

فصل ۱ فیزیک دوازدهم

رشته علوم تجربی

منطبق بر کتاب درسی

گروه فیزیک استان گیلان

راهنمای حل



گروه فیزیک استان گیلان

حرکت بر خط راست

صفحه pdf	صفحه کتاب درسی	فعالیت / پرسش / تمرین / مسائل	
۱-۱- حرکت شناسی			
۱	۳-۲	پرسش ۱-۱	۱
۲	۳	فعالیت ۱-۱	۲
۲	۴	پرسش ۲-۱	۳
۳	۵	تمرین ۱-۱	۴
۴	۸	پرسش ۳-۱	۵
۴	۹	تمرین ۲-۱	۶
۵	۹	پرسش ۴-۱	۷
۵	۱۰	پرسش ۵-۱	۸
۵	۱۰	تمرین ۳-۱	۹
۶	۱۲	پرسش ۶-۱	۱۰
۶	۱۲	تمرین ۴-۱	۱۱
۷	۱۳	تمرین ۵-۱	۱۲
۸	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	۱۵-۱۴	تمرین ۷-۱	۲۷
۱۶	۲۴	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۴	۲۸

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

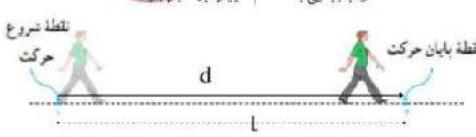
@GamBeG

پاسخ پرسش های فصل اول --- ۱-۱ - حرکت شناسی

آقایان راسخ - ابراهیم بور و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

نهیه و تنظیم قوسط همکاران:

مسافت و جابجایی بعلت عدم تغییر جهت برایم است



مسافت و جابجایی بعلت تغییر جهت برایمیست. و اندازه

مسافت بیشتر از جابجایی است



مسافت و جابجایی بعلت تغییر جهت برایمیست. و اندازه

جابجایی است

مسافت حرکت با نقطه چین مشخص شده است. (مسافت d)

پاره خط جهت دار بردار جابجایی است.



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 جابجایی آن را روی شکل مشخص و اندازه بردار جابجایی آن را با مسافت بیموده شده مقایسه کنید.



بررسی ۱-۱

اگر سکل اتفا شخصی را در حال پیاده روی در واسطه خط راست و بدون تغییر جهت، از مکان ۱ به مکان ۲ شان می دهیم مسیر حرکت و بردار جابجایی شخص را روی سکل مشخص و اندازه بردار جابجایی را با مسافت مقایسه کنید.

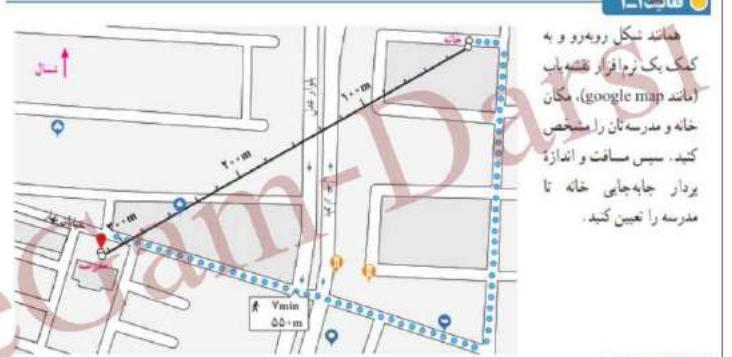
۲- شخص پس از رسیدن به مکان ۲ برمی گردد و روی همان مسیر به مکان ۳ می رود (شکل ب). مسیر حرکت و بردار جابجایی شخص را روی شکل مشخص و اندازه بردار جابجایی را با مسافت بیموده شده مقایسه کنید.



در این فعالیت دانش آموز به کمک فناوری و نرم افزارهای کاربردی به اهمیت استفاده از علم در زندگی بیشتر برمی گردید.

$$\text{مسافت} = L = 55 \text{ m}$$

$$\text{جایجاوی} = |\vec{d}| \approx 32 \text{ m}$$



فعالیت ۱-۱

همانند شکل رویه را به کمک یک برنامه اغار نقشه باب (gmap map)، مکان خانه و مدرسه جان را مشخص کنید. بیس مسافت و اندازه بودار جایجاوی خانه نا مدرسه را تعیین کنید.

۲

بررسی ۱-۲ در چه صورت اندازه سرعت متوسط یک منحرک با تندی متوسط آن برابر است؟ برای پاسخ خود می توانید به شکل های بررسی ۱-۱ نیز توجه کنید.

۳

با توجه به دو رابطه تندی متوسط $\bar{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t}$ و سرعت متوسط $s_{av} = \frac{L}{\Delta t}$ ، زمانی با هم برابر خواهد بود که متحرک بر روی خط راست حرکت کند دارای اندازه بودار جایجاوی و مسافت برابر باشد.

پاسخ پرسش های فصل اول --- ۱-۱ - حرکت شناسی

آقایان راسخ - ابراهیم بور و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیرازاده

نهیه و تنظیم توسط همکاران:

جهت حرکت	سرعت متوسط	بردار جایجایی	مکان آغازین	مکان آغازین	
X متحرک	$\tau / \text{m} / \text{s} \vec{i}$	$\lambda / \tau m \vec{i}$	$\tau / \tau m \vec{i}$	$-\tau m \vec{i}$	A متحرک
X متحرک	$-\tau / \tau m / \text{s} \vec{i}$	$-\lambda / \tau m \vec{i}$	$-\tau / \tau m \vec{i}$	$\tau / \tau m \vec{i}$	B متحرک
X متحرک	$\tau / \tau m / \text{s} \vec{i}$	$\lambda / \tau m \vec{i}$	$\lambda / \tau m \vec{i}$	$\tau m \vec{i}$	C متحرک
X متحرک	$\tau / \tau m / \text{s} \vec{i}$	$\lambda / \tau m \vec{i}$	$\lambda / \tau m \vec{i}$	$-\tau / \tau m \vec{i}$	D متحرک

$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_f - \vec{d}_i = \tau / \tau m \vec{i} - (-\tau m \vec{i}) = \lambda / \tau m \vec{i} \quad \text{A متحرک}$$

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} = \frac{\lambda / \tau m \vec{i}}{\tau s} = \lambda / \tau m \vec{i}$$

$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_f - \vec{d}_i \rightarrow -\tau / \tau m \vec{i} = -\tau / \tau m \vec{i} - \vec{d}_i \\ \rightarrow \vec{d}_i = \tau / \tau m \vec{i} \quad \text{B متحرک}$$

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} = \frac{-\tau / \tau m \vec{i}}{\tau s} = -\lambda / \tau m \vec{i}$$

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

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} = \frac{\tau / \tau m \vec{i}}{\tau s} = 1 / \tau m \vec{i}$$

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{d}}{\Delta t} \rightarrow \tau / \tau m / \text{s} \vec{i} = \frac{\Delta \vec{d}}{\tau s} \rightarrow \Delta \vec{d} = \tau / \tau m \vec{i} \quad \text{D متحرک}$$

$$\Delta \vec{d} = \vec{d}_f - \vec{d}_i \rightarrow \tau / \tau m \vec{i} = \vec{d}_f - (-\tau / \tau m \vec{i}) = \\ \rightarrow \vec{d}_f = \lambda / \tau m \vec{i}$$

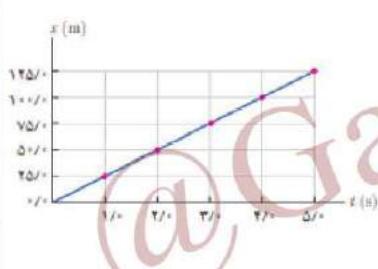
جدول زیر را کامل کنید. فرض کنید هر چهار متحرک در مدت زمان $\tau = 5$ ثانیه فاصله بین مکان آغازین و مکان باقیمانده را طبق می کند

جهت حرکت	سرعت متوسط	بردار جایجایی	مکان آغازین
	$(\tau / \tau m) \vec{i}$	$(-\tau / \tau m) \vec{i}$	A متحرک
	$(-\tau / \tau m) \vec{i}$	$(-\tau / \tau m) \vec{i}$	B متحرک
	$(\lambda / \tau m) \vec{i}$	$(\tau / \tau m) \vec{i}$	C متحرک
	$(\tau / \tau m) \vec{i}$	$(-\lambda / \tau m) \vec{i}$	D متحرک

پاسخ پرسش های فصل اول --- ۱-۱ - حرکت شناسی
آقایان راسخ - ابراهیم بور و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیرازده

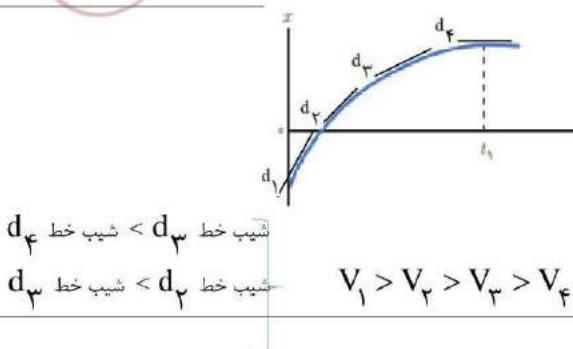
<p>(الف) در زمان های t_1 و t_2</p> <p>(ب) در بازه (صفر تا t_1) و (t_1 تا t_2) و (t_2 تا t_3)</p> <p>(ب) در بازه (t_1 تا t_2) و (t_2 تا t_3)</p> <p>(ت) دوبار - t_1 و t_2</p> <p>(ث) در جهت محور x</p> <p>ب) در بازه صفر تا ۴s و ۶s تا ۸s</p> <p>الف) در لحظه ۸s</p> <p>ت) ۴s تا ۶s</p> <p>(ث)</p>	<p>بررسی ۱-۳</p> <p>با توجه به نمودار مکان - زمان رویه رو به بررسی های زیر پاسخ دهد :</p> <p>(الف) متوجه چندبار از مبدأ مکان عبور می کند؟</p> <p>(ب) در کدام بازه های زمانی متوجه در حال دور میدان از مبدأ است؟</p> <p>(ب) در کدام بازه های زمانی متوجه در حال تردیک شدن به مبدأ است؟</p> <p>(ت) چهت حرکت چندبار تغییر کرده است؟ در چه لحظه هایی؟</p> <p>(ت) جایه جایی کل در چهت مدور است با خلاف آن؟</p> <p>نمرين ۱-۲</p> <p>نمودار مکان - زمان دوچرخه سواری را نشان می دهد که روی مسیری مستقیم در حال حرکت است.</p> <p>(الف) در کدام بازه های زمانی دوچرخه سوار پیشترین فاصله از مبدأ را دارد؟</p> <p>(ب) در کدام بازه زمانی دوچرخه سوار در جهت محور x حرکت می کند؟</p> <p>(ت) در کدام بازه زمانی، دوچرخه سوار در خلاف چهت مدور x حرکت می کند؟</p> <p>(ت) تندی متوسط و سرعت متوسط دوچرخه سوار را در هر یک از بازه های زمانی ۰ تا ۲s، ۲s تا ۴s، ۴s تا ۵s، ۵s تا ۶s، ۶s تا ۷s، ۷s تا ۸s، ۸s تا ۹s، ۹s تا ۱۰s حساب کند.</p>														
$\Delta t = t_f - t_i$ $\Delta t_1 = 2s - 0s$ $\Delta t_2 = 6s - 4s$ $\Delta t_3 = 8s - 6s$ $\Delta t_4 = 10s - 8s$ $\Delta t_5 = 14s - 8s$	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">بازه زمانی</td> <td style="padding: 5px;">$S_{av} = \frac{1}{\Delta t}$</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">تندی متوسط</td> <td style="padding: 5px;">$S_{av} = \frac{\approx 2 \cdot m}{2s} = 1 \cdot \frac{m}{s}$</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">(الف)</td> <td style="padding: 5px;">$S_{av} = \frac{6 - 4}{2} = 1 \cdot \frac{m}{s}$</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">(ب)</td> <td style="padding: 5px;">$S_{av} = \frac{\approx 6 - 4}{2} = 1 \cdot \frac{m}{s}$</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">(ت)</td> <td style="padding: 5px;">$S_{av} = \frac{8 - 6}{2} = 1 \cdot \frac{m}{s}$</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">(ث)</td> <td style="padding: 5px;">$S_{av} = \frac{10 - 8}{2} = 1 \cdot \frac{m}{s}$</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">(ج)</td> <td style="padding: 5px;">$S_{av} = \frac{14 - 8}{2} = 3 \cdot \frac{m}{s}$</td> </tr> </table>	بازه زمانی	$S_{av} = \frac{1}{\Delta t}$	تندی متوسط	$S_{av} = \frac{\approx 2 \cdot m}{2s} = 1 \cdot \frac{m}{s}$	(الف)	$S_{av} = \frac{6 - 4}{2} = 1 \cdot \frac{m}{s}$	(ب)	$S_{av} = \frac{\approx 6 - 4}{2} = 1 \cdot \frac{m}{s}$	(ت)	$S_{av} = \frac{8 - 6}{2} = 1 \cdot \frac{m}{s}$	(ث)	$S_{av} = \frac{10 - 8}{2} = 1 \cdot \frac{m}{s}$	(ج)	$S_{av} = \frac{14 - 8}{2} = 3 \cdot \frac{m}{s}$
بازه زمانی	$S_{av} = \frac{1}{\Delta t}$														
تندی متوسط	$S_{av} = \frac{\approx 2 \cdot m}{2s} = 1 \cdot \frac{m}{s}$														
(الف)	$S_{av} = \frac{6 - 4}{2} = 1 \cdot \frac{m}{s}$														
(ب)	$S_{av} = \frac{\approx 6 - 4}{2} = 1 \cdot \frac{m}{s}$														
(ت)	$S_{av} = \frac{8 - 6}{2} = 1 \cdot \frac{m}{s}$														
(ث)	$S_{av} = \frac{10 - 8}{2} = 1 \cdot \frac{m}{s}$														
(ج)	$S_{av} = \frac{14 - 8}{2} = 3 \cdot \frac{m}{s}$														

$\Delta t = t_f - t_i$	بازه زمانی	$V_{av} = \frac{d}{\Delta t}$	سرعت متوسط
$\Delta t_1 = 2s - s$		$V_{av} = \frac{\approx 2 \cdot m}{2s} = 1 \frac{m}{s}$	
$\Delta t_2 = 5s - 4s$		$V_{av} = \frac{5 - 4}{1} = 1 \frac{m}{s}$	
$\Delta t_3 = 6s - 2s$		$V_{av} = \frac{\approx 2 \cdot m}{4s} = 6 / 66 \frac{m}{s}$	
$\Delta t_4 = 14s - 8s$		$V_{av} = \frac{-6 \cdot m}{6s} = -10 \frac{m}{s}$	
$\Delta t_5 = 14s - s$		$V_{av} = \frac{13m}{13s} = 1 \frac{m}{s}$	



با توجه به مثال ۱-۵، با توجه به ثابت یوden شبیه نمودار مکان - زمان برای هر بازه زمانی دلخواه ثابت است و همچنین در هر لحظه خط مماس بر نمودار برابر با سرعت متوسط می باشد می توان نتیجه گرفت سرعت لحظه ای منحرک با سرعت متوسط برابر است.

