱۰ دقیقه در معرض صوتی با تراز شدت ۱۲۰ dB باشیم، آستانه شنوایی به طور موقت از ۲۸ dB به ۹۲ dB افزایش می‌یابد. مطالعات نشان داده است که به طور متوسط اگر به مدت ۱۰ سال در معرض صدایی با تراز شدت ۹۲ dB قرار گیریم، آستانه شنوایی به طور دائم به ۲۸ dB افزایش می‌یابد. شدت‌های صوت مربوط به ۲۸ dB و ۹۲ dB چقدر است؟ (راهنمایی: برای پاسخ دادن لازم است از ماشین حساب مناسب استفاده کنید.)</p>
$\beta_2 - \beta_1 = (10 \text{ dB}) \log\left(\frac{I_2}{I_1}\right) \rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 10^{\left(\frac{\Delta\beta}{10 \text{ dB}}\right)} = 10^{\left(\frac{5 \text{ dB}}{10 \text{ dB}}\right)} = 10^{0.5} = 3/16$	<p>۴۸. #۹. 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 می‌کند. شدت‌های مربوط به این دو تراز (برحسب W/m^2) به ترتیب I_1 و I_2 هستند. نسبت I_2/I_1 را تعیین کنید.</p>

$I = \frac{\bar{P}}{A} = \frac{\bar{P}}{4\pi r^2} \rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{\bar{P}}{4\pi r_1^2}}{\frac{\bar{P}}{4\pi r_2^2}} = \frac{r_2^2}{r_1^2} = \left(\frac{16 \cdot \text{m}}{64 \cdot \text{m}}\right)^2 = \left(\frac{1}{4}\right)^2$ $\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{1}{4}\right)^2 \rightarrow I_2 = 16I_1 = 16 \times 0.1 \text{ W/m}^2 = 1.6 \text{ W/m}^2$	<p>۴۹. در یک آتش‌بازی، موشکی در بالای آسمان منفجر می‌شود. فرض کنید صوت به‌طور یکنواخت در تمام جهات‌ها منتشر شود. از جذب انرژی صوتی در محیط و نیز از بازتابی که ممکن است امواج صوتی از زمین پیدا کند چشم‌پوشی کنید. با فرض اینکه صوت با شدت $I = 0.1 \text{ W/m}^2$ به شنونده‌ای برسد که به فاصله $r_1 = 64 \text{ m}$ از محل انفجار قرار دارد، این صوت به شنونده‌ای که در فاصله $r_2 = 16 \text{ m}$ از محل انفجار قرار دارد با چه شدتی می‌رسد؟</p>
<p>بر طبق شکل $\lambda_B = 2\lambda_A$ ، $A_A = 2A_B$</p> $V_A = V_B \rightarrow \frac{f_B}{f_A} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{1}{2}$ $E = 2\pi^2 m A^2 f^2$ $I = \frac{\bar{P}}{4\pi r^2} = \frac{E}{4\pi r^2 t} \rightarrow I = \frac{2\pi m A^2 f^2}{4\pi r^2}$ $\frac{I_B}{I_A} = \frac{A_B^2 f_B^2}{A_A^2 f_A^2} = \frac{A_B^2 f_B^2}{(2A_B)^2 (2f_B)^2} = \frac{1}{16} \rightarrow I_A = 16I_B$	<p>۵۰. نمودار جابه‌جایی - مکان دو موج صوتی A و B که در یک محیط منتشر شده‌اند، به‌صورت زیر است. دامنه، طول موج، بسامد و شدت این دو موج صوتی را با هم مقایسه کنید.</p> 

۱۱۱۱ شکل زیر جهت‌های حرکت یک چشمه صوتی و یک ناظر (شنونده) را در وضعیت‌های مختلف نشان می‌دهد.



بسامدی را که ناظر در حالت‌های مختلف می‌شنود با حالت الف مقایسه کنید.

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

چشمه به ناظر نزدیک می‌شود. $f_{\text{ب}} > f_{\text{الف}}$

با دور شدن چشمه، از بسامدی که ناظر اندازه می‌گیرد کم می‌شود و بنابراین در حالت (پ) کاهش بسامد داریم

چشمه از ناظر دور می‌شود. $f_{\text{پ}} > f_{\text{الف}}$

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

ناظر از چشمه دور می‌شود. $f_{\text{ت}} > f_{\text{الف}}$

در حالت (ث) ناظر به هدف چشمه حرکت کند با جبهه‌های موج بیشتری مواجه می‌شود که به معنی افزایش بسامد است.

ناظر به چشمه نزدیک می‌شود. $f_{\text{ث}} > f_{\text{الف}}$

۷-۳ بازتاب موج

فعالیت ۷-۳

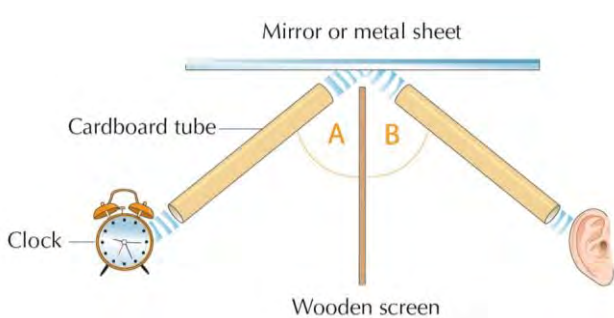
با اسباب نشان داده شده در شکل روبه‌رو، می‌توان زاویه تابش و زاویه بازتابش را در امواج صوتی اندازه‌گیری کرد. با استفاده از این اسباب، قانون بازتاب عمومی را برای امواج صوتی تحقیق کنید.



نمایشی از اسباب آزمایش بازتاب صوت

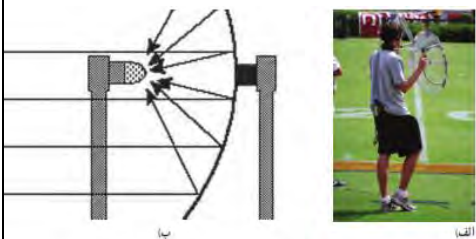
۵۲

این اسباب شامل دو لوله متصل به دو دهانه است که یکی نقش دهانه ورودی صدا و دیگری نقش گوشه 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 گوشه 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



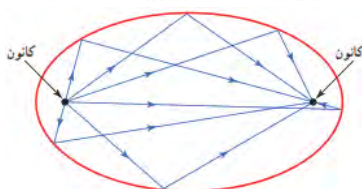
لوله دوم ثابت شود، با واری زاویه لوله اول یا مانع (خط عمود بر دیواره بازتابنده) و زاویه لوله دوم با مانع، در می‌یابیم که بیشترین بلندی دریافتی به ازای برابر بودن زاویه تابش و زاویه بازتاب حاصل می‌شود.

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 دوردست، و صداهای میداین ورزشی (شکل الف)، و نیز استراق سمع است. شکل ب طرحی از چگونگی کار این دستگاه را نشان می‌دهد.

دستگاه لینو تریپسی 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.



فعالیت ۸-۳

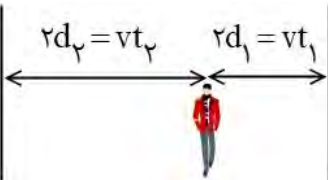
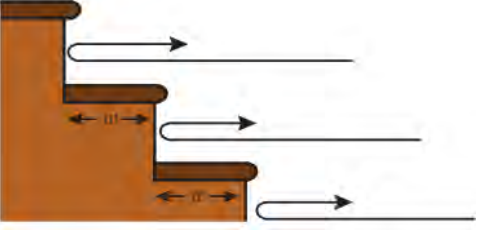

درباره میکروفون سهموی که از آن برای ثبت صداهای ضعیف و دستگاه لیتوتریپسی که از آن برای شکستن سنگ‌های کلیه، با کمک بازتابنده‌های بیضوی استفاده می‌شود تحقیق کنید.

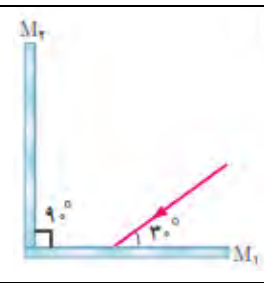
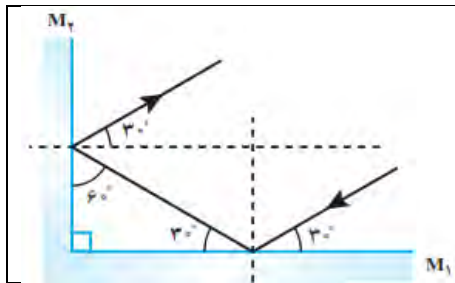


تصویری از یک میکروفون سهموی

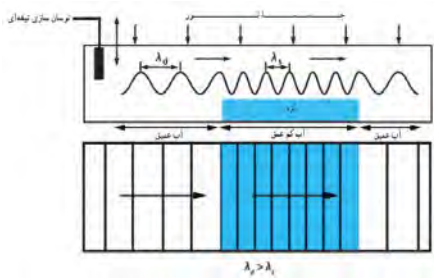
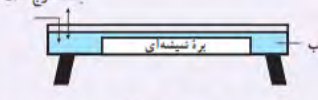
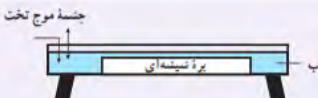
۵۳