پرسش ۴-۱
از روی نمودار مکان - زمان توضیح دهدید در چه صورت سرعت لحظه ای منحرک همواره با سرعت متوسط آن برابر است.



پرسش ۱-۶
نمک روی رو نمودار مکان - زمان منحرکی را نشان می دهد که در اندام محور x در حرکت است.
(الف) از لحظه صفر تا لحظه t_1 سرعت منحرک رو به افزایش است یا کاهش؟
(ب) اگر در لحظه t_1 خط مماس بر منحنی موازی محور زمان باشد، سرعت منحرک در این لحظه مقدار است؟

پاسخ پرسش های فصل اول --- ۱-۱ - حرکت شناسی

آقایان راسخ - ابراهیم بور و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

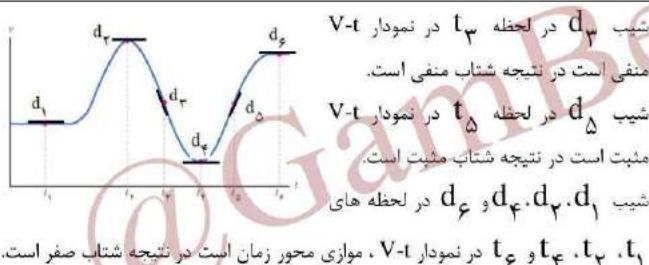
نهیه و تنظیم قوسط همکاران:

$$d_2 < d_1 \text{ شیب خط}$$

الف) سرعت متوجه رو به کاهش است.

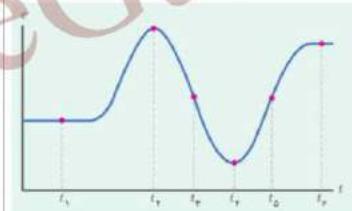
ب) در لحظه t_1 شیب خط موازی محور زمان است و سرعت برابر صفر می شود.

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



نمودار ۱-۳
شکل رو به رو نمودار مکان - زمان متوجه را نشان می دهد. خط مماس بر منحنی در لحظه $t = 4/5s$ رسم شده است. سرعت متوجه را در این لحظه بدست گیرید.

۹



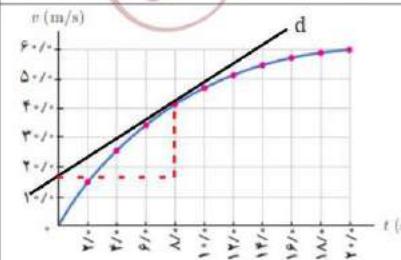
نمودار ۱-۴
شکل رو به رو نمودار سرعت - زمان دوچرخه سواری را نشان می دهد که در امتداد محور x در حرکت است. جهت شتاب دوچرخه سوار را در هر یک از لحظه های t_1, t_2, \dots, t_6 و بتعیین کنید.

۱۰



نمودار ۱-۵
نمودار سرعت - زمان خودروی که در راستای محور x حرکت می کند در بازه زمانی $0 \rightarrow 20s$ مطابق شکل رو به رو است.
الف) شتاب متوسط خودرو در این بازه زمانی چقدر است?
ب) شتاب خودرو را در لحظه $t = 8/5s$ بدست آورد.

۱۱



$$a_{av} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{6(m/s) - 0}{20s - 0} = 3 \frac{m}{s^2}$$

الف)

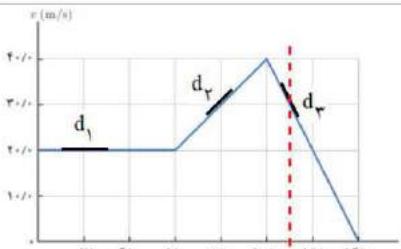
پاسخ پرسش های فصل اول --- ۱-۱ - حرکت شناسی

آقایان راسخ - ابراهیم بور و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیرازده

نهیه و تنظیم قوسط همکاران:

با $a = V_t - t$ شیب خط مسas در لحظه $t = 8s$ در نمودar $V-t$ =

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



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

(ب)

شیب d_1 در لحظه های $t = 2s$ در نمودar $V-t$ ، موازی محور زمان است در نتیجه شتاب صفر است.

شیب d_2 در بازه زمانی $6s$ تا $8s$ در نمودar $V-t$ ، ثابت است در نتیجه شتاب ثابت است.

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

شیب d_3 در بازه زمانی $8s$ تا $14s$ در نمودar $V-t$ ، ثابت است در نتیجه شتاب ثابت می باشد.

$$a_2 = a_{av} = \frac{V_f - V_2}{t_f - t_2} = \frac{-40 \text{ (m/s)}}{14s - 8s} = -10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

تمرین ۱-۵

نمودar سرعت - زمان خودروی که در راستای محور x حرکت می کند در بازه زمانی صفر تا $12s$ مطابق نشکل رویرو است.

(الف) شتاب خودرو در این بازه زمانی چقدر است؟
 (ب) شتاب خودرو را در هر یک از لحظه های $t = 2s$ و $t = 10s$ و $t = 14s$ بدست آورد.



۱۲



$$(f) s_{av} = \frac{L}{\Delta t} = \frac{\lambda \cdot km}{\frac{4}{3} h} = 66 \frac{km}{h} \quad V_{av} = \frac{d}{\Delta t} = \frac{6 \cdot km}{\frac{4}{3} h} = 45 \frac{km}{h}$$

ب) سرعت متوسط یک کمیت برداری است و تابع مسیر حرکت نیست. در صورتیکه تندی متوسط یک کمیت اسکالار و یا نرده ای است و به مسیر طی شده توسط متوجه 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.



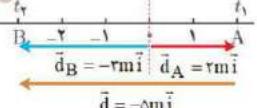
$$(f) \text{الف} \quad \begin{array}{ccccccc} & t_4 & & t_3 & & t_2 & \\ & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & \\ B & -2 & -1 & 1 & A & 3 & 4 & 5 & C & x (m) \\ \bar{d}_C = -3m\vec{i} & \bar{d}_A = 3m\vec{i} & \bar{d}_C = 6m\vec{i} & & & & & & & \end{array}$$

۹. متحرکی مطابق شکل در لحظه t_1 در نقطه A، در لحظه t_4 در نقطه B و در لحظه t_2 در نقطه C قرار دارد.

الف) بردارهای مکان متحرک را در هر یک از این لحظه ها روی محور x رسم کنید و بر حسب بردار یک بنویسید.

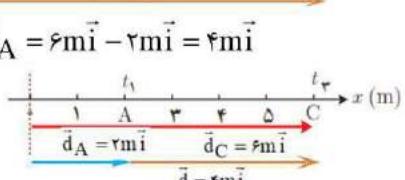
پ) بردار جابجایی متحرک را در هر یک از بازه های زمانی t_1-t_2 ، t_2-t_3 و t_3-t_4 بدست آورد.

$$(b) \text{الف} \quad t_4 - t_1 : \bar{d} = \bar{d}_B - \bar{d}_A = -3m\vec{i} - 3m\vec{i} = -6m\vec{i}$$



$$t_4 - t_1 : \bar{d} = \bar{d}_C - \bar{d}_B = 6m\vec{i} - (-3m)\vec{i} = 9m\vec{i}$$

$$(c) \text{الف} \quad t_4 - t_1 : \bar{d} = \bar{d}_C - \bar{d}_A = 6m\vec{i} - 3m\vec{i} = 3m\vec{i}$$



پاسخ پرسش های فصل اول --- ۱-۱ - حرکت شناسی

آقایان راسخ - ابراهیم بور و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

نهیه و تنظیم قوسط همکاران:

(الف) شیب خط متحرک C بیشتر از شیب خط متحرک A و شیب خط متحرک B موازی با محور زمان است. در نتیجه

$$a_C > a_A > a_B$$

$$a_B = 0$$

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

$$a_C = \frac{20 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\Delta X_A = v_{av} \Delta t = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 10 \text{ s} = 50 \text{ m}$$

$$\Delta X_B = v_{av} \Delta t = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 10 \text{ s} = 200 \text{ m}$$

$$\Delta X_C = v_{av} \Delta t = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 10 \text{ s} = 100 \text{ m}$$

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

$$a_{CB} = a_{av} = \frac{V_C - V_B}{t_C - t_B} = \frac{4 \text{ m/s} - 4 \text{ m/s}}{2 \text{ s} - 8 \text{ s}} = -0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

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

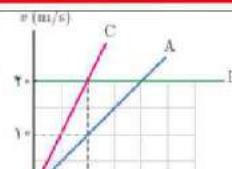
$$a_{av} = \frac{V_D - V_A}{t_D - t_A} = \frac{6 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{28 \text{ s} - 0 \text{ s}} = 0.21 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (\text{ب})$$

$$\Delta X = \Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 \quad (\text{ب})$$

$$\Delta X = v_{av1} \Delta t_{AB} + v_{av2} \Delta t_{AB} + v_{av3} \Delta t_{AB}$$

$$\Delta X = 8 \text{ m/s} + 4 \text{ m/s} \times 12 \text{ s} + 0.5 \text{ m/s} \times 8 \text{ s}$$

$$= 104 \text{ m}$$



۱۴. در شکل زیر نمودار سرعت - زمان سه متحرک ثابت داده شده است.

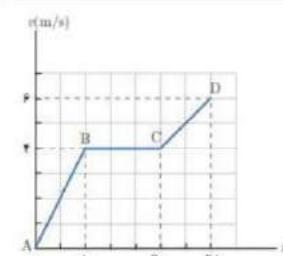
(الف) شتاب سه متحرک را به طور کافی با پکدیگر مقایسه کنید.

(ب) شتاب هر متحرک را به دست آورد.

(ب) در بازه زمانی $t = 10 \text{ s}$ تا $t = 20 \text{ s}$ جایه جایی این سه متحرک را بیدا کنید.

۱۵

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



۱۵. شکل زیر نمودار سرعت - زمان متحرکی را که در امتداد محور x حرکت می کند در مدت ۲۸ نانویه نشان می دهد.

(الف) شتاب در هر یک از مرحله های AB, BC, CD و DE چندراست؟

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

(ب) جایه جایی متحرک را در این بازه زمانی بیدا کنید.

۱۶

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

پاسخ پرسش های فصل اول --- ۱-۱ - حرکت شناسی

آقایان راسخ - ابراهیم بور و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیرزاده

نهیه و تنظیم قوسط همکاران:

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

$$a_2 = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = \frac{-10 \text{ m/s} - 10 \text{ m/s}}{15\Delta s - \Delta s} = -1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

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

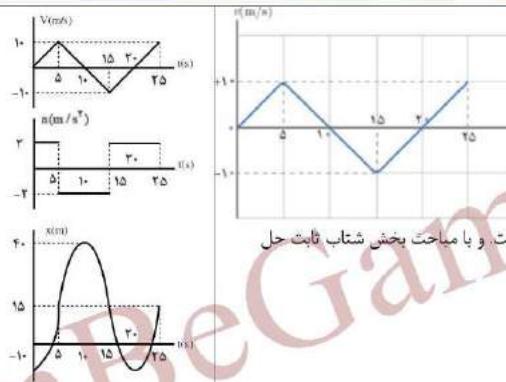
$$x_1 = \left(\frac{+10 \text{ m/s}}{2} \right) \Delta s - 10 \text{ m} = 15 \text{ m}$$

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

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

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

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



۱۷. نمودار سرعت - زمان منحرکی مطابق شکل زیر است.
 (الف) نمودار سطاب - زمان این منحرک را رسم کنید.
 (ب) اگر $x = -10 \text{ m}$ باشد نمودار مکان - زمان منحرک را رسم کنید.

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

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

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

$$V_r = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(1000 - 250) \text{ m}}{250 \cdot 5 \text{ s}} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$(ب)$$

$$V_r = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(250 - 1000) \text{ m}}{500 \cdot 5 \text{ s}} = -3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$(ت)$$

۱۸. شکل زیر نمودار مکان - زمان حرکت یک دونده دوی
 نیمه استقامت را در امتداد یک خط راست نشان می دهد.

(الف) ذر کدام بازه زمانی دونده سریعتر دویده است؟

(ب) از کدام بازه زمانی، دونده ایستاده است؟

(ج) سرعت دونده را در بازه زمانی 5 s تا 25 s حساب کنید.

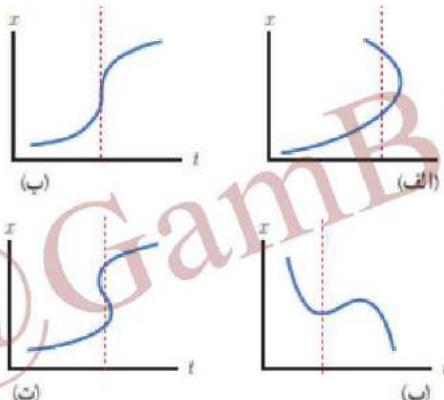
(د) سرعت متوسط دونده را در بازه زمانی 5 s تا 1000 s حساب کنید.

(ه) سرعت متوسط دونده را در بازه زمانی 5 s تا 500 s حساب کنید.

$$V_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(250 - 0)m}{100s} = 2.5 \frac{m}{s}$$

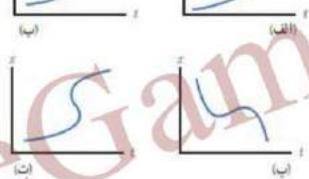
(ث)

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



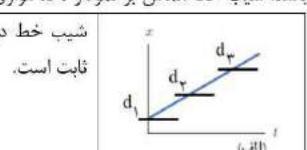
بر توضیح دهد کدام یک از نمودارهای مکان - زمان شکل زیر می تواند نشان دهنده نمودار اول باشد.

بر توضیح دهد کدام یک از نمودارهای مکان - زمان شکل زیر می تواند نمودار اول باشد.

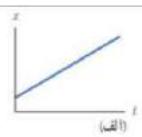


برای اینکه متوجه از حال سکون حرکت کند باید شبیه خط مماس بر نمودار $x-t$ موادی با محور زمان باشد که تنها در شکل ب و ت در لحظه $t=0$ رخ می دهد.
برای اینکه بر تندی متوجه افزوده شود باید شبیه خط مماس بر نمودار $x-t$ در حال افزایش باشد. شبیه خط مماس بر نمودار $x-t$ موادی با محور زمان باید در حال افزایش باشد.

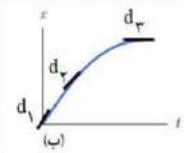
شبیه خط در نمودار الف ثابت است. در نتیجه سرعت ثابت است.



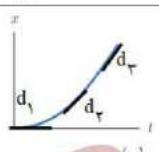
بر توضیح دهد از نمودارهای مکان - زمان شکل زیر کدام مواد را حرکت متوجه را توصیف می کند که از حال سکون شروع به حرکت کرده و به مردم بر تندی آن افزوده شده است.



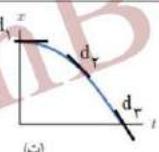
شیب خط مماس بر نمودار x با محور زمان مقدار می باشد. این شیب رفتہ کم شده تا موازی با محور زمان می رسد. در نتیجه در لحظه $t=0$ دارای تندی است و با گذشت زمان کم و صفر می شود.



شیب خط مماس بر نمودار x با محور زمان مواری است و مقدار تندی صفر است. که با گذشت زمان شیب خط مشت و افزایش می یابد. در نتیجه متوجه از حال سکون حرکت کرده و سرعت آن با گذشت زمان در جهت مشت محور X افزایش می یابد.

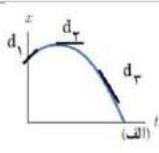


شیب خط مماس بر نمودار x با محور زمان مواری است و مقدار سرعت صفر است. که با گذشت زمان شیب خط منفی و افزایش می یابد. در نتیجه متوجه از حال سکون حرکت کرده و سرعت آن با گذشت زمان در جهت منفی محور X افزایش می یابد.

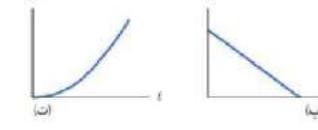
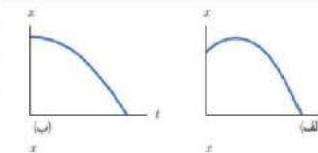


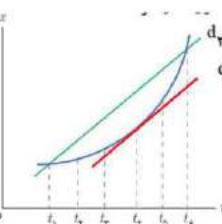
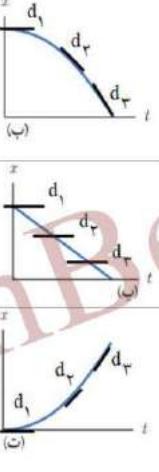
برای اینکه متوجه از سرعت اولیه در جهت محور X حرکت کند باید شیب خط مماس بر نمودار $x-t$ ، مشت باشد. و برای اینکه شتاب در خلاف جهت محور X باشد می باشد شیب مماس در هر لحظه در حال کاهش یا شیب خط مماس بر نمودار $x-t$ ، منفی و در حال افزایش باشد. گزینه الف درست است.

شیب خط مماس بر نمودار الف در لحظه $t=0$ مشت است. لذا دارای سرعت اولیه در جهت محور X می باشد. سرعت آن افزایش می یابد. شیب خط ابتدا مشت و با گذشت زمان در جهت مشت 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

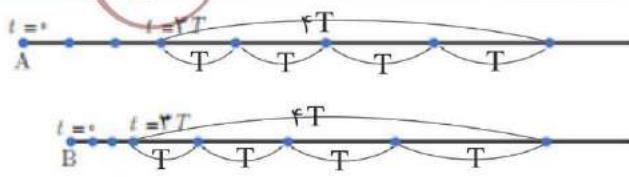


۹. توضیح دهد کدام یک از نمودارهای مکان-زمان شنان داده شده، حرکت منحرکی را توصیف می کند که سرعت اولیه آن در جهت محور x و شتاب آن بر خلاف جهت محور x است.



افزایش می باشد. در این بازه شتاب در خلاف جهت محور X می باشد.	شیب خط مماس بر نمودار d در لحظه $t = t_1$ با محور زمان موازی است و سرعت اولیه صفر می باشد. سپس شیب خط مماس بر نمودار $X-t$ منفی و در حال افزایش می باشد، در این بازه شتاب در خلاف جهت محور X می باشد.
شیب خط در نمودار d ثابت و منفی است. در نتیجه سرعت ثابت است و شتاب صفر است.	شیب خط مماس بر نمودار d با محور زمان موازی است و مقدار سرعت صفر است. که با گذشت زمان شیب خط مثبت و افزایش می باشد. در نتیجه منحرک از حال سکون حرکت کرده و سرعت آن با گذشت زمان در جهت مثبت محور X افزایش می باشد. و شتاب در جهت محور X خواهد بود.
الف) در لحظه t_1 و t_6 از کنار یکدیگر می گذرند.  ب) در لحظه t_4 که شیب برابر دارند تندی دو خودرو یکسان است. پ) در بازه t_1 و t_6 سرعت متوسط دو خودرو بعلت داشتن شیب برابر، مساویند	

۴. نشکل زیر نمودار مکان-زمان دو خودرو را نشان می دهد که در جهت محور x در حرکت اند. الف) در چه لحظه هایی دو خودرو از کنار یکدیگر می گذرند؟ ب) در چه لحظه هایی دو خودرو تندی دو خودرو یکسان است؟ پ) سرعت متوسط دو خودرو را در بازه زمانی t_1 تا t_6 با هم مقایسه کنید.



الف) سرعت اولیه خودروی A بیشتر است.

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

ب) سرعت نهایی خودروی B بیشتر است.

جایجایی متحرک B در زمان برابر بیشتر از متحرک A می باشد از آنجاییکه 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.

تفییرات سرعت متحرک B در بازه $4T$ بیشتر از تفییرات سرعت متحرک A در این بازه زمانی است

در نتیجه شتاب متحرک B بیشتر از A است.

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

$$t = 0 \rightarrow x_1 = 4$$

$$t = 2 \rightarrow x_2 = 8m - 12m + 4m = 0$$

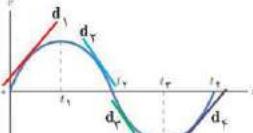
$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0 - 4m}{2s} = -2 \frac{m}{s}$$

درباره زمانی (0 تا t_1) و (t_1 تا t_4) شیب خط d_1 و d_4 نمودار $v-t$ ، مشتب است

در نتیجه بردار شتاب در جهت محور X است.

و در دو زمانی (t_1 تا t_2) و (t_2 تا t_3) شیبدرباره زمانی (t_1 تا t_2) و (t_2 تا t_3) شیب d_2 و d_3 نمودار $v-t$ ، منفی است. در نتیجه

بردار شتاب در خلاف جهت محور X است.



۱۱. هر یک از شکل های زیر مکان یک خودرو را در لحظه های $t = 0$, $t = T$, $t = 2T$, ..., $t = 7T$ و $t = 8T$ 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.

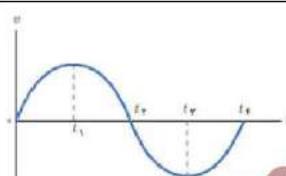
پ) کدام خودرو شتاب بیشتری دارد.

۲۲

۱۲. معادله حرکت جسمی در SI به صورت $x = t^3 - 3t^2 + 4$ است.الف) مکان متحرک را در $t = 0$ و $t = 2s$ بدست آورد.

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

۲۴



۱۳. نمودار سرعت - زمان متحرکی در شکل زیر نشان داده شده است. تعیین کند کدام بازه های زمانی بردار شتاب در جهت محور X است. تعیین کند کدام بازه های زمانی برخلاف جهت محور X است.

۲۵



پاسخ پرسش های فصل اول --- ۲-۱ حرکت با سرعت ثابت

آقای راسخ و خانم ها موممنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

تمرین ۱-۶

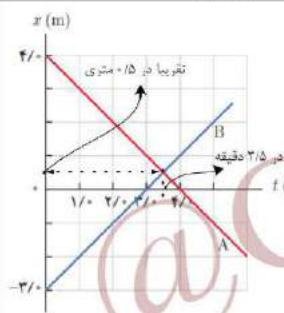
شکل مقابل نمودار مکان - زمان دو منحرک A و B را نشان می دهد که در راستای محور x حرکت می کنند. سرعت هر منحرک را بینا کرد و معادله مکان - زمان آنها را بتوسید.

۲۶

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

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

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



(الف)

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

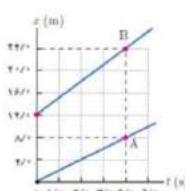
$$V_B = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{8 \text{ m} - (-4) \text{ m}}{4 \text{ min}} = 3 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

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

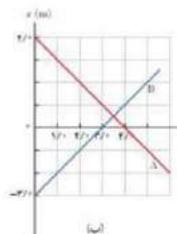
$$x_A = x_B \rightarrow -1(\text{m/min})t + 4\text{m} = 3(\text{m/min})t - 4\text{m} \rightarrow$$

$$4t = 8 \text{ min} \rightarrow t = 2 \text{ min}$$

$$x_A = -1(\text{m/min}) \times 2 / \text{min} + 4\text{m} = 0 / \text{min}$$



(ب)



(ب)

شکل (الف)، مکان - زمان دو گش دوزک A و B را که در راستای محور x حرکت می کنند در لحظه $t = 4$ نشان می دهد. نمودار (الف) از روی نمودار به طور تقریبی تعیین گش دوزک ها در چه لحظه و در چه مکانی به یکدیگر می رسدند. (ب) با استفاده از معادله مکان - زمان، مکان و مهرسی گش دوزک ها را بینا کنید.

(الف)



(الف)

۲۷

جسمی با سرعت ثابت بر مسیری مستقیم در حرکت است. **۱۶**

اگر جسم در لحظه $t_1 = 5\text{ s}$ در مکان $x_1 = 6\text{ m}$ و در لحظه $t_2 = 20\text{ s}$ در مکان $x_2 = 36\text{ m}$ باشد.

(الف) معادله مکان - زمان جسم را بنویسید.

(ب) نمودار مکان - زمان جسم را رسم کنید.



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

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

$$\rightarrow x_0 = -10\text{ m} + 6\text{ m} = -4\text{ m}$$

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



پاسخ پرسش های فصل اول --- ۲-۱ حرکت با سرعت ثابت

آقای راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

نهیه و تنظیم قوسط همکاران:

$$\Delta t_1 = 4s \quad \Delta t_2 = 4s \quad \Delta t_3 = 2s$$

$$d = (10m - \Delta m) + (10m - 10m) + (10m - 10m) = -\Delta m \quad (\text{الف})$$

$$s = \left| (10m - \Delta m) \right| + \left| (10m - 10m) \right| + \left| (10m - 10m) \right| = 15m$$

$$v_{1\text{av}} = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1} = \frac{10m - \Delta m}{4s} = 10.25 \frac{m}{s} \quad (\text{ب})$$

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

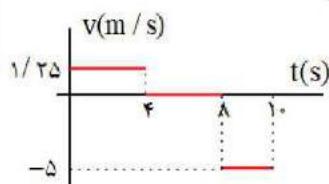
$$v_{3\text{av}} = \frac{\Delta x_3}{\Delta t_3} = \frac{10m - 10m}{2s} = -5 \frac{m}{s}$$

$$v_{4\text{av}} = \frac{\Delta x_4}{\Delta t_4} = \frac{10m - \Delta m}{1s} = -10 \frac{m}{s}$$

$$x_1 = v_1 t + x_0 \rightarrow x_1 = 10.25 \left(\frac{m}{s} \right) t + \Delta m \quad (\text{پ})$$

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

$$x_3 = v_3 t + x_2 \rightarrow x_3 = -5 \left(\frac{m}{s} \right) t + 10m \quad (\text{ت})$$



۱۰. شکل زیر نمودار مکان - زمان منحرکی را نشان می دهد که در این تابع مجموعه حرکت می کند.