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

<p>الف) $2d_1 = vt_1 \rightarrow v = \frac{2d_1}{t_1} = \frac{480 \cdot m}{1/\Delta s} = 320 \cdot m/s$</p> <p>ب) $d_2 = \frac{vt_2}{2} = \frac{(320 \cdot m/s) \times (2/\Delta s)}{2} = 40 \cdot m$</p> <p>$d = d_1 + d_2 = 40 \cdot m + 240 \cdot m = 280 \cdot m$</p> 	<p>۳-۷ بازتاب موج</p> <p>۳۳۳. دانش آموزی بین دو صخره قائم ایستاده است و فاصله او از صخره نزدیکتر $m=240$ است. دانش آموز فریاد می زند و اولین پژواک صدای خود را پس از $s=1/5$ و صدای پژواک دوم را $s=1/3$ بعد از پژواک اول می شنود. الف) تندی صورت در هوا چقدر است؟ ب) فاصله بین دو صخره را بیابید.</p>	<p>۵۷</p>
<p>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.</p> <p>$f = \frac{1}{\Delta t} = \frac{v}{2w}$</p> <p>این صدا به صورت رشته‌های دوره‌ای از تپها باز می‌گردد و مانند یک نت نواخته شده درک می‌شود. بدیهی است اگر پهنای پله‌ها کوچک‌تر باشد، با توجه به اینکه $f \propto \frac{1}{w}$ است، بسامد ادراک شده بیشتر می‌شود.</p> <p>مسیر تپهای متوالی که هر کدام از یک پله نشأت گرفته‌اند، موازی نیست و بسامد ثابتی را برای رشته تپهای متوالی درک نمی‌کنید؛ بلکه گستره‌ای از بسامدها را درک می‌کنید که به تدریج کم می‌شوند. به طوری که بسامد دریافتی از پله‌های پایینی (که تپهای بازتابیده از آنها را زودتر می‌شنویم) بیشتر از بسامد دریافتی از پله‌های بالایی است که تپهای بازتابیده از آنها را دیرتر می‌شنویم) و بدین ترتیب صدا را به صورت رشته‌ای دوره‌ای از تپها می‌شنوید.</p> 	<p>۳۳۴. اگر در فاصله مناسبی از یک رشته پلکان بلند بایستید و یک بار کف بزنید، پژواکی بیشتر از یک صدای برهم زدن دست می‌شنوید. نمونه جالبی از این پدیده در برابر رشته پله‌های معبد قدیمی کوکولکان^۱ در مکزیک رخ می‌دهد. این معبد از ۹۲ پله سنگی تشکیل شده است. در مورد چنین پژواکی توضیح دهید.</p>  <p>تصویری از معبد کوکولکان</p>	<p>۵۸</p>
<p>ناشی از بازتاب پخشنده است.</p>	<p>۳۳۵. وقتی یک باریکه لیزر را به دیوار کلاس می‌تابانیم، همه دانش‌آموزان نقطه رنگی ایجاد شده روی دیوار را می‌بینند. دلیل آن چیست؟</p>	<p>۵۹</p>



۱۱۷. در شکل زیر پرتوهای بازتابیده از آینه‌های تخت M_1 و M_2 را رسم کنید.

	<p style="text-align: right;">۸-۳ شکست موج</p>
<p>وقتی موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد موج عبوری تغییری نمی کند، زیرا بسامد توسط چشمه موج تعیین می شود، اما تندی در قسمت نازک طناب بیشتر است و بنابر رابطه $\lambda = v/f$ در می یابیم طول موج عبوری بیشتر از طول موج فرودی می شود.</p>	<p style="text-align: right;">پرسش ۸-۳</p> <p>اگر موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد، تندی، و طول موج عبوری در مقایسه با موج فرودی چه تغییری می کند؟</p>
<p>وقتی جبهه های موج به مرز می رسند، بسامد موج تغییری نمی کند</p> <p>طول موج فرودی مربوط به ناحیه عمیق $\lambda_1 = \lambda_d$</p> <p>طول موج فرودی مربوط به ناحیه کم عمق $\lambda_p = \lambda_s$</p> <p>$v_s = 0.4 v_d$, $\lambda_d = 10 \text{ cm}$</p> <p>$f = \frac{v_d}{\lambda_d} \rightarrow v_d = 10 \text{ cm} \times 5 \text{ Hz} = 50 \text{ cm/s}$</p> <p>$f = \frac{v_s}{\lambda_s} = \frac{v_d}{\lambda_d} \rightarrow \lambda_s = \frac{v_s}{f} = \frac{0.4 v_d}{f}$</p> <p>$= \frac{0.4 \times 50 \text{ cm/s}}{5 \text{ Hz}} = 4 \text{ cm}$</p> 	<p style="text-align: right;">تمرین ۹-۳</p> <p>در یک تشت موج به کمک یک نوسان ساز تیغهای که با بسامد $5/0 \text{ Hz}$ کار می کند، امواجی تخت ایجاد می کنیم، به طوری که فاصله بین دو برآمدگی متوالی آن برابر با 10 cm می شود. اگر اکنون بُرهای شیشه ای را در کف تشت قرار دهیم، امواج در ورود به ناحیه کم عمق بالای بُره، شکست پیدا می کنند. اگر تندی امواج در ناحیه کم عمق، 0.4 برابر تندی در ناحیه عمیق باشد، طول موج امواج در ناحیه کم عمق چقدر می شود؟</p> <p style="text-align: right;">جسده موج تخت</p> 
<p>فرض می کنیم $v_i = 0.4 v_d$</p> <p>$v_d \sin \theta_r = v_i \sin \theta_i \rightarrow v_d \sin \theta_r = 0.4 v_d \times \sin(30^\circ)$</p> <p>$\sin \theta_r = 0.2 \rightarrow \theta_r = 11.53^\circ$</p>	<p style="text-align: right;">تمرین ۱۰-۳</p> <p>در تمرین ۹-۳ فرض اینکه زاویه تابش امواج برابر 30° باشد، زاویه شکست چقدر می شود؟</p> <p style="text-align: right;">تمرین ۹-۳</p> <p>در یک تشت موج به کمک یک نوسان ساز تیغهای که با بسامد $5/0 \text{ Hz}$ کار می کند، امواجی تخت ایجاد می کنیم، به طوری که فاصله بین دو برآمدگی متوالی آن برابر با 10 cm می شود. اگر اکنون بُرهای شیشه ای را در کف تشت قرار دهیم، امواج در ورود به ناحیه کم عمق بالای بُره، شکست پیدا می کنند. اگر تندی امواج در ناحیه کم عمق، 0.4 برابر تندی در ناحیه عمیق باشد، طول موج امواج در ناحیه کم عمق چقدر می شود؟</p> <p style="text-align: right;">جسده موج تخت</p> 

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

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

$$v_b > v_c > v_a$$

در شکل (الف) پرتوی نور از محیطی با ضریب شکست کمتر وارد محیطی با ضریب شکست بیشتر شده است. و به خط عمود نزدیکتر می-شود که در شکل (الف) برقرار است و بنابراین شکل (الف) از لحاظ فیزیکی ممکن است

در شکل (ب) پرتو نور در سمتی درست شکسته نشده است، و امکان شکسته شدن در سویی وجود ندارد.

در شکل (پ) پرتو نور از خط عمود دور شده است در حالیکه هنگامیکه پرتو نور از محیطی با ضریب شکست کمتر به محیطی با ضریب شکست بیشتر شده باشد، پرتو نور به خط عمود نزدیکتر می-شود.

پرسش ۱-۳

شکل روبرو یک پرتوی موج الکترومغناطیسی را نشان می-دهد که با عبور از محیط اولیه **a**، از طریق محیطهای **b** و **c** به محیط **a** بازمی-گردد. این محیطها را بر حسب تندی موج در آنها از بیشترین تا کمترین مرتب کنید.

۶۴

پرسش ۱۰-۳

کدام یک از سه شکل زیر یک شکست را نشان می-دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟

۶۵

یک تیغه متوازی السطوح را در نظر بگیرید و آن را روی کاغذ سفیدی قرار دهید، باریکه نوری را به وجهی از تیغه بتابانید به طوری که از وجه مقابل آن خارج شود. محل تیغه بر کاغذ را با رسم اضلاع آن بر روی کاغذ مشخص کنید. همچنین مسیر باریکه فرودی و باریکه خروجی از تیغه را روی کاغذ رسم کنید. برای رسم دقیقتر مسیر باریکههای فرودی و خروجی می-توانید مطابق شکل الف کاغذ سفید را روی قطعه یونولیتی قرار دهید و مسیر باریکهها را با فرو بردن سوزنهایی در آن مشخص کنید. اکنون تیغه را بردارید و با استفاده از یک خطکش، مسیر باریکه نور در درون تیغه را رسم کنید. بر روی مسیر باریکههای نور، پیکانههایی رسم کنید تا جهت پرتوها مشخص شود. با استفاده از یک نقاله، خطوط

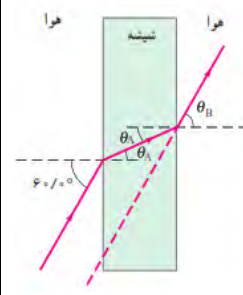
فعالیت ۱۱-۳

اندازهگیری ضریب شکست : با توجه به مثال ۱۱-۳، آزمایشی را طراحی و اجرا کنید که به کمک آن بتوان ضریب شکست یک تیغه متوازی السطوح شفاف را اندازه گرفت.

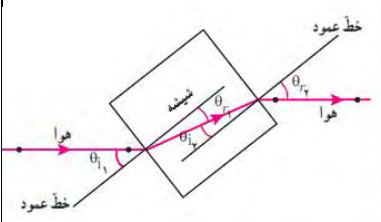
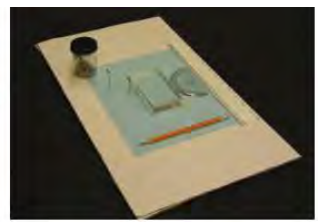
۶۶

سؤال ۱۱-۳

پرتوی نوری مطابق شکل، از هوا بر تیغه شیشه‌ای متوازی‌السطوحی، با زاویه تابش 60° فرود می‌آید. الف) زاویه شکست (θ_2) پرتو در شیشه چقدر است؟ ب) زاویه خروجی (θ_3) پرتو از شیشه چقدر است؟



عمود بر وجه‌های تیغه در محل ورود و خروج باریکه‌های نور را رسم کنید و زاویه‌های بین باریکه‌ها و خطوط عمود را اندازه بگیرید. شکل ب، طرحی از چنین ترسیمی را نشان می‌دهد. اکنون می‌توانیم 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.



الف) تصویری از اسباب آزمایش اندازه‌گیری ضریب شکست
ب) نمودار پرتویی آزمایش کنید θ_2 زاویه تابش و θ_3 زاویه شکست و $\theta_1 = \theta_3$ و $\theta_2 = \theta_3$ است. بنابراین پرتوهای فرودی و خروجی باهم موازی اند

تمرین ۱۱-۳

شکل روبه‌رو باریکه نوری منشکل از دو پرتوی قرمز و آبی را نشان می‌دهد که از هوا و با زاویه تابش 45° بر سطح تیغه تختی از کوارتز می‌تابد. زاویه‌های 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 $n_{\text{آبی}} = 1/467$.



قانون اسنل را به طور مجزا برای دو پرتوی قرمز و آبی می‌نویسیم. 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

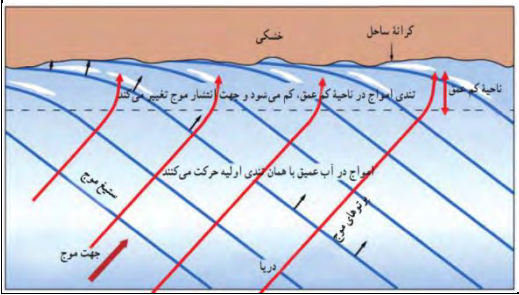
$$\sin \theta_{2,\text{Blue}} = \frac{1}{1/467} \sin 45^\circ \rightarrow \theta_{2,\text{Blue}} = 29^\circ = 0/477$$

۶۷

۸-۳ شکست موج

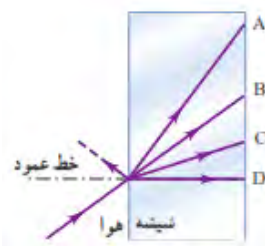
۳۷. با رسم شکلی از جبهه‌های موج توضیح دهید چگونه جهت انتشار جبهه‌های موج با رسیدن به یک ساحل شیب‌دار، تغییر می‌کند.