(الف) جایه جایی و مسافت بیموده شده توسط منحرک در کل زمان حرکت چقدر است؟

(ب) سرعت متوسط منحرک را در هر یک از بازه های زمانی $10/4 \text{ s} \leq t < 10/3 \text{ s}$ ، $10/3 \text{ s} \leq t < 10/2 \text{ s}$ و $10/2 \text{ s} \leq t < 10/1 \text{ s}$ همچنین در کل زمان حرکت بدست آورید.

(ب) معادله حرکت منحرک را در هر یک از بازه های زمانی $10/4 \text{ s} \leq t < 10/3 \text{ s}$ ، $10/3 \text{ s} \leq t < 10/2 \text{ s}$ و $10/2 \text{ s} \leq t < 10/1 \text{ s}$ بنویسید.

(ت) نمودار سرعت - زمان منحرک رارسم کنید.

پاسخ پرسش های فصل اول --- ۲-۱ حرکت با سرعت ثابت

آقای راسخ و خانم ها موممنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

نهیه و تنظیم نوسط همکاران:

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

$$x_B = (\frac{60 \cdot m - 30 \cdot m}{20s})t + 30 \cdot m \rightarrow x_B = 15(\frac{m}{s})t + 30 \cdot m$$

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

$$x_A = (\frac{30 \cdot m - (-30 \cdot m)}{10s})t - 30 \cdot m \rightarrow x_A = 30(\frac{m}{s})t - 30 \cdot m$$

$$x_A = x_B$$

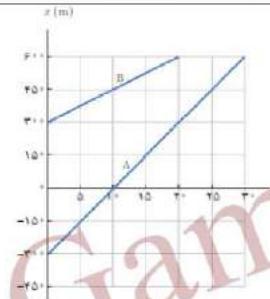
$$30(\frac{m}{s})t - 30 \cdot m = 15(\frac{m}{s})t + 30 \cdot m$$

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

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

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

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



(ب)

۴۷. 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

۴۸. داشتن محل قرارگیری یک ماہواره در مأموریت‌های فضایی و اطیبان از اینکه ماہواره در مدار بیشینی شده قرار گرفته، یکی از مأموریت‌های کارشناسان فضایی است. بدین منظور تپه‌های الکترومغناطیسی را که با سرعت نور در فضا حرکت می‌کنند، به طرف ماہواره مورد نظر می‌فستند و با تاب آن توسط ایستگاه زمینی دریافت می‌شود. اگر زمان رفت و برگشت یک تپ تپ $24/0$ نانیه باشد، فاصله ماہواره از ایستگاه زمینی، تقریباً چقدر است؟

۳۱



تمرین ۱۸



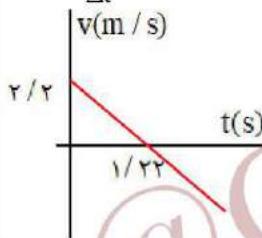
مقابلة سرعت - زمان متغیر که در امتداد محور x حرکت می‌کند در SI بهصورت $v = -1/4t + 2/4$ است.
 (الف) سرعت متغیر در لحظه $t = 4/4$ چقدر است؟ (ب) سرعت متوسط متغیر و جایه جایی آن در بازه زمانی صفر تا $t = 4$ مقدار است؟ (س) مودار سرعت - زمان آن متغیر رارسم کنید.

$$v = -1/4(m/s) \times t(s) + 2/4(m/s) = -\Delta(m/s)$$

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

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

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



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

الف) تندی متغیر ک شکل الف در حال کاهش است.

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

ب) تندی متغیر ک شکل ب در حال افزایش است.

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

پ) تندی متغیر ک شکل پ در حال افزایش است.

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

ت) تندی متغیر ک شکل ت در حال کاهش است.

۴۲

فایل ۱-۱



در تمامی حالت‌های شکل زیر، خودروها در امتداد محور x و باشتاب ثابت در حرکت‌اند. حرکت هر یک از خودروها، قوطی گذاریک از نمودارهای ۱-۱ توصیف می‌شود؟ همچنین توضیح دهد تندی گدام خودرو در حال افزایش (حرکت تندتسونده) و تندی گدام خودرو در حال کاهش (حرکت گذشته‌سونده) است.



۴۳

پاسخ پرسش های فصل اول — ۳-۱ حرکت با شتاب ثابت

آقای راسخ و خانم ها رضایی و علیزاده و صادق موسوی

نهیه و تنظیم قوسط همکاران:

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

$$60 \cdot s = t^2 + 10t \rightarrow (t - 6s)(t + 10s) = 0 \rightarrow t = 6s$$

$$v = at + v_0 = 1m/s^2 \times 6s + 5m/s = 11m/s$$

راه دیگر، پس از مطالعه قسمت بعدی کتاب

$$v_0 = 18 \text{ km/h} = 18 \times \frac{m}{3600s} = 5m/s$$

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

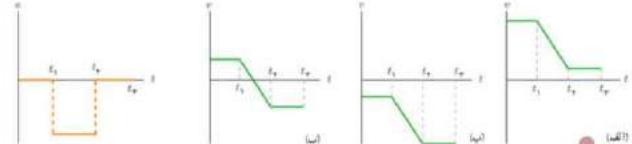
$$v = \sqrt{625(m^2/s^2)} = 25m/s$$

نمره ۱۴ خودروی با سرعت 18 km/h در امتداد مسیری مستقیم از چهارراهی می‌گذرد تندی آن با شتاب $1/m/s^2$ افزایش می‌یابد. سرعت خودرویی از $30 \cdot m$ جایه‌جایی بقدر است؟

۳۴

در تمام شکل های الف، ب و پ دریازه صفر تا t_1 سرعت ثابت است و شتاب صفر است.در تمام شکل های الف، ب و پ دریازه t_1 تا t_2 سرعت با زمان تغییر می‌کند و شیب خط منفی می‌باشد و شتاب منفی است.در تمام شکل های الف، ب و پ دریازه t_2 تا t_3 سرعت ثابت است و شتاب صفر است.

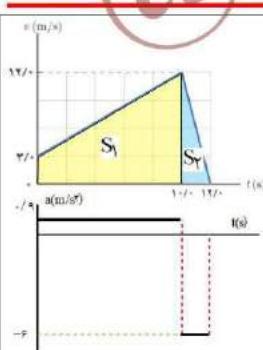
پرسش ۱۵ نمودار شتاب - زمان متحرکی که در امتداد محور x حرکت می‌کند مطابق شکل زیر است. توضیح دهد چگونه هر یک از نمودارهای سرعت - زمان نشکل های الف، ب و پ می‌تواند متناظر با این نمودار شتاب - زمان باشد.



۳۵

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

نهیه و تنظیم قوسط همکاران:



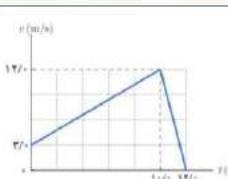
(الف) جهت حرکت تغییر نکرده لذا مسافت و جابجایی برابر است.

$$\begin{aligned} s &= s_1 + s_2 = \\ &= \left(\frac{v(m/s) + 12(m/s)}{2} \right) \times 1 \cdot s + \frac{1}{2} \times 12(m/s) \times 2s \\ &= 12m \end{aligned}$$

$$\Delta x = s = 12m \quad (ب)$$

$$a_1 = \frac{12(m/s) - 0(m/s)}{1 \cdot s} = 12m/s^2 \quad (ب)$$

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



- آهونی در سیزده میلی متریستم در اندام محور ۲۰ من دود، تندار سرعت - زمان آور برای زمان صفر تا ۱۲/۰ مطابق نشکل است، در این بازه زمانی
آور برای زمان صفر تا ۱۲/۰ مطابق نشکل است، در این بازه زمانی
(الف) شتاب کل بیوودست، تسطیع اهر را بدست آورید.
(ب) جابجایی خود را بدانید.
(ب) تندار شتاب - زمان آور را بسازید.

$$v = at + v_0$$

$$\Delta t_1 = \Delta s \rightarrow v_1 = 2 \left(\frac{m/s}{s} \right) \times \Delta s + 0 = 2(\text{m/s})$$

$$\Delta t_2 = 1 \cdot s \rightarrow v_2 = v_1 = 2(\text{m/s})$$

$$\Delta t_3 = 1 \cdot s \rightarrow v_3 = -2 \left(\frac{m/s}{s} \right) \times 1 \cdot s + 2 = -2(\text{m/s})$$

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

$$\Delta t_2 = 1 \cdot s \rightarrow x_2 = 1 \cdot m/s \times 1 \cdot s + 2\Delta m = 12\Delta m$$

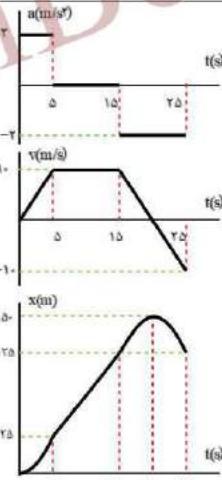
مکان ماشین را ابتدا در لحظه ۰ که سرعت صفر است را بدست

$$v = at + v_0 \quad \text{می آورید.}$$

$$-2(\text{m/s}^2) \Delta t + 0 \cdot m/s = 0 \rightarrow \Delta t = \Delta s$$

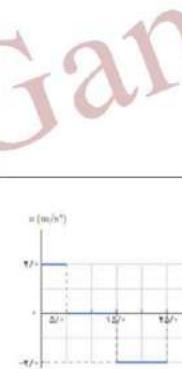
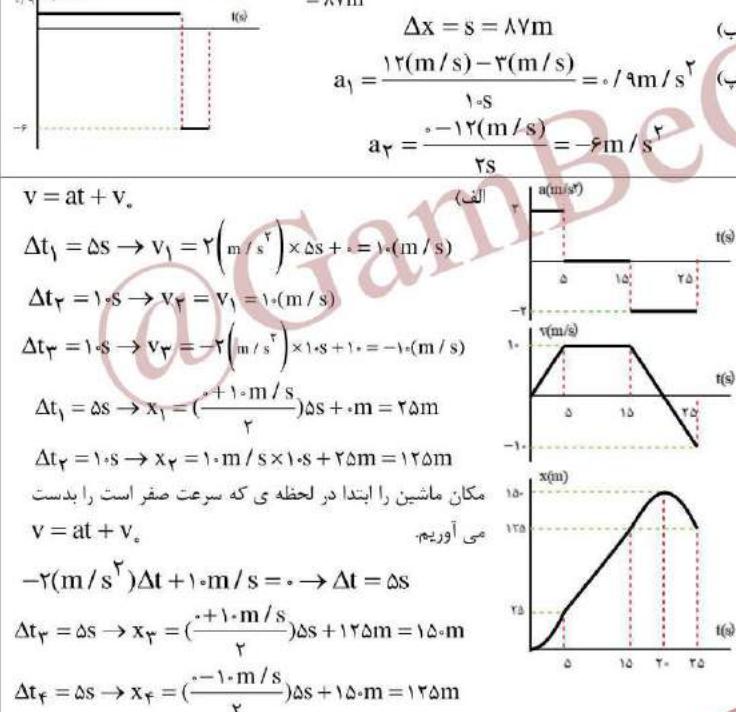
$$\Delta t_3 = \Delta s \rightarrow x_3 = \left(\frac{0-2}{2} \cdot m/s \right) \Delta s + 12\Delta m = 15 \cdot \Delta m$$

$$\Delta t_4 = \Delta s \rightarrow x_4 = \left(\frac{0-2}{2} \cdot m/s \right) \Delta s + 15 \cdot \Delta m = 17\Delta m$$



- نکل مطالعه تندار شتاب - زمان پک ماشین اسیاب بازی را شناس می دهد که در اندام محور ۷ تندار سرعت - زمان دیگر داشته باشد. با فرض $v_0 = 0$ در بازه زمانی صفر تا ۵/۰ متر

- (الف) تندارهای سرعت - زمان و مکان - زمان این ماشین را رسم کنید.
(ب) با توجه به تندار سرعت - زمان، متخصص کنید در کدام بک از بازه های زمانی، حرکت ماشین تندروند، گذشتوند و یا سرعت ثابت است.
(ب) شتاب متوسط ماشین را بدانید.
(ت) جابجایی ماشین را بدانید.

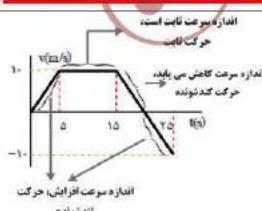


- نکل مطالعه تندار شتاب - زمان پک ماشین اسیاب بازی را شناس می دهد که در اندام محور ۷ تندار سرعت - زمان دیگر داشته باشد. با فرض $v_0 = 0$ در بازه زمانی صفر تا ۵/۰ متر

- (الف) تندارهای سرعت - زمان و مکان - زمان این ماشین را رسم کنید.
(ب) با توجه به تندار سرعت - زمان، متخصص کنید در کدام بک از بازه های زمانی، حرکت ماشین تندروند، گذشتوند و یا سرعت ثابت است.
(ب) شتاب متوسط ماشین را بدانید.
(ت) جابجایی ماشین را بدانید.

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

تئیه و تنظیم توسط همکاران:



(ب)

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

$$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{-10 \text{ m/s} - 0}{20 \text{ s} - 0} = -0.5 \text{ m/s}^2$$

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

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

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

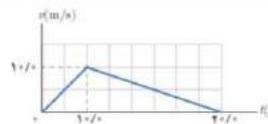
$$\frac{\Delta t = \Delta s}{\rightarrow v_1 = a_1 t + v_i = 1 \text{ m/s} \times 1 \text{ s} = 1 \text{ m/s}}$$

$$v_{1av} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{1 \text{ m/s} + (-10 \text{ m/s})}{2} = -4.5 \text{ m/s}$$

$$a_2 = \frac{-1 \cdot m/s}{4 \cdot s - 1 \cdot s} = -1 \text{ m/s}^2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\Delta t = \Delta s}{\rightarrow v_2 = a_2 \Delta t + v_1 = -1 \text{ m/s} \times 15 \text{ s} + 1 \text{ m/s} = -14 \text{ m/s}} \\ v_{2av} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{-14 \text{ m/s} + 1 \text{ m/s}}{2} = -6.5 \text{ m/s} \end{array} \right.$$

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



۱۸. نمودار $v-t$ منحرکی که در اندام محور x حرکت می کند
بطلاق شکل زیر است، سرعت متوسط منحرک در بازه زمانی
 $5/\text{s} \leq t \leq 10/\text{s}$ چند برابر سرعت متوسط آن در بازه زمانی
 $25/\text{s} \leq t \leq 30/\text{s}$ است؟

۳۸

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

نهیه و تنظیم قوسط همکاران:

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

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

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

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

جاگذاری رابطه ۱ در رابطه ۲ خواهیم داشت.

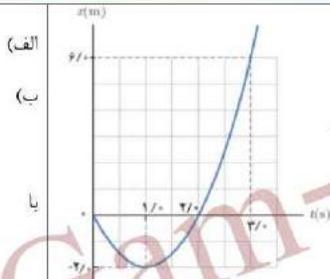
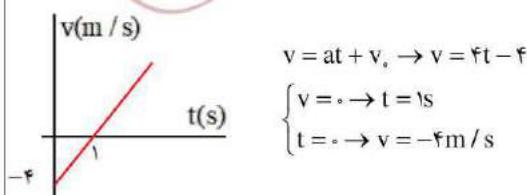
$$(1) \& (2) \rightarrow 3a(s^2) + 2 \times -a(s)(s) = 4m \rightarrow a = 4m/s^2$$

$$v_0 = -4m/s$$

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0 \rightarrow x = 2t^2 - 4t$$

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

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



۱۹) شکل زیر نمودار مکان - زمان متحرکی را نشان می دهد که در انداد محور زمان بیان تابع ثابت در حرکت است.

(الف) سرعت متوسط متحرک در آن زمانی صفر نباشد، چند مترب نایه است؟

(ب)

معادله مکان - زمان متحرک را بنویسید.

(ب)

سرعت متحرک را در لحظه $t = 3/2$ بینا کنید.

(ب)

نمودار سرعت - زمان متحرک رارسم کنید.

$$v_2^2 - v_1^2 = 2a\Delta x \rightarrow 25(m/s)^2 - 16(m/s)^2 = 2a(19m - 10m) \quad (\text{الف})$$

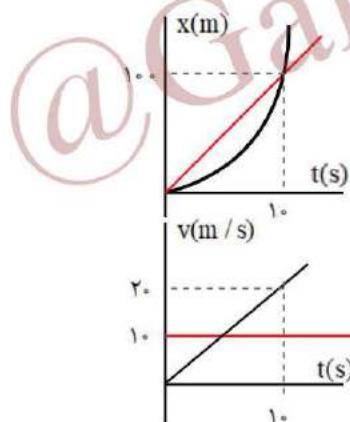
$$a = 0.5m/s^2$$

$$v_2 = a\Delta t + v_1 \rightarrow \Delta(m/s) = 0.5(m/s)^2 \Delta t + 4(m/s) \quad (\text{ب})$$

$$\Delta t = 2s$$

$$\begin{cases} x_1 = \frac{1}{2}at^2 = t^2 \\ x_2 = vt = t \end{cases} \rightarrow x_1 = x_2 \rightarrow t^2 = 1 \cdot t \rightarrow t = 1s \quad (\text{الف})$$

$$x_1 = t^2 = 1 \cdot 1m$$



۴۰ **a)** متوجهی در امتداد محور x و با شتاب ثابت در حرکت است. در اینکان $x = +10m$ سرعت متوجه $+4m/s$ و در مکان $+10m$ است.

b) سرعت متوجه $+10km/h$ است.

c) شتاب حرکت آن چقدر است؟

d) پس از چه مدتی سرعت متوجه از $+4m/s$ به سرعت $+10km/h$ می‌رسد؟

۴۱ **a)** خودرویی پشت جراغ قرمز ایستاده است. با سبز شدن جراغ، خودرو با شتاب $2m/s^2$ شروع به حرکت می‌کند. در همین لحظه، کامیونی با سرعت ثابت $36km/h$ از آن سبقت می‌گیرد.

b) (الف) در چه لحظه و در چه مکانی خودرو به کامیون می‌رسد؟

c) نمودار مکان - زمان را برای خودرو و کامیون در یک دستگاه مختصات رسم کنید.

d) نمودار سرعت - زمان را برای خودرو و کامیون در یک دستگاه مختصات رسم کنید.

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

تئیه و تنظیم توسط همکاران:

الف) شتاب در لحظات $t = 15\text{s}$, $t = 11\text{s}$, $t = 3\text{s}$ بعلت ثابت بودن سرعت، برابر صفر است.

$$t = \lambda s \rightarrow a = \frac{15(\text{m/s}) - 5(\text{m/s})}{11\text{s} - 3\text{s}} = 2(\text{m/s}^2)$$
(ب)

$$a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \rightarrow a_{av} = \frac{15(\text{m/s}) - 5(\text{m/s})}{11\text{s} - 3\text{s}} = 1.25(\text{m/s}^2)$$
(ب)

$$\left. \begin{array}{l} t_1 = \Delta s \\ t_2 = 11\text{s} \end{array} \right\} \rightarrow \Delta x = s_1 + s_2 = \frac{(\Delta m/\text{s} + 1\Delta m/\text{s}) \times \Delta s}{2} + 1\text{s} \times 1\Delta m/\text{s} = 8\Delta m$$
(ب)

$$\left. \begin{array}{l} t_1 = \Delta s \\ t_2 = 3\text{s} \end{array} \right\} \rightarrow \Delta x = s_2 = 1\text{s} \times 1\Delta m/\text{s} = 13\Delta m$$
(ب)

$$\left. \begin{array}{l} t_1 = \Delta s \\ t_2 = 11\text{s} \end{array} \right\} \rightarrow v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{8\Delta m}{11\text{s} - \Delta s} = 1.08\Delta m/\text{s}$$
(ب)

$$\left. \begin{array}{l} t_1 = \Delta s \\ t_2 = 3\text{s} \end{array} \right\} \rightarrow t_1 = \Delta s \rightarrow v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{13\Delta m}{11\text{s} - 3\text{s}} = 1\Delta m/\text{s}$$
(ب)

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

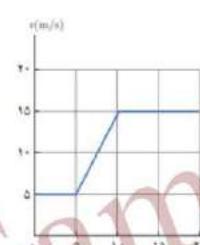
الف) شتاب خودرو را در هر یک از لحظه های $t = 3\text{s}$, $t = 8\text{s}$, $t = 11\text{s}$ و $t = 15\text{s}$ به دست آورید.

ب) شتاب متوسط در بازه زمانی $t_1 = 3\text{s}$ تا $t_2 = 8\text{s}$ را به دست آورید.

ب) در هر یک از بازه های زمانی $t_1 = 3\text{s}$ تا $t_2 = 8\text{s}$, $t_1 = 8\text{s}$ تا $t_2 = 11\text{s}$ و $t_1 = 11\text{s}$ تا $t_2 = 15\text{s}$ خودرو چندرا جایه جاند است؟

ت) سرعت متوسط خودرو در بازه های $t_1 = 3\text{s}$ تا $t_2 = 8\text{s}$ و $t_1 = 8\text{s}$ تا $t_2 = 11\text{s}$ را به دست آورید.

۴۲



فصل ۲ فیزیک دوازدهم

رشته علوم تجربی

منطبق بر کتاب درسی

گروه فیزیک استان گیلان

راهنمای حل



گروه فیزیک استان گیلان

دینامیک و حرکت دایره‌ای			
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 بخشی 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 مسئله‌ها آخر فصل-۱	۱۹
۹-۸	۵۰	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل-۲	۲۰
۹	۵۰	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل-۳	۲۱
۱۰	۵۰	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل-۴	۲۲
۱۱	۵۰	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل-۵	۲۳
۱۲-۱۳-۱۴-۱۱	۵۰	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل-۶	۲۴
۱۵	۵۰	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل-۷	۲۵
۱۶-۱۵	۵۱	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل-۸	۲۶
۱۷	۵۱	پرسش و مسئله‌ها آخر فصل-۹	۲۷
۱۸-۱۷	۵۱	پرسش و مسئله‌ها 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	۲-۲ تکانه و قانون دوم نیوتون	
۲۱	۴۵	تمرین ۷-۲	۳۴
۲۱	۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۶	۳۵
۲۱	۵۲	پرسش و مسئله ها آخر فصل-۱۷	۳۶
	۴۶	۵-۲ نیروی گرانشی	
۲۳-۲۲	۴۷	فعالیت ۵-۲	۳۷
۲۳	۴۹	تمرین ۸-۲	۳۸
۲۴-۲۳	۴۹	تمرین ۹-۲	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

پاسخ پرسش های فصل دوم --- ۲-۱ و ۲-۳ - قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص

تئیه و تنظیم توسط همکاران:
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

<p>بررسی ۱-۲</p> <p>در مسکل رو به رو بک شنی در حال حرکت را می بینید که نیروهای وارد بر آن موازنند. تمام نیروهای این یکدیگر را ختنی کردند.</p>
<p>بررسی ۲-۱</p> <p>در فیلمی علمی - نجیلی، موتور یک کشتی فضایی که در فضای نمی خارج از جو زمین و دور از هر سیاره و خورشید در حرکت است، از کار می افکار در شرط حرف کشتی فضایی کُند می شود و می ایستد. آیا امکان وقوع چنین رویدادی وجود دارد؟ توضیح دهد.</p>
<p>بررسی ۲-۲</p> <p>در فیلمی علمی - نجیلی، موتور یک کشتی فضایی که در فضای نمی خارج از جو زمین و دور از هر سیاره و خورشید در حرکت است، از کار می افکار در شرط حرف کشتی فضایی کُند می شود و می ایستد. آیا امکان وقوع چنین رویدادی وجود دارد؟ توضیح دهد.</p>
<p>فعالیت ۱</p> <p>در باره آزمایش ذهنی گالیله، تحقیق کنید و به کلاس گزارش دهید.</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. ارسٹو کسی بود که این نظریه را از این داده بود که اجسامی با وزن بیشتر سریع تر از اجسام سیک تر به زمین می رستند. گالیله برای اثبات حرف خود یک توپ ۴۵۳ گرمی و یک توپ ۴۵۳۰ گرمی را از بالای برج پیزا رها کرد. جمعیت کشیری 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 ارسٹو رد شد.

نمونه هایی از آزمایش های ذهنی گالیله که بهتر است در این زمینه دانش آموزان تحقیق کنند.

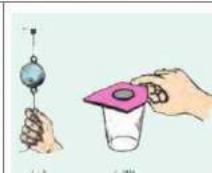
قانون آونگ گالیله - قاصد آسمان - نظریه خورشید محور و زمین محور - آزمایش گالیله و سطح شیبدار

پاسخ پرسش های فصل دوم --- ۲-۱ و ۲- قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص

آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

(الف) برطبق قانون اول نیوتون، جسم تمایل دارد وضعیت سکون خود را حفظ نماید. که با حرکت سریع مقوا سکه به داخل لیوان می افتد.

(ب) هنگامی که به آرامی بکشم، نیرو انتقال می یابد و نخ از قسمت بالای گوی جدا می گردد. در کشش سریع، لختی جرم گالوله سبب می شود که در بازه زمانی کوتاه فرصت انتقال ضربه به نخ بالای وجود ندارد. در نتیجه نخ پایین پاره می شود.

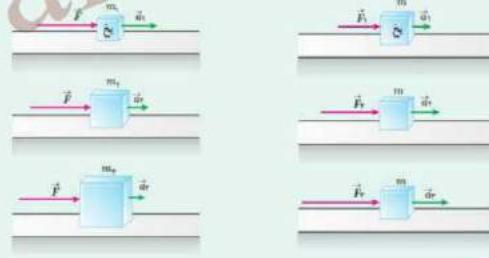


پرسش ۲-۳
الک) جواهر سریع مفوا در شکل (الف). سب افدان سکه در لیوان
می شود؟
ب) جرا در شکل ب، اگر به آرامی تبروی وارد گوی سکنی را زیاد کنم
بن بالای نوی باره می شود، اما اگر ناکهان نخ را بکشم، نخ این آن باره
می شود؟

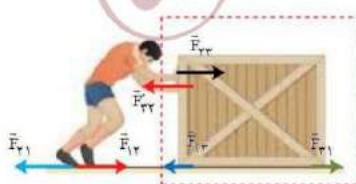
در سه شکل سمت راست:
در ثابت ماندن اندازه جرم جسم و با افزایش نیرو، مقدار شتاب جسم افزایش می یابد.