با نزدیک شدن امواج به یک ساحل شیب‌دار و رسیدن جبهه‌های موج به ساحل که در آنجا عمق آب کم می‌شود، جهت انتشار موج تغییر می‌کند. به عبارتی، با ورود امواج از ناحیه عمیق به ناحیه کم‌عمق، تندی آنها کم می‌شود.



۶۸

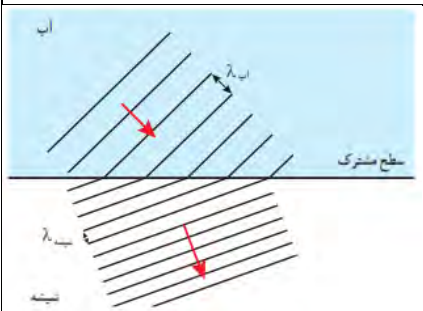
شیشه ضریب شکست بزرگ تری نسبت به هوا دارد. پرتو شکسته شده در شیشه به خط عمود نزدیک می‌شود. بنابراین پرتوی A، نمی‌تواند درست باشد، زیرا پرتو از خط عمود دور شده است. اگر نور از شیشه وارد هوا می‌شد. این پرتو صحیح بود. پرتوی B در امتداد پرتوی فرودی است. پرتوی C پاسخ درستی است زیرا به سمت خط عمود کج شده است. پرتوی D نادرست است. توجه کنید که برای این پرتو، زاویه شکست $\theta_p = 0$ است



۳۸۸. شکل زیر پرتویی را نشان می‌دهد که از هوا وارد شیشه شده است. کدام گزینه‌های A تا D، می‌تواند پرتوی داخل شیشه را نشان دهد؟

۶۹

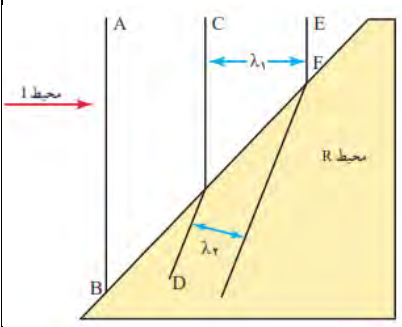
مطابق شکل مقابل خواهیم داشت (البته در این شکل فاصله بین جبهه‌های موج در دو محیط به یک مقیاس نیست، ولی در هر حال $\lambda_{شیشه} > \lambda_{آب}$ است).



۳۹۹. ضریب شکست آب $1/3$ و ضریب شکست شیشه $1/5$ است. اگر نوری به‌طور مایل از آب به مرز شیشه با آب بتابد، با رسم نموداری، جبهه‌های موج را در دو محیط نشان دهید.

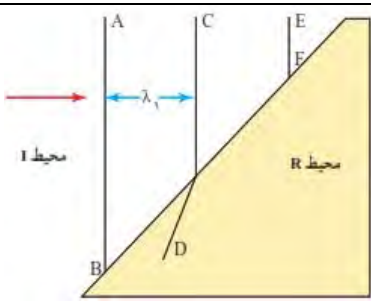
۷۰

الف) ادامه موج EF، پرتوی شکسته شده در محیط R است که باید موازی با D باشد. به عبارتی، پرتوهای شکسته باید موازی هم باشند. ب و پ) با عبور موج از محیطی به محیط دیگر، بسامد موج تغییر نمی‌کند. بنابراین نسبت v/λ ثابت می‌ماند و داریم



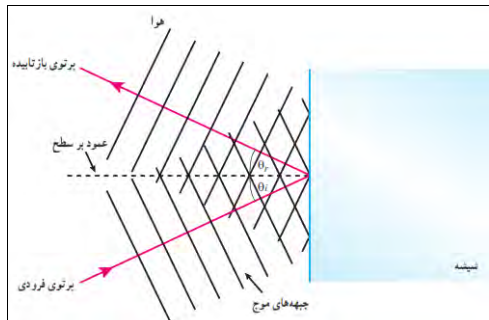
$$\frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2} \rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

از روی شکل مقابل در می‌یابیم که $\lambda_2 > \lambda_1$ و بنابراین $v_2 < v_1$ است. به عبارتی با دانستن فاصله بین جبهه‌های موج در دو محیط می‌توان درباره نسبت تندی موج در دو محیط اظهار نظر کرد. مثلاً برای شکل مقابل در این مسئله، نسبت λ_1 به λ_2 تقریباً $1/6$ می‌شود که همان نسبت v_1 به v_2 نیز هست.



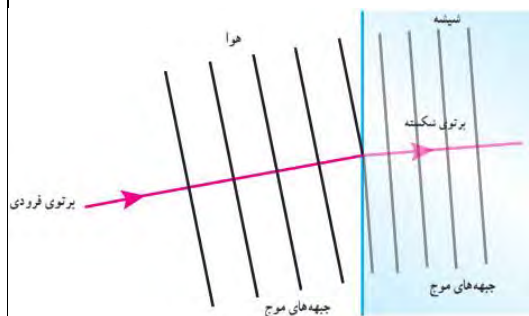
۴۰. شکل زیر جبهه‌های موجی را نشان می‌دهد که بر مرز بین محیط I و محیط R فرود آمده‌اند. الف) ادامه جبهه موج EF را در محیط R رسم کنید. ب) توضیح دهید در کدام محیط تندی موج بیشتر است. پ) آیا با استفاده از این نمودار می‌توان نسبت تندی موج عبوری به موج فرودی را محاسبه کرد؟

۷۱



الف) برای موج شکسته، به جز بسامد سایر مشخصه ها با موج فرودی متفاوت است. چرا که تندی و طول موج تغییر می کنند و این دو به ضریب شکست بستگی دارند. در حالی که برای موج بازتابیده، بسامد، طول موج و تندی با موج فرودی برابر است. ب) امتداد پرتوها بر اثر شکست تفاوت پیدا می کند. پرتوی شکسته شده باید به خط عمود نزدیک شود.

ابتدا پرتوی موج را رسم کرده و سپس جبهه‌های موج را به گونه‌ای رسم می کنیم که این پرتو عمود بر آنها باشد، در مورد جبهه‌های 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.



۱۴۱. در شکل زیر موج نوری فرودی از هوا وارد شیشه می شود. بخشی از موج در سطح جدایی دو محیط بازمی تابد و بخشی دیگر شکست می یابد و وارد شیشه می شود. الف) مشخصه های موج بازتابیده و موج شکست یافته را با موج فرودی مقایسه کنید. ب) جبهه های موج بازتابیده و شکست یافته را رسم کنید.

۷۲

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{633 \times 10^{-9} \text{ m}} = 4.74 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$n = \frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{633 \times 10^{-9} \text{ m}}{474 \times 10^{-9} \text{ m}} = 1.34$$

$$V = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.34} = 2.25 \times 10^8 \text{ m/s}$$

الف)

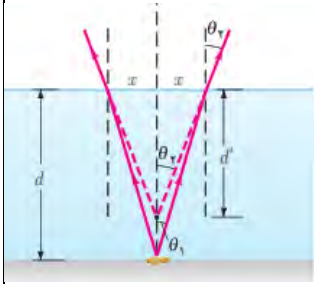
ب)

پ)

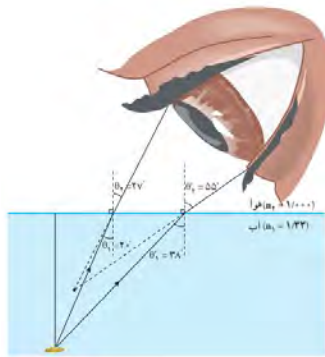
۱۴۲. طول موج نور قرمز لیزر هلیوم - نئون در هوا حدود ۶۳۳nm است، ولی در زجاجیه چشم ۴۷۴nm است. الف) بسامد این نور چقدر است؟ ب) ضریب شکست زجاجیه برای این نور چقدر است؟ پ) تندی این نور در زجاجیه را محاسبه کنید.

۷۳

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.

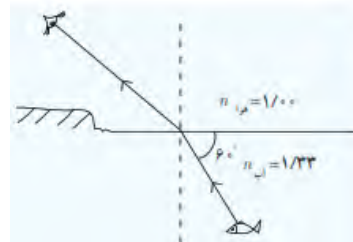


۱۴۱۱. سکه‌ای را در گوشه فنجان خالی قرار دهید و طوری مقابل آن قرار گیرید که نتوانید سکه را ببینید. سپس بی‌آنکه سرتان را حرکت دهید به آرامی در فنجان آب بریزید، به طوری که آب ریختن شما موجب جابه‌جایی سکه نشود. با پرسیدن فنجان، سکه را خواهید دید. با رسم پرتوها علت دیده شدن سکه را توضیح دهید.

۷۴

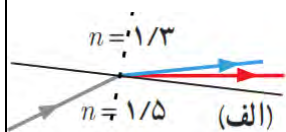
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \rightarrow \sin \theta_2 = \frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2} = \frac{(1/33) \sin 30^\circ}{1} = 0.665$$

$$\rightarrow \theta_2 = 41/7^\circ$$

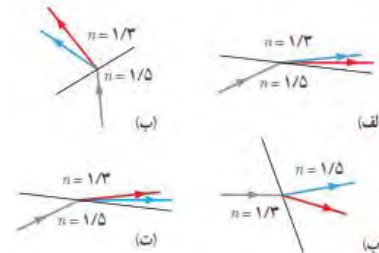


۱۴۱۴. مطابق شکل، پرتو نوری که از ماهی به چشمان شخص می‌رسد تحت زاویه 6° به مرز آب - هوا برخورد کرده است. زاویه شکست این پرتو در هوا چقدر است؟

۷۵

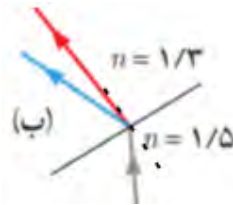
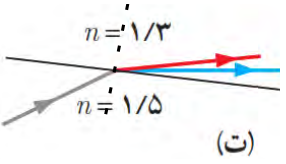
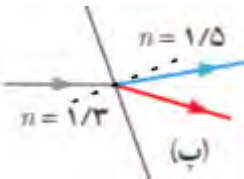


شکل (الف) پرتو شکسته شده از خط عمود دور شده است. و پرتوی آبی می‌بایست بیشتر از پرتوی قرمز شکست پیدا می‌کرد.



۱۴۱۵. در شکل‌های زیر، پرتوی فرودی که شامل نورهای قرمز و آبی است در سطح مشترک دو ماده شکست پیدا کرده‌اند. کدام شکل، شکستی را نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟

۷۶

<p>شکل (ب) پرتوی قرمز تقریباً در امتداد خط عمود و پرتوی آبی در سمت نادرست (چپ خط عمود) شکسته شده است.</p>  <p>شکل (ت) پرتو شکسته شده از خط عمود دور شده است. و پرتوی آبی بیشتر از پرتوی قرمز شکست پیدا کرده است. که گزینه‌ی درستی است.</p>  <p>شکل (پ) پرتوها در سمتی درست شکسته شده اند، ولی پرتوی آبی به خط عمود نزدیک شده‌اند. بنابراین کلیت این شکل نیز نادرست است.</p> 	
<p>با استفاده از یک منشور به سادگی می‌توانیم بین این دو نظر، یکی را انتخاب کنیم. اگر نور زرد، ترکیبی باشد در منشور تجزیه می‌شود و می‌توانیم نورهای قرمز و سبز را مشاهده کنیم.</p>	<p>۱۴۷. دو دانش‌آموز به نور زرد نگاه می‌کنند. یکی از آنها نور زرد را ترکیب دو نور قرمز و سبز و دیگری آن را از یک نوع رنگ می‌داند. به نظر شما با چه تجربه‌ای می‌توان بین این دو نظر، یکی را انتخاب کرد؟</p>

۴

فصل

آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای



راهنمای حل فصل ۴ فیزیک دوازدهم

رشته علوم تجربی

منطبق بر کتاب درسی



گروه فیزیک استان کیلان @Schoolphysics

آشنایی با فیزیک اتمی و فیزیک هسته‌ای		
صفحه pdf	صفحه کتاب درسی	فعالیت / پرسش / تمرین / مسائل
۱	۹۶	۱-۴ اثر فوتوالکتریک
۱	۹۹	تمرین ۱-۴
۱	۱۲۲	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۱
۲	۱۲۲	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۲
۲	۱۲۲	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۳
۲	۱۲۲	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۴
۳	۱۲۲	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۵
۳	۱۲۲	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۶
۴	۹۹	۲-۴ طیف اتمی
۴	۱۰۲	تمرین ۲-۴
۵	۱۰۳	۳-۴ مدل اتم رادفورد - بور
۴-۵	۱۰۶	تمرین ۳-۴
۵	۱۰۹	پرسش ۱-۴
۶-۵	۱۲۲	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۷
۶	۱۲۲	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۸
۷	۱۲۳	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۹
۸	۱۲۳	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۱۰
۱۰-۹	۱۲۳	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۱۱
۱۰	۱۲۳	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۱۲
۱۱	۱۱۰	۴-۴ لیزر
۱۱	۱۲۳	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۱۳
۱۲	۱۲۴	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل - ۱۴

۱۳	۱۱۲	۴-۵ ساختار هسته	
۱۳	۱۱۳	تمرین ۴-۴	۱۹
۱۳	۱۱۴	پرسش ۲-۴	۲۰
۱۴-۱۳	۱۲۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۵	۲۱
۱۴	۱۲۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۶	۲۲
۱۴	۱۲۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۷	۲۳
۱۴	۱۲۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۸	۲۴
۱۵	۱۱۵	۴-۶ پرتوزایی طبیعی و نیم عمر	
۱۵	۱۱۶	پرسش ۳-۴	۲۵
۱۵	۱۱۸	تمرین ۵-۴	۲۶
۱۵	۱۱۹	تمرین ۶-۴	۲۷
۱۵	۱۲۱	تمرین ۷-۴	۲۸
۱۶	۱۲۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۱۹	۲۹
۱۶	۱۲۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۲۰	۳۰
۱۶	۱۲۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۲۱	۳۱
۱۷	۱۲۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۲۲	۳۲
۱۷	۱۲۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۲۳	۳۳
۱۸	۱۲۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۲۴	۳۴
۱۸	۱۲۵	پرسش و مسئله ها آخر فصل- ۲۵	۳۵

<p>(الف)</p> $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{240 \times 10^{-9} \text{ m}} = 1.25 \times 10^{15} \text{ Hz}$ <p>(ب)</p> $E_T = nE = p.t \rightarrow n = \frac{p.t}{hc} \lambda = \frac{50 \text{ W} \times 60 \text{ s} \times 240 \times 10^{-9} \text{ m}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}} = 3.6 \times 10^{21}$ <p>(پ) با کاهش توان و شدت نور، انرژی نصف می‌شود. در نتیجه شمار فوتون کاهش می‌یابد (نصف می‌شود).</p>	<p style="text-align: center;">۱-۴ اثر فوتوالکتریک و فوتون</p> <p style="text-align: right;">تمرین ۱-۴</p> <p>نوری با طول موج ۲۴۰ nm به سطحی از جنس فلز تنگستن می‌تابد و سبب گسیل فوتوالکتریک‌ها از آن می‌شود. الف) بسامد نور فرودی را پیدا کنید. ب) اگر توان چشمه نور فرودی ۵۰ W باشد، در هر دقیقه چه تعداد فوتون از این چشمه گسیل می‌شود؟ ب) اگر توان و در نتیجه شدت چشمه نور فرودی به نصف کاهش پیدا کند، شمار فوتون‌های گسیل شده از چشمه در هر دقیقه چه تغییری می‌کند؟</p>
<p>(الف)</p> $\lambda = \frac{c}{f} \rightarrow f = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{589 \times 10^{-9} \text{ m}} = 5.09 \times 10^{14} \text{ Hz}$ $E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1242 \text{ nm.eV}}{589 \text{ nm}} = 2.109 \text{ eV}$ $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} \rightarrow E = 2.109 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} = 3.374 \times 10^{-19} \text{ J}$ <p>(ب)</p> $\left. \begin{array}{l} E = pt \\ E = nhf \end{array} \right\} \rightarrow pt = nhf \rightarrow$ $n = \frac{pt \cdot \lambda}{hc} = \frac{50 \text{ W} \times 60 \text{ s} \times 589 \times 10^{-9} \text{ m}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}} = 1.89 \times 10^{20}$	<p style="text-align: center;">۱-۴ اثر فوتوالکتریک و فوتون</p> <p>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؟</p>

<p>(الف) $\frac{\text{توان خروجی}}{\text{توان ورودی}} \times 100 = \frac{5 \times 10^{-3} \text{ W}}{50 \text{ W}} \times 100 = 0.01\%$</p> <p>(ب) $n = \frac{pt\lambda}{hc} = \frac{5 \times 10^{-3} \text{ W} \times 1 \text{ s} \times 633 \times 10^{-9} \text{ m}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}} = 1.59 \times 10^{16}$</p>	<p>۳. توان باریکه نور خروجی یک لیزر گازی هلیوم نئون 50 mW است. اگر توان ورودی این لیزر 5 W باشد، (الف) بازده لیزر را حساب کنید. (ب) اگر طول موج باریکه نور خروجی 633 nm باشد، شمار فوتون‌هایی را پیدا کنید که در هر ثانیه از این لیزر گسیل می‌شود.</p>
<p style="text-align: center;">$A = 2(\pi R^2) = \frac{\pi D^2}{4}$ قطر مردمک ← سطح دو مردمک</p> <p>$\left. \begin{aligned} I &= \frac{P}{4\pi r^2} \\ E &= IAt \end{aligned} \right\} \rightarrow E = \frac{P}{4\pi r^2} (2\pi R^2) t = \frac{P}{4r^2} (D^2) t$</p> <p>$E = \frac{0.01 \times 5 \text{ W} \times (2 \times 10^{-2} \text{ m})^2 \times 1 \text{ s}}{4 \times (10^{-2} \text{ m})^2} = 2.5 \times 10^{-14} \text{ J}$</p> <p>انرژی که به ۲ مردمک می‌رسد.</p> <p>$E = nhf = \frac{nhc}{\lambda} \rightarrow n = \frac{\lambda}{hc} E$</p> <p>$n = \frac{550 \times 10^{-9} \text{ m}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ (J}\cdot\text{s)} \times 3 \times 10^8 \text{ (m/s)}} \times 2.5 \times 10^{-14} \text{ J} \rightarrow n = 6.9 \times 10^4$</p>	<p>۴. یک لامپ رشته‌ای با توان 100 W از فاصله یک کیلومتری دیده می‌شود. فرض کنید نور لامپ به‌طور یکنواخت در فضای اطراف آن منتشر می‌شود و بازده لامپ 5% درصد است (یعنی 5 W تابش مرئی گسیل می‌کند) و فقط 1% 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.)</p>
<p>$nhf = pt \rightarrow n = \frac{pt\lambda}{hc} = \frac{300 \text{ W/m}^2 \times 1 \text{ s} \times 570 \times 10^{-9} \text{ m}}{6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}} = 8.6 \times 10^{20}$</p>	<p>۵. 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 به‌ازای 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.</p>

<p>الف) آزمایش نشان می‌دهد وقتی نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطحی فلزی بتابد الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شوند. به این پدیده‌ی فیزیکی، اثر فوتوالکتریک می‌نامند.</p> <p>ب) بنا بر نظر اینشتین، وقتی نوری تکفام بر سطح فلزی می‌تابد، هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون‌های فلز برهم‌کنش می‌کند. اگر فوتون انرژی کافی داشته باشد تا 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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>	<p>۶</p> <p>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؟</p>
<p>الف) اگر بسامد نور فرودی بیشتر از بسامد آستانه باشد پدیده‌ی فوتوالکتریک رخ می‌دهد. ($f > f_0$) اگر بسامد نور فرودی کمتر از بسامد آستانه باشد پدیده‌ی فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد. ($f < f_0$) ب) افزایش شدت نور فرودی در بسامد کمتر از آستانه تاثیری در پدیده فوتوالکتریک ندارد. پ) در بسامدهای بزرگتر از بسامد آستانه، پدیده‌ی فوتوالکتریک رخ می‌دهد که با کاهش شدت نور فرودی تعداد الکترون‌های کمتری از سطح جدا می‌شوند و جریان کمتری به وجود می‌آید.</p>	<p>۷</p> <p>۴. 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</p>