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

پرسش ۲-۴
در شکل های زیر، نظمه بخ هاروی یک سطح افقی بدون اصطکاک فرار دارند. استثنا خود را از این شکل هایان کنید.



پرسش ۲-۵
شخصی در حال هل دادن جمبه ای سکنی روی سطح افقی است و این جمبه در جهت این نیرو حرکت می کند. با توجه به آنکه نیروی
که شخصی به جمبه وارد می کند با نیروی که جمبه به شخص وارد می کند هماندازه است، توضیع دهد جمگوی جمبه حرکت می کند؟



$$\begin{array}{l} \text{سطح زمین (جسم)} \\ \text{شخص (جسم)} \\ \text{جمبه (جسم)} \\ \text{نیروی } F_{22} \text{ بروای جمبه، نیروی خارجی است} \\ F_{22} > F_{13} \rightarrow F_{\text{net}} = F_{22} - F_{13} = ma \end{array}$$

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

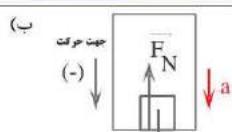
پاسخ پرسش های فصل دوم — ۱-۲ و ۲-۳ — قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
تئیه و تنظیم توسط همکاران:
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

۲-۲ معرفی برخی از نیروهای خاص	
$W = mg_{\text{زمین}} \rightarrow W_1 = (0.1 \text{ kg})(9.8 \text{ N/kg}) = 0.98 \text{ N}$ $W = mg_{\text{ماه}} \rightarrow W_2 = (0.1 \text{ kg})(1.6 \text{ N/kg}) = 0.16 \text{ N}$ $W = mg_{\text{مریخ}} \rightarrow W_3 = (0.1 \text{ kg})(3.7 \text{ N/kg}) = 0.37 \text{ N}$ $W_1 > W_2 > W_3$	نمونه ۱-۲ (الف) وزن یک جسم در سطح بکسانه ای طبق چشم ۱۰۰ گرم را روی سطح زمین بدست آورید. (ب) وزن یک جسم در سطح بکسانه با همراهی گرفته است که از طرف آن بسازه بر جسم وارد می شود. وزن این فضمه طلا را در سطح ماه و مریخ بدست آورید و با هم مقایسه کنید. ($m_{\text{زمین}} = 1 \text{ kg}$ ، $g_{\text{زمین}} = 9.8 \text{ N/kg}$ ، $g_{\text{ماه}} = 1.6 \text{ N/kg}$ ، $g_{\text{مریخ}} = 3.7 \text{ N/kg}$)
$a = g - \frac{f_D}{m} \xrightarrow{f_D=0} a = g$ $V^t - V_0^t = g \Delta y \rightarrow V^t - 0 = 2gh \rightarrow V = \sqrt{2gh}$ با صرفنظر از مقاومت هوا، سرعت برخورد گلوله ها با زمین به جرم گلوله ها وابسته نیست. $V_1 = V_2$	مثال ۵-۲ دو گوی همان‌دارد که جرم یکی دو برابر دیگری است ($m_1 = 2m_2$) از بالای برجی به ارتفاع h به طور همزمان رها می‌کنند. با فرض اینکه نیروی مقاومت هوای طی حرکت دو گوی نایت و بکسان باشد، تندی برخورد گدام گوی با زمین سریع‌تر است؟ نمونه ۲-۲ اگر در مثال ۵-۲ از مقاومت هوا صرف‌نظر کنیم، سرعت برخورد گوی ها با زمین را با هم مقایسه کنید.
$F_N = mg = 4 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} = 39.2 \text{ N}$ $F_N = mg + F' = 4 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} + 2 \cdot N = 59.2 \text{ N}$ $F_N + F' = mg \rightarrow F_N + 2 \cdot N = 4 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg}$ $F_N = 39.2 \text{ N} - 2 \cdot N = 19.2 \text{ N}$	نمونه ۳-۲ همان شکل، چهارمای به جرم ۴۷-kg روی میزی افقی قرار دارد. نیروی عمودی سطح را در حالت های نشان داده شده، بدست آورید.
$F_N - mg = ma$ $\rightarrow F_N = m(g + a) \rightarrow F_N > mg$ در این حالت ترازو، عددی بزرگ‌تر از اندازه‌ی وزن را نشان می‌دهد.	بررسی ۶ در مثال ۶، در هر یک از حالت‌های زیر، عددی را که ترازوی فری نشان می‌دهد با وزن شخص مقایسه کنید. (الف) آسانسور به طرف بالا شروع به حرکت کند. (ب) آسانسور به طرف پائین شروع به حرکت کند. (ب) آسانسور در حالی که به طرف بالا حرکت می‌کند، متوقف شود. (ت) آسانسور در حالی که به طرف پائین حرکت می‌کند، متوقف شود.

$$F_N - mg = -ma$$

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

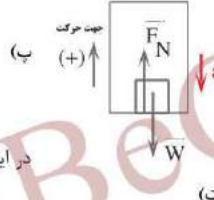
در این حالت ترازو، عددی کوچکتری از اندازه‌ی وزن را نشان می‌دهد.



$$F_N - mg = -ma$$

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

در این حالت ترازو، عددی کوچکتری از اندازه‌ی وزن را نشان می‌دهد.

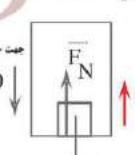


$$F_N - mg = ma$$

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

در این حالت ترازو، عددی

بیشتر از اندازه‌ی وزن را
نشان می‌دهد.

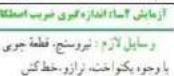
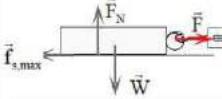


(الف) وقتی ما شروع به حرکت می‌کنیم، پاهایمان نیروی به سمت عقب وارد می‌کنند. طبق قانون سوم نیوتون، نیروی هم اندازه و در خلاف جهت بر آن وارد می‌شود که اصطکاک نام دارد و سبب می‌شود که به سمت جلو حرکت کنیم.

(ب) زیرا ناهمواری‌ها کم تر می‌باشد که در نتیجه اصطکاک بین فرد و زمین کم شده و سبب سرخوردن می‌شود و راه رفتن دشوار می‌گردد.

پرسش ۷-۲
الف) براساس قانون سوم نیوتون و آنچه از اصطکاک آموختید، توضیح دهد راه رفتن با شروع از حالت سکون چگونه انجام می‌شود؟
ب) جرا و رفتن روی یک سطح شر مند سطح بعده سخن می‌مکن انت؟

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

 <p>(الف)</p> $\rightarrow F_1 - f_s = ma \rightarrow F_1 = f_s = 4 N$  <p>(ب)</p> $\rightarrow F_2 - f_s = ma \rightarrow F_2 = f_s = 8 N$  <p>(ج)</p> $\rightarrow F_3 - f_{s,max} = ma \rightarrow F_3 = f_{s,max} = 16 N$ $f_{s,max} = \mu_s N \rightarrow \mu_s = \frac{f_{s,max}}{mg} = \frac{16 N}{4 kg \times 9.8 N/kg} = 0.4$	<p>تمرين ۲-۱</p> <p>اگر در شکل ۲، جرم جسم $\frac{4}{4}$ kg و بزرگی نیروها $F_1 = 4 N$، $F_2 = 8 N$ و $F_3 = 16 N$ باشد، الف) بزرگی نیروهای اصطکاک ایستایی در هر حالت چقدر است؟ ب) ضریب اصطکاک ایستایی را بیا کند.</p>  <p>(الف)</p>  <p>(ب)</p>  <p>(ج)</p>															
<p>ضریب اصطکاک ایستایی تغییر نمی کند. زیرا ضریب اصطکاک به اندازه‌ی مساحت سطح تماس جسم پستگی ندارد.</p>	<p>تمرين ۲-۲</p> <p>ازمايش ۲-۲: اثبات ضریب اصطکاک ایستایی بين دو جسم و سایر لازم: نیروستنج، قلمه جویی به شکل مکعب مستطیل با وجود پکو اخت، ترازو، خطکن</p> <p>شرح آزمایش:</p> <ul style="list-style-type: none"> ۱- مکعب جویی را از طرف وجه بزرگ آن روی سطح افقی مفرز قرار دهد. ۲- نیروستنج را امده شکل به مکعب جویی وصل کند و سر دیگر نیروستنج را بست پکو کند و بطور افقی بکلید. ۳- نیروی سنتان را بآرامی افزایش دهید تا مکعب جویی در انتهای نیروستنج قرار گیرد. در این حالت عددی را که نیروستنج شان مدهد، در جدول باده است که ای اینکه وقت شما افزایش باید لازم است آزمایش را جدید باز تکرار کنید. ۴- اگر مکعب جویی را از طرف وجه کوچکتر روی سطح قرار دهد و مراحل ۲ و ۳ را تکرار کنید. ۵- سپاهانگ از این داده های مکعب جویی و اسفاده از رابطه $f_s = \mu_s N$ مقدار داده را در هر آزمایش محاسبه و در جدول باده است کنید. <table border="1"> <thead> <tr> <th>وزن قلمه</th> <th>مساحت سطح تماس افقی با میز</th> <th>عددی که بیرون سطح شان می دهد (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>۱</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>۲</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>۳</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>۴</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>همراه با اعضای گروه خود، نتایج های بدست آمد را ثفسر کنید.</p>	وزن قلمه	مساحت سطح تماس افقی با میز	عددی که بیرون سطح شان می دهد (mm)	۱			۲			۳			۴		
وزن قلمه	مساحت سطح تماس افقی با میز	عددی که بیرون سطح شان می دهد (mm)														
۱																
۲																
۳																
۴																
<p>وسایل لازم: نیروستنج- قطعه های چوبی مختلف - ترازو</p>  <p>۱- مکعب چوبی را از یک وجه روی سطح افقی قرار دهید.</p>	<p>فعالیت ۲-۲</p> <p>ازمايش طراحی کنید که شان دهد f_s,MAX مناسب با F_N است.</p>															

(۲) نیروسنج را به مکعب چوبی وصل کرده و سر دیگر نیروسنج را در دست گرفته و بکشد.
وقتی جسم در آستانه لغزیدن قرار می‌گیرد عددی که نیروسنج نشان می‌دهد 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 روهمن انجام دهید. عددی که نیرو سنج نشان می‌دهد بیشتر می‌شود.
۵) آزمایش را با تعداد بیشتر قطعه چوبی انجام بدهید. باز هم نیروسنج عدد بیشتر را نشان می‌دهد.
۶) اعداد بدست آمده از نیروسنج را بر وزن تقسیم می‌کنیم.

نتیجه:

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

(الف) به کمک یک نیروسنج، قطعه چوب را می‌کشم تا حرکت کند در بازه زمانی که قطعه چوب با سرعت ثابت در حال حرکت است، اندازه‌ی نیروی که نیروسنج نشان می‌دهد برابر است با نیروی اصطکاک جنبشی، در نتیجه خواهیم داشت.

$$\begin{array}{l} \text{F} - f_k = ma \rightarrow F - f_k = 0 \rightarrow F = f_k \\ F = f_k = \mu_k mg \rightarrow \mu_k = \frac{F}{mg} \end{array}$$

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

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

$$\begin{aligned} F - f_{s,max} &= ma = 0 \rightarrow F = f_{s,max} = \mu_s F_N = \mu_s mg \\ \rightarrow F = f_{s,max} &= 0 / 6 \times 75\text{kg} \times 9.8\text{N/kg} = 441\text{N} \end{aligned}$$

فعالیت ۲-۲

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 گیرید و با استفاده از آن μ_k را بدست آورید.

(ب) بستگی با عدم بستگی نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس در جسم را تحقیق کنید.

۱۵

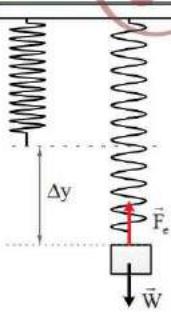
تمرین ۲-۵

در مکانیک اگر ضرب اصطکاک ایستایی بین جسم و زمین $\mu_s = 0.6$ است و جسم در ابتداء ساکن باشد، حداقل نیروی افقی لازم برای حرکت در آوردن جسمه چقدر است؟

۱۶

پاسخ پرسش های فصل دوم — ۱-۲ و ۲-۳ — قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
تئیه و تنظیم توسط همکاران:
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

(الف) تعدادی فنر با ضخامت های مختلف تئیه می کنیم. هر چه فنر انعطاف پذیر تر باشد. سختی (K) کوچکتر و برای فنر سفت (K) بیشتر است.



(ب) فنر را مطابق شکل (۱) به سقف آویزان می کنیم و سپس به انتهای آن، وزنه ای با جرم مشخص آویزان می نمایم. در حالت تعادل، به کمک خط کش، تغییرات طول فنر را اندازه می گیریم.

با توجه به این مطلب که، نیروی که از طرف فنر به وزنه وارد می شود با

نیروی که از طرف زمین به جسم وارد می شود برابر است. خواهیم داشت.