<p>اولین خط طیف اتم هیدروژن</p> $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ $\frac{n'=3, n=4}{\lambda_1} \rightarrow \frac{1}{\lambda_1} = 0.11 \text{ nm}^{-1} \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} \right)$ $= 0.11 \text{ nm}^{-1} \times \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16} \right) = \frac{77}{144} \text{ nm}^{-1} \rightarrow \lambda_1 = 1870 \text{ nm}$ <p>دومین خط طیف اتم هیدروژن</p> <p>محدوده فرسرخ</p> $\frac{n'=3, n=5}{\lambda_r} \rightarrow \frac{1}{\lambda_r} = 0.11 \text{ nm}^{-1} \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{5^2} \right)$ $= 0.11 \text{ nm}^{-1} \times \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{25} \right) = \frac{16}{225} \text{ nm}^{-1} \rightarrow \lambda_r = 1278 \text{ nm}$	<p style="text-align: right;">۲-۴ طیف خطی</p> <p style="text-align: right;">● تمرین ۲-۴</p> <p>طول موج‌های اولین و دومین خط‌های طیفی اتم هیدروژن در رشته پانن ($n'=3$) را به دست آورید و تعیین کنید که این خط‌ها در کدام گستره طول موج‌های الکترومغناطیسی واقع اند.</p> <p style="text-align: right;">۸</p>
$E_n = \frac{-13.6 \text{ eV}}{n^2} \rightarrow n = \sqrt{\frac{-13.6 \text{ eV}}{E_n}}$ <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>۰ eV</p> <p>—</p> <p>-1/51 eV</p> <p>—</p> <p>-3/40 eV</p> <p>—</p> <p>-13/6 eV</p> <p>—</p> </div> <div style="margin-right: 20px;"> <p>n = ∞</p> <p>n = 3</p> <p>n = 2</p> <p>n = 1</p> </div> <div> <p>$\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$</p> <p>$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} \rightarrow \begin{cases} \Delta E_{\max} \rightarrow \lambda_{\min} \\ \Delta E_{\min} \rightarrow \lambda_{\max} \end{cases}$</p> </div> </div> $\lambda_{\min} = \frac{hc}{E_U - E_L} = \frac{1240 \text{ nm.eV}}{0 - (-13/6 \text{ eV})} = 91/2 \text{ nm}$ <p style="text-align: right;">(الف)</p>	<p style="text-align: right;">۳-۴ مدل اتم رادرفورد - بور</p> <p style="text-align: right;">● تمرین ۳-۴</p> <p>شکل مقابل تعدادی از ترازهای انرژی اتم هیدروژن را نشان می‌دهد.</p> <p>(الف) کمترین طول موج فوتونی را پیدا کنید که با گذار بین این ترازها به دست می‌آید.</p> <p>(ب) اگر الکترون از تراز انرژی $-1/51 \text{ eV}$ به تراز پایه جهش کند طول موج فوتون گسیلی را پیدا کنید.</p> <p>(ب) کدام گذار بین دو تراز می‌تواند به گسیل فوتونی با طول موج 660 nm منجر شود؟ توجه کنید که این طول موج‌ها در گستره مرئی است.</p> <p style="text-align: right;">۹</p>

$\lambda = \frac{hc}{E_U - E_L} = \frac{1240 \text{ nm.eV}}{-1/51 \text{ eV} + 13/6 \text{ eV}} = 10.2 \text{ nm}$ <p>(ب)</p> $E_U - E_L = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow E_U + 3/4 \text{ eV} = \frac{1240 \text{ nm.eV}}{660 \text{ nm}} = 1/87 \text{ eV}$ $E_U = 1/87 \text{ eV} - 3/4 \text{ eV} \approx 1/51 \text{ eV} \rightarrow n = 3$ <p>(پ)</p>	
<p>بله. در این حالت الکترون‌ها از تراز انرژی پایین‌تر به تراز انرژی بالاتر می‌روند. و اتم، فوتون‌هایی که دقیقاً انرژی لازم برای گذار دارند را جذب می‌کنند.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> $\begin{cases} E_L = \frac{-13/6 \text{ eV}}{n_L^2} \\ E_U = \frac{-13/6 \text{ eV}}{n_U^2} \end{cases} \rightarrow E_U - E_L = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow 13/6 \text{ eV} \left(\frac{-1}{n_U^2} + \frac{1}{n_L^2} \right) = \frac{hc}{\lambda}$ $\left(\frac{n_U^2 - n_L^2}{n_U^2 n_L^2} \right) \lambda = \frac{hc}{13/6 \text{ eV}} \rightarrow \lambda_{\text{Absorbing}} = \left(\frac{hc}{13/6 \text{ eV}} \right) \left(\frac{n_U^2 n_L^2}{n_U^2 - n_L^2} \right) = \lambda_{\text{Discharge}}$ </div>	<div style="text-align: right; color: red; font-weight: bold;">پوشش ۱-۴</div> <p>آیا معادله ۶-۴ برای فرایند جذب فوتون نیز برقرار است؟</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> $E_U - E_L = hf$ <p style="text-align: center;">(معادله گسیل فوتون از اتم) (۶-۴)</p> </div> <p style="text-align: right;">۱۰</p>
	۲-۴ و ۳-۴ طیف خطی و مدل اتم رادرفورد = بور
<p>(الف) برای یک جسم جامد، نظیر رشته‌ی داغ یک لامپ روشن، این امواج شامل گستره پیوسته‌ای از طول موج‌هاست. تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم‌کنش قوی بین اتم‌های سازنده آن است. حال آنکه گازهای کم‌فشار و رقیق، که اتم‌های منفرد آنها از برهم‌کنش‌های قوی موجود در جسم جامد آزادند به جای طیف پیوسته، طیفی گسسته را گسیل می‌کنند که شامل طول موج‌های معینی است. این طیف گسسته را، معمولاً طیف گسیلی خطی یا به اختصار طیف خطی می‌نامند و طول موج‌های ایجاد شده در آن، برای اتم‌های هر گاز منحصر به فرد هستند.</p> <p>(ب) برای تشکیل طیف گسیلی خطی اتم‌های هر گاز نظیر هیدروژن، هلیم، جیوه، سدیم و نئون معمولاً از یک لامپ باریک و بلند شیشه‌ای که حاوی مقداری گاز رقیق و کم‌فشار است استفاده می‌شود. دو الکتروود به نام‌های آند و کاتد در دو طرف این لامپ قرار دارد که به ترتیب به پایانه‌های مثبت و منفی یک منبع تغذیه با ولتاژ بالا وصل‌اند. این ولتاژ بالا، سبب تخلیه‌ی الکتریکی در گاز می‌شود و اتم‌های</p>	<p>۷. الف) طیف گسیلی یک جسم در چه مواردی پیوسته و در چه مواردی گسسته یا خطی است؟ منشأ فیزیکی این تفاوت را توضیح دهید.</p> <p>ب) توضیح دهید چگونه می‌توان طیف‌های گسیلی پیوسته و خطی را ایجاد کرد.</p> <p style="text-align: right;">۱۱</p>

گاز درون لامپ شروع به گسیل نور می‌کنند. آزمایش نشان می‌دهد 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 $n=1$ پایین‌ترین تراز انرژی است که مربوط به مدار اول است که به آن حالت پایه گفته می‌شود. 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. مدارها و انرژی های الکترون ها در هر اتم کوانتیده‌اند. وقتی یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی‌شود.

الکترون زمانی که از یک حالت مانا با انرژی بیشتر (E_U) به حالت مانا با انرژی کمتر (E_L) برود فوتون تابش می‌کند 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.

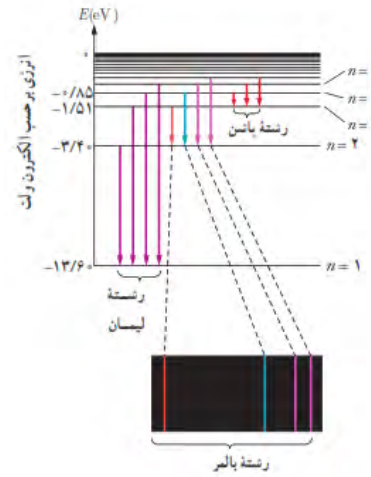
(پ)

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right)$$

$$\xrightarrow{n_L=1, n_U=\infty} \frac{1}{\lambda_{\min}} = 0.011 \text{ nm}^{-1} \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{\infty^2} \right) \rightarrow \lambda_{\min} = 90.9 \text{ nm}$$

$$\xrightarrow{n_L=1, n_U=2} \frac{1}{\lambda_{\min}} = 0.011 \text{ nm}^{-1} \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{2^2} \right) \rightarrow \lambda_{\max} = 121.2 \text{ nm}$$

$$\lambda_{\min} \leq \text{گستره طول موج} \leq \lambda_{\max} \rightarrow 90.9 \text{ nm} \leq \text{گستره طول موج} \leq 121.2 \text{ nm}$$

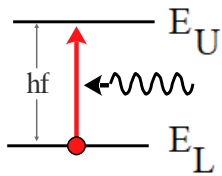


۸. شکل زیر سه رشته طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی را روی نمودار تراز انرژی نشان می‌دهد که بر اساس مدل اتمی بور رسم شده است.

(الف) منظور از $n=1$ و انرژی 13.6 eV چیست؟
(ب) بر اساس مدل اتمی بور دلیل خطی بودن طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی را توضیح دهید.

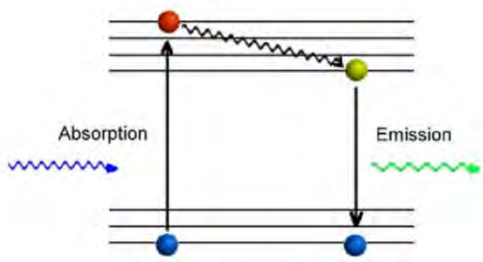
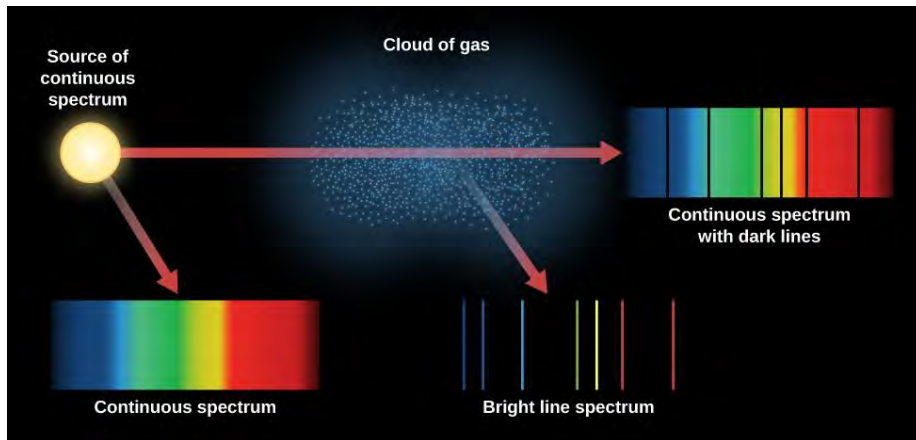
(ب) اختلاف کوتاه‌ترین و بلندترین طول موج در هر رشته را، گستره طول موج‌های آن رشته می‌نامند. گستره طول موج‌های رشته لیمان ($n=1$) را پیدا کنید.

(الف)



الکترون‌های که از ترازهای انرژی پایین‌تر جذب فوتون به ترازهای انرژی بالاتر می‌روند. در این حالت، اتم، فوتونی را که دقیقاً انرژی لازم برای گذار را دارد جذب می‌کند.

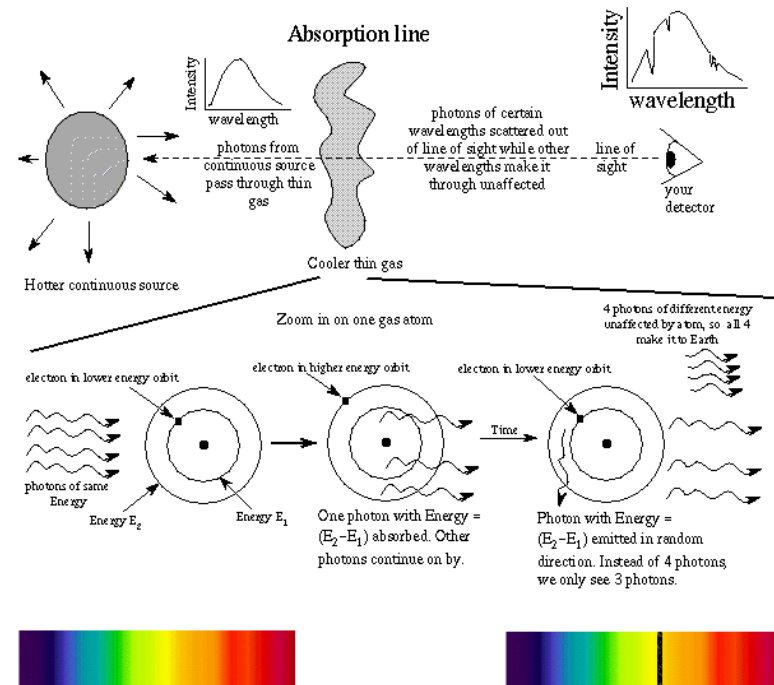
(ب) وقتی نور سفیدی را به گاز هیدروژن رقیق می‌تابانیم الکترون‌های گاز بعضی از فوتون‌های نور فرودی را جذب کرده و به ترازهای بالاتر می‌روند. اگر نور خروجی از گاز را از منشور عبور دهیم یک دسته خط‌های جذبی تاریک در طیف پیوسته مشاهده می‌کنید.



(ب) برای برانگیخته شدن اتم‌های بسیاری از مواد که به آن، نور فرابنفش بتابانیم. هنگام بازگشت به حالت پایه، نور مرئی گسیل می‌کنند. در این نوع مواد فوتون فرابنفش اتم را برانگیخته می‌سازد و الکترون به چند تراز انرژی بالاتر می‌رود و در برگشت با پرش‌های کوتاه‌تر و پله پله به تراز پایین‌تر می‌رود و فوتون‌های کم انرژی‌تری گسیل می‌کند که بعضی از آنها در ناحیه مرئی است.

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

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



الف ذرات آلفا دارای بار مثبت‌اند. که تعداد زیادی از این ذرات از فضای خالی اتم عبور می‌کنند و یا در انحراف بسیار کمی در اثر نیروی دافعه از کنار هسته‌ی اتم می‌گذرند. که نشان می‌دهد بیشتر حجم ماده (اتم‌ها) از فضای خالی تشکیل شده است.

ب تعداد بسیار کمی از ذرات آلفا به مرکز اتم برخورد می‌نمایند و به سمت عقب باز می‌گردند. که نشان می‌دهد 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 ورقه‌ی نازک و فلزی سنگین بود.

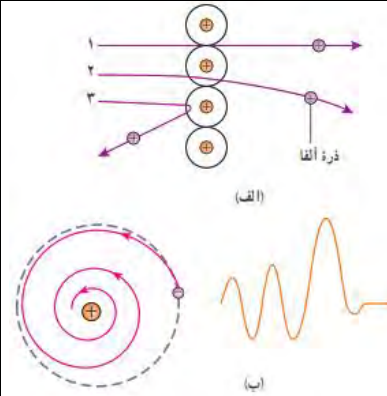
۱- ورق طلا را می‌توان براحتی، به ورقه‌ی بسیار نازکی تبدیل کرد. شکل دادن و نازک کردن طلا از همه فلزات، آسانتر می‌باشد. در نتیجه رادفورد، ورقه‌ی طلا را برای آزمایش خود برگزید.

۲- رادفورد بدنبال یک فلز سنگین بود که تعداد الکترون‌های زیادی داشته باشد. می‌خواست میزان پراکندگی ذرات آلفا را در اتم سنگین با تعداد الکترون‌های زیاد بررسی نماید.

دلیل انتخاب پرتو آلفا هم باردار بودن و سنگین بودن ذره آلفا بود. سنگین بودن پرتو باعث می‌شد 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 می‌شود که بسامد آن، با بسامد حرکت مداری الکترون برابر است. با تابش موج الکترومغناطیسی توسط الکترون، از انرژی آن کاسته می‌شود. این کاهش انرژی باعث می‌شود که شعاع مدار الکترون به دور هسته به تدریج کوچک‌تر 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 پی‌در پی امواج الکترومغناطیسی روی هسته فرو افتد. و تنها طیف گسیلی پیوسته خواهیم داشت. و این در شرایطی است که طیف خطی گسیل شده توسط اتم‌ها نیز جور در نمی‌آید.

در مدل بور که برای اتم هیدروژن ارائه شد. الکترون در حین حرکت روی یک مدار مانا بر خلاف نظریه الکترومغناطیسی کلاسیک تابشی نمی‌کند و همچنین از یک حد معین با شعاع مشخص به هسته نزدیک‌تر نمی‌شود.



۱. مبنای مدل رادرفورد، نتایج آزمایش‌هایی بود که از پراکندگی ذره‌های آلفا توسط یک ورقه نازک طلا به دست آمده بود (شکل الف). الف) توضیح دهید چرا بیشتر ذره‌های آلفا مانند ذره‌های ۱ و ۲ یا اصلاً منحرف نمی‌شوند یا به مقدار کمی منحرف می‌شوند. ب) تنها تعداد بسیار کمی از ذره‌ها مانند ذره ۳ منحرف می‌شوند. این امر چه نکته‌ای را درباره ساختار اتم طلا نشان می‌دهد؟ ب) چرا رادرفورد در آزمایش خود از صفحه بسیار نازک طلا استفاده کرده بود؟ ت) شکل ب، به کدام مشکل مدل رادرفورد اشاره دارد؟ در مدل بور چگونه این مشکل رفع شده است؟

(الف)

$$\left. \begin{aligned} E_U &= -\frac{13/6 \text{ eV}}{n_U^2} \\ E_L &= -\frac{13/6 \text{ eV}}{n_L^2} \end{aligned} \right\} \rightarrow \Delta E_{(n_U \rightarrow n_L)} = E_U - E_L = -\frac{13/6 \text{ eV}}{n_U^2} - \left(-\frac{13/6 \text{ eV}}{n_L^2}\right)$$

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

$$\Delta E_{(\epsilon \rightarrow \gamma)} = \Delta E_{(\epsilon \rightarrow \gamma)} + \Delta E_{(\gamma \rightarrow \gamma)} \quad (\text{ب})$$

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

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

$$\Delta E_{(\epsilon \rightarrow \gamma)} = E_\epsilon - E_\gamma$$

$$\Delta E_{(\epsilon \rightarrow \gamma)} + \Delta E_{(\gamma \rightarrow \gamma)} = E_\epsilon - E_\gamma + E_\gamma - E_\gamma = E_\epsilon - E_\gamma$$

$$\Delta E_{(\epsilon \rightarrow 1)} = \Delta E_{(\epsilon \rightarrow \gamma)} + \Delta E_{(\gamma \rightarrow 1)}$$

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

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

ii. 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:

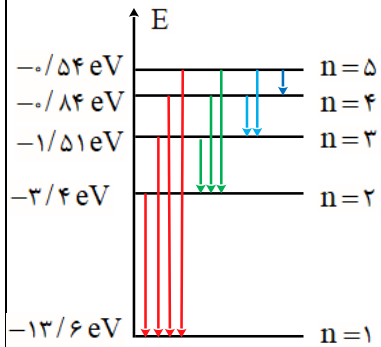
$$\Delta E(\epsilon \rightarrow 2) = \Delta E(\epsilon \rightarrow 3) + \Delta E(3 \rightarrow 2)$$

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

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

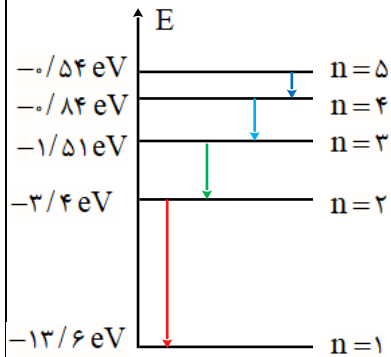
$$\Delta E_{(f \rightarrow r)} + \Delta E_{(r \rightarrow i)} = E_f - E_r + E_r - E_i = E_f - E_i$$

الف) ۱۰ فوتون



$$\text{تعداد فوتون‌ها} = \frac{n(n-1)}{2} = \frac{5 \times 4}{2} = 10$$

ب) ۴ فوتون



$$\text{تعداد فوتون‌ها با انرژی‌های متفاوت} = n - 1 = 5 - 1 = 4$$

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

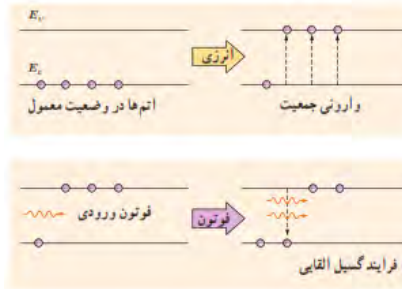
الف) با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن، اگر این اتم به حالت پایه برود، امکان گسیل چند نوع فوتون با انرژی متفاوت وجود دارد؟

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

۴-۴ لیزر ۴-۴ لیزر

۱۳۳. شکل زیر فرایند ایجاد باریکه لیزر را به طور طر ح وار در ۴ مرحله نشان می دهد.

الف) منظور از عبارت «اتم ها در وضعیت معمول» چیست؟
 ب) نقش انرژی داده شده چیست و معمولاً این انرژی چگونه تأمین می شود؟
 پ) منظور از «وارونی جمعیت» چیست؟
 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؟



الف) وقتی اتم ها (الکترون ها) در حالت پایه باشند و برانگیخته نشده اند به این حالت می گوئیم اتم در وضعیت معمول است.

ب) با تابش فوتون هایی که انرژی آنها برابر اختلاف انرژی دو تراز E_U و E_L ($E_U - E_L = hf$) 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.