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

سپس در چندین نوع فنرهای مختلف را مطابق شکل آزمایش کرده و هر بار با توجه به رابطه مقدار K را بدست می آوریم.

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

همچنین می توان آزمایش را با جرم های مختلف تکرار کرد، و k های مختلفی را بدست آورد. از اعداد بدست آمده میانگین گرفته و عدد دقیقترا برای k بدست آورده.

فعالیت ۲-۴
تعادلی فنر متقارن تهیه کنید. (الف) سخن آنها را مقایسه کنید. (ب) با طراحی یک آزمایش، نابت هر فنر را بدست آورید.

۱۷

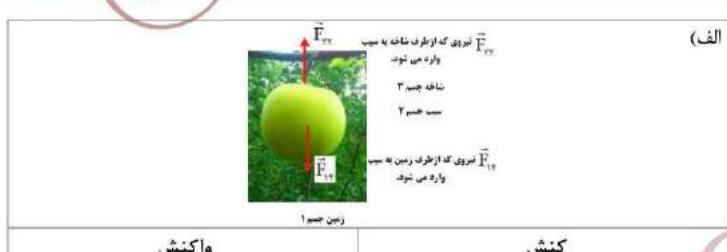
$$\begin{aligned} T - mg &= ma \\ T - 16\text{kg} \times 9.8\text{N/kg} &= 10\text{kg} \times 1/2\text{N/kg} \\ T = 156 / 8\text{N} + 12\text{N} &= 176 / 8\text{N} \end{aligned}$$



تمرین ۲-۶
کارگری یک سطل محتوی مصالح به جرم $16/0\text{kg}$ را با طناب سیکی به طرف بالا می کند.
اگر شتاب ر رو به بالای سطل $1/4\text{m/s}^2$ باشد، نیروی کشش طناب چقدر است؟

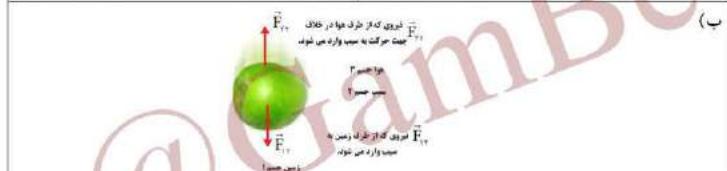
۱۸

پاسخ پرسش های فصل دوم — ۱-۲ و ۲-۳ — قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده



(الف)

وائنش	کنش
نیروی که از طرف زمین به سبب وارد می شود.	نیروی که از طرف شاخه به سبب وارد می شود.
نیروی که از طرف شاخه به سبب زمین وارد می شود.	نیروی که از طرف سبب به شاخه وارد می شود.



(ب)

(الف) برطبق قانون اول نیوتون (لختی) جسم تعاملی دارد حالت سکون و یا حرکت یکنواخت خود را بر روی خط راست حفظ کند.
در حالتی که خودرو ناگهان شروع به حرکت می کند، خودرو به سمت جلو رفت و اجسام داخل خودرو تعاملی دارند حالت خود را حفظ کنند. به همین دلیل شخص به صندلی فشرده می شود.
در حالتی که خودرو ناگهان توقف می کند، اجسام داخل خودرو تعاملی دارند حالت رو به جلوی خود را حفظ کنند در نتیجه اجسام به سمت جلو پرت می شوند.

۱-۲-۳-۴- قوانین حرکت نیوتون و معرفی بدخشی از نیروهای خاص

۱. سیی (۱) در نظر بگیرید که به شاخه درختی آویزان است و سبب از درخت جدا می شود.

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



۴. وقتی در خودروی ساکنی تنشته اید و خودرو ناگهان شروع به حرکت می کند، به صندلی فشرده می شوید. هیچین اگر در خودروی در حال حرکتی تنشته باشید، در توقف ناگهانی به جلو برتاب می شوید.

(الف) علت این بدبدها را توضیح دهید. (ب) نقش کمربند ایمنی و گیره ها در کم کردن آسیب هادر تصادف ها را بیان کنید.

پاسخ پرسش های فصل دوم — ۱-۲ و ۲-۳ — قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
تئیه و تنظیم توسط همکاران:
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

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

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

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

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

$$\rightarrow F_N = 50\text{kg} \times 9.8\text{N/kg} + 1/2\text{m/s}^2 \times 50\text{kg} \times 9.8\text{N/kg} = 490\text{N}$$

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

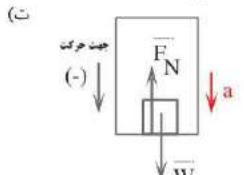
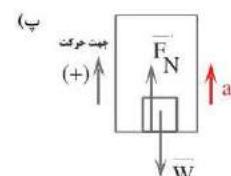
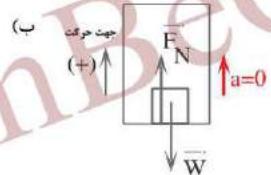
$$F_N = 50\text{kg} \times (9.8\text{N/kg} + 1/2\text{m/s}^2 \times 9.8\text{N/kg})$$

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

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

$$F_N = 50\text{kg} \times (9.8\text{N/kg} - 1/2\text{m/s}^2 \times 9.8\text{N/kg})$$

$$F_N = 470\text{N}$$



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

(الف) آسانسور ساکن است.

(ب) آسانسور با سرعت ثابت حرکت می کند.

(ج) آسانسور با شتاب $1/2\text{m/s}^2$ به طرف بالا سریع به حرکت می کند.

(د) آسانسور با شتاب $1/2\text{m/s}^2$ به طرف باین شروع به حرکت می کند.

پاسخ پرسش های فصل دوم — ۱-۲ و ۲-۳ — قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
تئیه و تنظیم توسط همکاران:
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

الف) جسم ساکن است.

$$F - f_s = 0$$

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



ب) جسم در آستانه حرکت است.

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

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



$$\mu_s = \frac{F}{mg} = \frac{200\text{ N}}{50\text{ kg} \times 10\text{ N/kg}} = 0.4$$

پ) جسم در باشتاب ثابت در حرکت است.

$$F - f_k = ma$$

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

$$200\text{ N} - 0.2 \times 50\text{ kg} \times 10\text{ N/kg} = 50\text{ kg}a \rightarrow a = 2\text{ m/s}^2$$



۲۴- در سکل نشان داده شده، شخص با نیروی ۲۰۰ N ۲۰۰ جسم

۱-۱-۱ کیلوگرمی را هل می دهد، اما جسم ساکن می ماند. ولی
وقتی با نیروی ۲۰۰ N ۲ جسم را هل می دهد، جسم در آستانه
حرکت قرار گیرد.

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

ب) ضرب اصطکاک استانی بین جسم و سطح چقدر است؟

ب) اگر پس از حرکت، شخص با نیروی ۲۰۰ N ۲۰۰ جسم را هل
دهد و ضرب اصطکاک جنبشی بین سطح و جسم $200 \times 2 = 400$ باشد،
ستای حکم کت جسم چقدر خواهد شد؟

پاسخ پرسش های فصل دوم — ۱-۲ و ۲-۳ — قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

$$F_{\text{re}} = m_1 g \rightarrow k(L_1 - L_s) = m_1 g \quad (1)$$

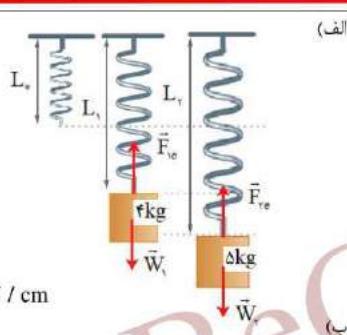
$$F_{\text{rc}} = m_2 g \rightarrow k(L_2 - L_s) = m_2 g \quad (2)$$

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

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

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

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



(الف)



۲۳. در شکل رویه رو وقتي وزنه $4/0 \text{ kg}$ را به فتر آورزان مي کنيم، طول فتر $14/0 \text{ cm}$ مي شود، و وقتي وزنه $15/0 \text{ kg}$ را به فتر آورزان مي کنيم، طول فتر $15/0 \text{ cm}$ مي شود.
 (الف) ثابت فتر چقدر است؟ (ب) طول عادي فتر (بدون وزنه) چند سانتي متر است؟



(الف)

واکنش

کنش

نیروی که خودرو به زمین وارد می کند.	\vec{W}'
نیروی عمودی تکيه گاه سطح جاده به خودرو وارد می کند.	\vec{F}_N'

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

نیروی که از مولکول های هوا به خودرو در خلاف جهت حرکت وارد می شود.	\vec{f}'
-------------------------------------------------------------------	------------

۲۴. 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) خودروی با سرعت ثابت در یک مسیر مستقیم افقی در حال حرکت است.
 (ب) کشتن ای با سرعت ثابت در حال حرکت است.

- (ب) قایق رانی در حال پاروزدن است.
 (ت) چتربازی در هوای آرام و در امتداد قائم در حال سقوط است.
 (ث) هواپیمای در یک سطح پروازی افقی با سرعت ثابت در حال حرکت است.
 (ج) توبی در راستای قائم به زمین برخورد می کند و بر می گردد.

		(ب)
واکنش	کنش	
نیروی که زمین به کشتی به زمین وارد می کند. \vec{W}	نیروی که از طرف آب (نیروی شناوری) به کشتی وارد می شود.	۴) 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؟
نیروی که از طرف آب (نیروی شناوری) به کشتی وارد می شود. \vec{F}_b	نیروی که در جهت مخالف حرکت از طرف آب و مولکول های هوا به سطح کشتی وارد می شود. \vec{f}'	(الف) خودروی با سرعت ثابت در یک مسیر مستقیم افقی در حال حرکت است.
نیروی که از طرف آب به قایق مولکول های هوا وارد می شود. \vec{F}'	(ب) نیروی که از طرف آب به قایق	(ب) کشتی ای با سرعت ثابت در حال حرکت است.
		(ب)
واکنش	کنش	ب) فایفرانی در حال بارو زدن است.
نیروی که زمین به قایق وارد می کند. \vec{W}	نیروی که از طرف آب (نیروی شناوری) به قایق وارد می شود.	ت) چتر بازی در هوای آرام و در امتداد قائم در حال سقوط است.
نیروی که از طرف آب به قایق مولکول های هوا وارد می شود. \vec{F}_b	نیروی موافقی در جهت مخالف حرکت از طرف آب و مولکول های هوا به سطح قایق وارد می شود. \vec{f}'	ث) هواپیمایی در یک سطح پروازی افقی با سرعت ثابت در حال حرکت است.
نیروی که از طرف آب به قایق	نیروی که زمین به قایق وارد می کند. \vec{F}'	ج) تویی در راستای قائم به زمین برخورد می کند و بر می گردد.



(ت)

واکنش	کنش
\bar{W}' نیروی که زمین به چترباز وارد می کند.	\bar{W}
نیروی که از طرف مولکولهای هوا به چترباز وارد \bar{F}_b' وارد می شود.	نیروی که چترباز به زمین وارد می کند. \bar{F}_b



(ت)

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

 <p>قبل از برخورد:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>واکنش</th> <th>کنش</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>نیروی که توب به زمین وارد می‌کند.</td> <td>\vec{W}</td> </tr> <tr> <td>نیروی که از طرف مولکول‌های هوا رو به بالا به توب وارد می‌شود.</td> <td>\vec{F}_b</td> </tr> </tbody> </table>		واکنش	کنش	نیروی که توب به زمین وارد می‌کند.	\vec{W}	نیروی که از طرف مولکول‌های هوا رو به بالا به توب وارد می‌شود.	\vec{F}_b	ج)
واکنش	کنش							
نیروی که توب به زمین وارد می‌کند.	\vec{W}							
نیروی که از طرف مولکول‌های هوا رو به بالا به توب وارد می‌شود.	\vec{F}_b							
 <p>برخورد:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>نیروی که زمین به توب وارد می‌کند.</th> <th>\vec{W}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>نیروی که از طرف مولکول‌های هوا رو به پایین به توب وارد می‌شود.</td> <td>\vec{F}_b</td> </tr> </tbody> </table>		نیروی که زمین به توب وارد می‌کند.	\vec{W}	نیروی که از طرف مولکول‌های هوا رو به پایین به توب وارد می‌شود.	\vec{F}_b	بعد از برخورد:		
نیروی که زمین به توب وارد می‌کند.	\vec{W}							
نیروی که از طرف مولکول‌های هوا رو به پایین به توب وارد می‌شود.	\vec{F}_b							

پاسخ پرسش‌های فصل دوم — ۱-۲ و ۲-۳ — قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
آقایان راسخ و خانم‌ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

$$v_f = 72 \text{ km/h} = 72 \div 3 / 5 \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$$

(الف)

$$v_f^2 - v_i^2 = 2a\Delta x \rightarrow 20^2 - (20)^2 = 2a \times 20$$

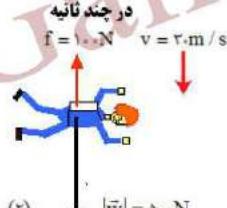
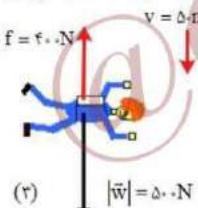
$$a = -\frac{400}{40} \text{ m/s}^2 = -10 \text{ m/s}^2$$

$$v = at + v_i \rightarrow 0 = -10t + 20 \rightarrow t = 2 \text{ s}$$

$$F - f_k = ma \rightarrow 20 - f_k = -10 \left(\frac{m}{s^2} \right) \times 1200 \text{ kg} \rightarrow f_k = 12000 \text{ N}$$

فرض می‌کنیم شخصی به وزن 500 N از بالگرد به بیرون می‌پرورد. بعد از پریدن چتریاز، سرعت اولیه آن بسیار ناچیز است و تندی و مقاومت هوا افزایش می‌یابد.