انرژی توسط پمپ لیزر تامین می شود که می تواند به صورت های مختلف باشد. گاهی توسط برق تامین می شود و گاهی درخش های شدید نور و یا انرژی به روش ایجاد میدان الکتریکی قوی تحت ولتاژ تامین می گردد.

پ) وارونی جمعیت در یک محیط لیزر مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون ها در ترازهایی موسوم به ترازهای شبه پایدار نسبت به تراز پایین تر بسیار بیشتر باشند. در این ترازها، الکترون ها مدت زمان بسیار طولانی تری نسبت به حالت برانگیخته معمولی باقی می ماند. 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.

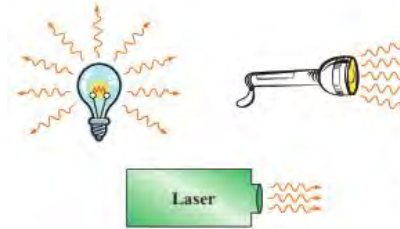
اول اینکه یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می شود. به این ترتیب این فرایند تعداد فوتون ها را افزایش می دهد و نور را تقویت می کند.

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 لیزری را ایجاد می کنند هم بسامد، هم جهت و هم فاز هستند.

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



الف) فوتون‌های خروجی از یک لامپ رشته‌ای، در تمام جهات گسیل و پراکنده می‌شوند. و برای ایجاد فوتون‌های لامپ رشته‌ای و چراغ قوه به فرایند گسیل القایی نیازی نیست بلکه گسیل خود به خود رخ می‌دهد و فوتون‌های گسیل شده، موازی، هم‌فاز و هم‌سامد نیستند.

با قراردادن یک عدسی در جلوی لامپ چراغ قوه، از پراکنده شده فوتون‌ها، جلوگیری می‌کنند. فوتون‌های خروجی نسبت به لامپ در جهات محدودتر گسیل می‌شوند. فوتون‌های گسیل شده، موازی، غیر-هم‌فاز و با بسامدهای مختلف گسیل می‌کنند.

در لیزر فوتون‌ها در فرآیند گسیل القایی ایجاد شده و باریکه‌ای از لیزر را داریم که این باریکه از فوتون‌هایی که همگی هم‌جهت، هم‌فاز و هم‌انرژی‌اند ایجاد می‌شود.

ب) نور لیزر دارای تعداد زیادی فوتون‌های هم‌فاز، هم‌سامد و هم‌جهت می‌باشند لذا دارای انرژی بسیار زیاد و قدرت نفوذپذیری بالایی دارند. اگر وارد چشم شوند می‌توانند باعث صدمه زدن به چشم شوند.

۴-۵ ساختار هسته

تمرین ۴-۴

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

۱۹

$$\left. \begin{matrix} Z = 9 \\ N = 10 \end{matrix} \right\} \rightarrow A = Z + N = 9 + 10 = 19, \quad {}^9_{19}\text{F}_9 \quad \text{(الف)}$$

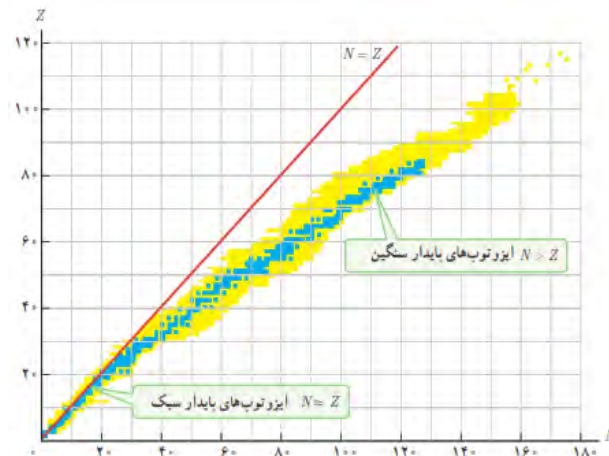
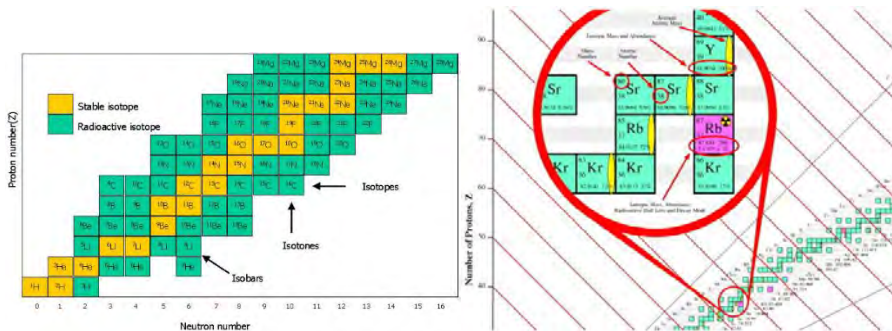
$$\left. \begin{matrix} Z = 50 \\ N = 66 \end{matrix} \right\} \rightarrow A = Z + N = 50 + 66 = 116, \quad {}^{50}_{116}\text{Sn}_{66} \quad \text{(ب)}$$

پوش ۲-۴

هر نقطه آبی رنگ در نمودار شکل ۴-۲۲ نشان دهنده 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؟

۲۰

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.



شکل ۴-۲۲ نمودار تغییرات Z بر حسب N برای هسته‌های پایدار و پرتوزا. هر نقطه آبی رنگ نشان دهنده یک هسته پایدار است. نقاط زرد رنگ هسته‌های پرتوزای شناخته شده را نشان می‌دهند.

۴-۵ ساختار هسته

۱۵. مرتبه بزرگی تعداد نوترون‌هایی را که می‌توان تنگ هم در یک توپ تنیس به شعاع $3/2$ cm جای داد، تخمین بزنید. در این صورت مرتبه بزرگی جرم این توپ چقدر است؟ (مرتبه بزرگی شعاع و جرم نوترون را به ترتیب 10^{-15} m و 10^{-27} kg در نظر بگیرید.)

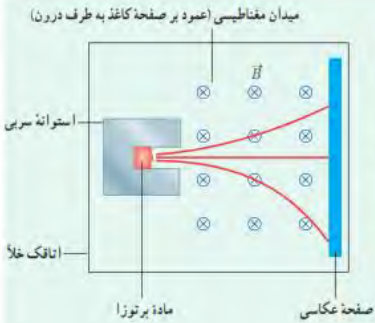
۲۱

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times \frac{3}{14} \times (3/2 \times 10^{-2} \text{ m})^3 = 1/37 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

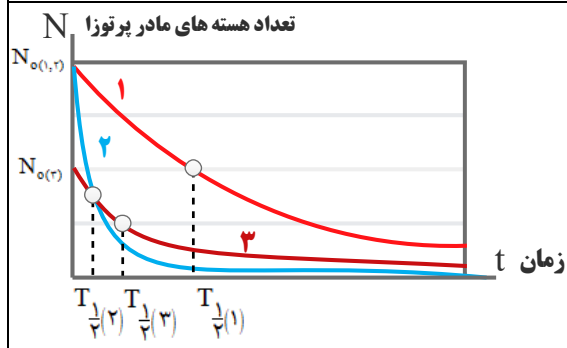
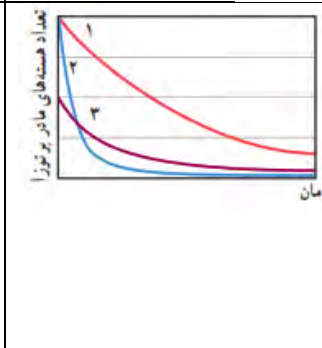
$$V' = \frac{4}{3} \pi r'^3 = \frac{4}{3} \times \frac{3}{14} \times (10^{-15} \text{ m})^3 = 1/4 \times 10^{-45} \text{ m}^3$$

$$N = \frac{V}{V'} = \frac{1/37 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{1/4 \times 10^{-45} \text{ m}^3} \approx 10^{41}$$

$m = N \times m' = 10^{41} \times 10^{-27} = 10^{14} \text{ kg}$ <p>جرم توپ</p>		
<p>الف) ${}_{82}^{208}\text{Pb} \rightarrow A = 208$</p> <p>ب) ${}_{82}^{208}\text{Pb} \rightarrow N = A - Z = 208 - 82 = 126$</p> <p>پ) $q = +82e = +82 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} = 1.312 \times 10^{-17} \text{ C}$</p> <p>هسته از پروتون و نوترون تشکیل شده است. که نوترون بار ندارد. و بار پروتون مثبت است. پس بار الکتریکی خالص هسته مثبت است.</p>	<p>۱۷. برای ${}_{82}^{208}\text{Pb}$ مطلوب است:</p> <p>الف) تعداد نوکلئون‌ها (ب) تعداد نوترون‌ها</p> <p>ب) بار الکتریکی خالص هسته</p>	<p>۲۲</p>
<p>الف) ${}_{78}^{195}\text{X} = {}_{78}^{195}\text{Pt} \rightarrow N = 195 - 78 = 117$</p> <p>ب) ${}_{16}^{32}\text{X} = {}_{16}^{32}\text{S} \rightarrow N = 32 - 16 = 16$</p> <p>پ) ${}_{29}^{61}\text{X} = {}_{29}^{61}\text{Cu} \rightarrow N = 61 - 29 = 32$</p>	<p>۱۷. در هر یک از موارد زیر نماد X چه عنصری را نشان می‌دهد و در هسته هر یک چند نوترون وجود دارد؟ در صورت لزوم از جدول تناوبی استفاده کنید.</p> <p>الف) ${}_{78}^{195}\text{X}$ (ب) ${}_{16}^{32}\text{X}$ (ب) ${}_{29}^{61}\text{X}$</p>	<p>۲۳</p>
<p>ایزوتوپ ${}_{25}^{61}\text{X}$ و ${}_{25}^{59}\text{X}$ دارای عدد اتمی یکسان‌اند پس خواص شیمیایی یکسانی دارد. پس 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.</p> <p>ولی ایزوتوپ ${}_{25}^{61}\text{X}$ و ${}_{26}^{61}\text{Y}$ را می‌توان به روش شیمیایی جدا کرد. زیرا عدد اتمی و خواص شیمیایی متفاوتی دارند.</p>	<p>۱۸. آیا می‌توان ایزوتوپ ${}_{25}^{61}\text{X}$ را با روش شیمیایی از ایزوتوپ ${}_{25}^{59}\text{X}$ جدا کرد؟ از ایزوتوپ ${}_{26}^{61}\text{Y}$ چگونه؟ پاسخ خود را توضیح دهید.</p>	<p>۲۴</p>

<p>با توجه به قانون دست راست می‌توان تعیین کرد. پرتوی بالایی: از قانون دست راست پیروی می‌کند. پس بتا مثبت (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 منفی (β^-) است.</p>	<p style="text-align: right;">۴-۶ پرتوزایی طبیعی و نیمه عمر</p> <p style="text-align: right;">برش ۳-۴</p> <p>شکل رویه‌رو طرح آزمایش ساده‌ای را نشان می‌دهد که به کمک آن می‌توان سه نوع پرتوزایی طبیعی را مشاهده کرد و به تفاوت بار و جرم پرتوها از یکدیگر بی‌برد. قطعه‌ای از ماده پرتوزا را در ته حفره باریکی در یک استوانه سربی قرار می‌دهند. استوانه را درون اتاقکی می‌گذارند و هوای درون آن را تخلیه می‌کنند. سپس یک صفحه عکاسی مقابل حفره قرار می‌دهند و میدان مغناطیسی یکنواختی درون اتاقک برقرار می‌کنند. خطوط فرم‌زنگ، مسیر حرکت پرتوها را نشان می‌دهد. نوع بار پرتوها را با هم مقایسه کنید.</p>  <p>میدان مغناطیسی (عمود بر صفحه کاغذ به طرف درون) استوانه سربی اتاقک خلا ماده پرتوزا صفحه عکاسی</p>	۲۵
${}_{71}^{176}\text{Lu} \rightarrow {}_{-1}^0\text{e}^- + {}_Z^{A'}\text{Y}$ $\left. \begin{aligned} 176 &= A' + 0 \rightarrow A' = 176 \\ 71 &= Z' - 1 \rightarrow Z' = 72 \end{aligned} \right\} \rightarrow {}_{72}^{176}\text{Hf}$	<p style="text-align: right;">تمرین ۵-۴</p> <p>لوتیم (${}_{71}^{176}\text{Lu}$) عنصر پرتوزایی است که با گسیل بتای منفی، واپاشی می‌کند. معادله این واکنش را بنویسید و با استفاده از جدول تناوبی عنصرها که در پیوست آمده است، عنصر جدیدی را که تولید می‌شود تعیین کنید.</p>	۲۶
${}_{8}^{15}\text{O} \rightarrow {}_{+1}^0\text{e}^+ + {}_Z^{A'}\text{Y}$ $\left. \begin{aligned} 15 &= A' + 0 \rightarrow A' = 15 \\ 8 &= Z' + 1 \rightarrow Z' = 7 \end{aligned} \right\} \rightarrow {}_7^{15}\text{N}$	<p style="text-align: right;">تمرین ۶-۴</p> <p>ایزوتوپ (${}_{8}^{15}\text{O}$) با گسیل پوزیترون، واپاشی می‌کند. معادله این واکنش را بنویسید و با استفاده از جدول تناوبی عنصرها که در پیوست آمده است، عنصر جدیدی را که تولید می‌شود تعیین کنید.</p>	۲۷
$N = \frac{N_0}{2^n} \rightarrow \frac{1}{8} N_0 = \frac{N_0}{2^n} \rightarrow 2^n = 8 = 2^3 \rightarrow n = 3$ $n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} \rightarrow 3 = \frac{9(\text{day})}{T_{\frac{1}{2}}} \rightarrow T_{\frac{1}{2}} = 3(\text{day})$	<p style="text-align: right;">تمرین ۷-۴</p> <p>پس از گذشت ۹ روز، تعداد هسته‌های پرتوزای یک نمونه، به $\frac{1}{8}$ تعداد موجود در آغاز کاهش یافته است. نیمه‌عمر (برحسب روز) ماده چقدر است؟</p>	۲۸

		۶-۴ پرتوزایی طبیعی و نیمه عمر	
${}_{82}^{211}\text{Pb} \rightarrow {}_{81}^{211}\text{Bi} + {}_{-1}^0\text{X}$ <p>تولید اشعه β^- ، الکترون زا</p> ${}_{6}^{11}\text{C} \rightarrow {}_{5}^{11}\text{B} + {}_{+1}^0\text{X} \Rightarrow {}_{+1}^0\text{X} \leftrightarrow \nu(e)$ <p>تولید اشعه β^+ ، β^+ تا پوزیترون</p> ${}_{90}^{231}\text{Th}^* \rightarrow {}_{90}^{231}\text{Th} + \gamma$ <p>تولید اشعه γ ،</p> ${}_{9}^{18}\text{F} \rightarrow {}_{8}^{18}\text{Bi} + {}_{-1}^0\text{X}$ <p>تولید اشعه β^+ ، β^+ پوزیترون</p>	${}_{82}^{211}\text{Pb} \rightarrow {}_{81}^{211}\text{Bi} + \dots$ ${}_{6}^{11}\text{C} \rightarrow {}_{5}^{11}\text{B} + \dots$ ${}_{90}^{231}\text{Th}^* \rightarrow {}_{90}^{231}\text{Th} + \dots$ ${}_{9}^{18}\text{F} \rightarrow {}_{8}^{18}\text{O} + \dots$	<p>۱۹. جاهای خالی در فرایندهای واپاشی زیر نشان دهنده یک یا چند ذره α ، β^+ یا β^- است. در هر واکنش، جای خالی را کامل کنید.</p>	۲۹
<p>(الف) اورانیوم ${}_{94}^{242}\text{Pu} \rightarrow ({}_{2}^4\text{He}, \alpha) + {}_{Z}^AX = {}_{92}^{238}\text{U}$</p> <p>$A = 242 - 4 = 238$ & $Z = 94 - 2 = 92$</p> <p>(ب) منیزیم ${}_{11}^{24}\text{Na} \rightarrow {}_{-1}^0\text{e} + {}_{Z}^AX = {}_{12}^{24}\text{Mg}$</p> <p>$A = 24 - 0 = 24$ & $Z = 11 + 1 = 12$</p> <p>(پ) اکسیژن ${}_{7}^{13}\text{N} \rightarrow {}_{-1}^0\text{e} + {}_{Z}^AX = {}_{8}^{13}\text{O}$</p> <p>$A = 13 - 0 = 13$ & $Z = 7 + 1 = 8$</p> <p>(ت) نیتروژن ${}_{8}^{15}\text{O} \rightarrow {}_{+1}^0\text{e} + {}_{Z}^AX = {}_{7}^{15}\text{N}$</p> <p>$A = 15 - 0 = 15$ & $Z = 8 - 1 = 7$</p>	<p>۲۰. هسته دختر به دست آمده از هر یک از واپاشی های زیر را به صورت ${}_{Z}^AX$ مشخص کنید.</p> <p>(الف) ${}_{94}^{242}\text{Pu}$ واپاشی α انجام دهد.</p> <p>(ب) سدیم ${}_{11}^{24}\text{Na}$ واپاشی β^- انجام دهد.</p> <p>(پ) نیتروژن ${}_{7}^{13}\text{N}$ واپاشی β^- انجام دهد.</p> <p>(ت) ${}_{8}^{15}\text{O}$ واپاشی β^+ انجام دهد.</p>	۳۰	
<p>${}_{Z}^AY \rightarrow {}_{82}^{207}\text{Pb} + {}_{2}^4\text{He}$ پلونیوم</p> <p>$\begin{cases} A = 4 + 207 \rightarrow A = 211 \\ Z = 2 + 82 \rightarrow Z = 84 \end{cases} \rightarrow {}_{Z}^AY = {}_{84}^{211}Y = {}_{84}^{211}\text{Po}$</p> <p>${}_{Z}^AY \rightarrow {}_{82}^{207}\text{Pb} + {}_{-1}^0\text{e}$ تالیوم</p> <p>$\begin{cases} A = 207 + 0 \rightarrow A = 207 \\ Z = 82 - 1 \rightarrow Z = 81 \end{cases} \rightarrow {}_{Z}^AY = {}_{81}^{207}Y = {}_{81}^{207}\text{Tl}$</p>	<p>۳۱. سرب ${}_{82}^{207}\text{Pb}$ هسته دختر بایماری 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 ${}_{Z}^AX$ مشخص کنید.</p>	۳۱	

${}^{237}_{93}\text{Np} \rightarrow 3\alpha + \beta + {}^A_Z\text{X} \Rightarrow {}^{237}_{93}\text{Np} \rightarrow 3{}^4_2\text{He} + {}^A_Z\text{X} + e^-$ $\begin{cases} 237 = 12 + 0 + A \rightarrow A = 225 \\ 93 = 6 - 1 + Z \rightarrow Z = 88 \end{cases}$	<p>۲۲. نپتونیم ${}^{237}_{93}\text{Np}$ ایزوتوپی است که در راکتورهای هسته‌ای تولید می‌شود. این ایزوتوپ ناپایدار است و واپاشی آن از طریق گسیل ذرات α، β، α صورت می‌گیرد. پس از وقوع تمام این واپاشی‌ها، عدد اتمی و عدد جرمی هسته نهایی چقدر است؟</p>
<p>تعداد هسته‌های مادر پرتوزا</p>  <p>زمان نیمه‌عمر، زمانی است که تعداد هسته‌های اولیه (N_0) نصف می‌شود. با توجه به نمودار و تعیین نیمه عمر سه نمودار می‌توان نتیجه گرفت.</p> $T_{\frac{1}{2}}(2) < T_{\frac{1}{2}}(3) < T_{\frac{1}{2}}(1)$	<p>۲۳. شکل زیر نمودار تغییرات تعداد هسته‌های مادر پرتوزای سه نمونه را برحسب زمان نشان می‌دهد. نیمه‌عمر این سه نمونه را با هم مقایسه کنید.</p> 

$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2^n} = \%1 / 56 = \frac{1}{64} = \frac{1}{2^6} \Rightarrow n = 6$ $n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} \rightarrow 6 = \frac{t}{5730 \text{ (Year)}} \rightarrow t = 34380 \text{ (Year)}$	<p>۳۴. 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 درهم 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.</p> <p>اتم های کربن جوئی 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.</p> <p>وقتی موجود زنده ای می میرد، مقدار کربن پرتوزای به تله افتاده در موجود غیرزنده، با نیمه عمر ۵۷۳۰ سال رو به کاهش می گذارد. کربن ۱۴ موجود در یک نمونه زغال قدیمی، ۱/۵۶ درصد (معادل $\frac{1}{16}$) مقدار عادی کربن ۱۴ موجود در زغالی است که تازه تولید شده است. سن تقریبی این زغال قدیمی چقدر است؟</p>	۳۴
$n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} \rightarrow n = \frac{4h}{1h} \rightarrow n = 4$ $N = \frac{N_0}{2^n} = \frac{N_0}{2^4} = \frac{N_0}{16}$	<p>۳۵. نیمه عمر بیسموت ۲۱۲ حدود ۶۰ دقیقه است. پس از گذشت چهار ساعت، چه کسری از ماده اولیه، در نمونه ای از این بیسموت، باقی می ماند؟</p>	۳۵