بعد از گذشت ثانیه‌های بیشتر

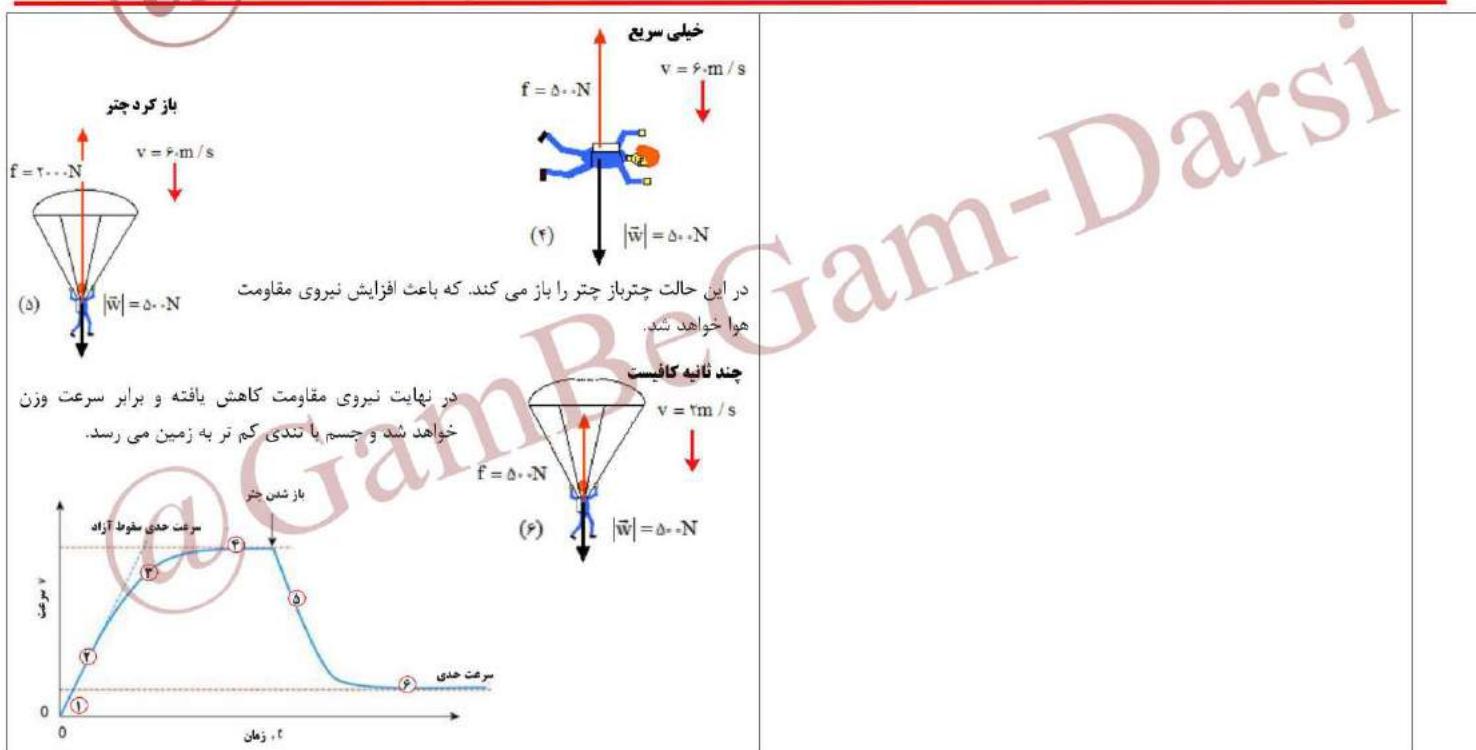


پس از مدتی مقاومت هوا با وزن چتریاز برابر شده و نیروی خالص وارد بر چتریاز صفر می‌شود و چتریاز با تندی ثابتی به طرف زمین حرکت می‌کند.

۲۵. راننده خودرویی که با سرعت 72 km/h در یک مسیر مستقیم به حال حرکت است، با دیدن مانعی اقدام به ترمز می‌کند و خودرویی از طی مسافت 20 m متوقف می‌شود.

- (الف) شتاب خودرو در مدت ترمز چقدر است؟
(ب) از لحظه ترمز تا توقف کامل خودرو، چقدر طول می‌کشد؟
(ج) نیروی اصطکاک بین لاستیک‌ها و سطح چقدر است؟
جرم خودرو را 1200 kg بگیرید.

۲۶. چتریازی از یک بالگرد تقریباً ساکن که در ارتفاع نسبتاً زیادی قرار دارد، به بیرون می‌پرورد و پس از مدتی چتر خود را باز می‌کند و در امتداد قائم سقوط می‌کند. حرکت چتریاز را از لحظه برنش تا رسیدن به زمین تحلیل کنید و نموداری تقریبی از تندی آن بر حسب زمان رسم کنید.



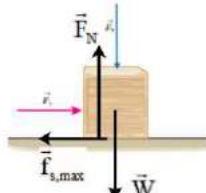
پاسخ پرسش‌های فصل دوم — ۱-۲ و ۲-۳ — قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
تئیه و تنظیم توسط همکاران:
آقایان راسخ و خانم‌ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

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

$$F_N - F_t - W = m a = 0 \rightarrow F_N = F_t + W$$

با افزایش F_t ، نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه افزایش می‌باید.

(الف)



$$F_t - F_s = m a = 0 \rightarrow F_t = F_s$$

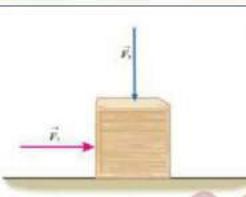
$$f_{s,\text{max}} = \mu_s F_N \rightarrow f_{s,\text{max}} = \mu_s (F_t + W)$$

با افزایش F_t ، $f_{s,\text{max}}$ مقدار افزایش می‌باید.

ت) نیروی خالص وارد بر جسم در راستای X و Y صفر است. چون جسم در این دو راستا حرکتی ندارد.

(ب)

(ب)



۴. در شکل زیر، نیروی F_t به بزرگی 20 N بر جعبه وارد شده است، اما جعبه همچنان ساکن است. اگر در همین حالت بزرگی نیروی قائم F_N که بعید از زمین می‌فشارد از صفر شروع به افزایش کند، کلبت‌های زیر جگوه هیچ‌من کند؟

(الف) اندازه نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه

(ب) اندازه نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر جعبه

(ت) نیروی خالص وارد بر جسم

۲۷

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

$$\rightarrow F = (\Delta / \cdot \text{kg})(\frac{m}{s^2}) = 1 \cdot \text{N}$$

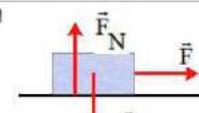
$$\vec{F}_{\text{net}} = m \vec{a} \rightarrow F - F_k = m a$$

$$\rightarrow F - \mu_k W = m a$$

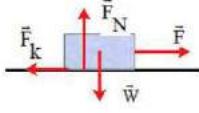
$$F - (\cdot / 20)(\Delta / \cdot \text{kg})(\frac{m}{s^2}) = (\Delta / \cdot \text{kg})(\frac{m}{s^2})$$

$$\rightarrow F - (1 / 8 \text{ N}) = 1 \cdot \text{N} \rightarrow F = 19 / 8 \text{ N}$$

(الف)



(ب)



۵. می‌خواهیم به جسمی که جرم آن $5 / \cdot \text{kg}$ است، شتاب $2 / \cdot \text{m/s}^2$ بدهیم. در هر یک از حالت‌های زیر، نیروی را که باید به جسم وارد کنیم محاسبه کنید.

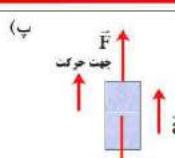
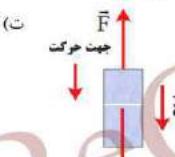
(الف) جسم روی سطح افقی بدون اصطکاک حرکت کند.

(ب) جسم روی سطح افقی با ضرب اصطکاک $1 / \cdot \text{N}$ به طرف راست حرکت کند، و شتابش نیز به طرف راست باشد.

(ت) جسم در راستای قائم با شتاب روبه بالا شروع به حرکت کند.

(ج) جسم در راستای قائم با شتاب روبه پائین شروع به حرکت کند.

۲۸

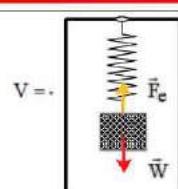
$\vec{F}_{\text{net}} = m\vec{a} \rightarrow F - W = ma \rightarrow F - mg = ma$ $F - (\Delta / \lambda \cdot kg)(\gamma / \lambda \frac{N}{kg}) = (\Delta / \lambda \cdot kg)(\gamma / \lambda \frac{m}{s^2})$ $\rightarrow F - (49 N) = 1 \cdot N \rightarrow F = 50 N$ $W - F = ma \rightarrow mg - F = ma$ $(\Delta / \lambda \cdot kg)(\gamma / \lambda \frac{N}{kg}) - F = (\Delta / \lambda \cdot kg)(\gamma / \lambda \frac{m}{s^2})$ $\rightarrow (49 N) - F = 1 \cdot N \rightarrow F = 48 N$	 	<p>الف) قطعه جوی را با سرعت افقی $10/\lambda \cdot m/s$ روی سطحی افقی برتاب می‌کنیم. ضرب اصطکاک جنبشی بین جوی و سطح $= 2 \cdot 10^{-3}$ است.</p> <p>الف) جوی پس از بیمودن چه مسافتی می‌ایستد؟</p> <p>ب) اگر از یک قطعه جوی دیگر استفاده کنیم که جرم آن دو برابر جرم قطعه جوی اول و ضرب اصطکاک جنبشی آن با سطح افقی با اولی بکسان باشد و با همان سرعت برتاب شود، مسافت بیموده شده آن چند برابر می‌شود؟</p>
<p>۲۹</p>		

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

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

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

(الف)

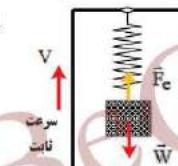


$$F - mg = 0 \rightarrow k\Delta L = mg$$

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

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

(ب)

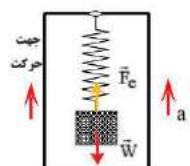


$$F - mg = -ma \rightarrow k\Delta L = m(g - a)$$

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

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

(پ)



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

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

$$\rightarrow L_f = 12 / 14\text{cm}$$

III. وزنه‌ای به جرم $2 \cdot 10^{-2}\text{kg}$ را به انتهای فنری به طول 12cm کهثابت آن $2 \cdot 10^{-2}\text{N/cm}$ است می‌بندیم و فنر را از سقف یک آسانسور وزنی می‌کنیم. طول فنر را در حالت‌های زیر محاسبه کنید.

(الف) آسانسور ساکن است

ب) آسانسور با سرعت ثابت $2 \cdot 10^0\text{m/s}$ رو به بالا در حرکت است.ب) آسانسور با شتاب ثابت $2 \cdot 10^0\text{m/s}^2$ از حال سکون رو به بالا شروع به حرکت کند.ت) آسانسور با شتاب ثابت $2 \cdot 10^0\text{m/s}^2$ از حال سکون رو به بالا شروع به حرکت کند.

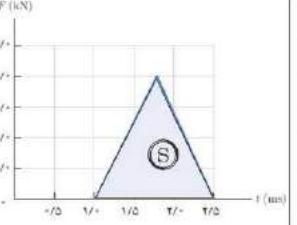
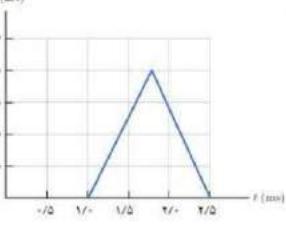
پاسخ پرسش‌های فصل دوم — ۲-۱ و ۲-۳ — قوانین حرکت نیوتون و معرفی نیروهای خاص
آقایان راسخ و خانم‌ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

<p>۳۱</p> <p>برای یک راننده داشتن کل مسافت توقف خودرو اهمیت دارد. همان‌طور که شکل نشان می‌دهد کل مسافت توقف، دو قسمت دارد: مسافت راکشن (ساقی) که خودرو از لحظه دیدن سرعت ناچاری توقف می‌کند و مسافت ترمز (ساقی) که خودرو از لحظه ترمز توقف ناچاری تا کاملاً متوقف باشد می‌کند.</p> <p>(الف) زمان واکنش و تندی خودرو $\Delta x = vt \rightarrow 18m = v \times 0.5s \rightarrow v = 36m/s$ $x = (\frac{v+v}{2})t = (\frac{0+36m/s}{2}) \times 0.5s \rightarrow 9m$ $a = \frac{v-v}{t} = \frac{0-36m/s}{0.5s} \rightarrow a = -72m/s^2$ $F_{net} = ma \rightarrow F_{net} = 1500kg \times -72(N/kg) \rightarrow F_{net} = -10800N$</p>	<p>(ب) خودروات ۱۰m را طی می‌کند. با فرض باتری بودن سرعت در این مدت، اندازه آن را حساب کند. (ب) اگر در این سرعت راننده ترمز کند و خودرو پس از ۰.۵s متوقف شود، مسافت ترمز و نتاب خودرو را حساب کند. (ت) وقتی خودرو ترمز می‌کند، نیروی خالص وارد بر آن چقدر است؟ خرم خودرو را $1500 \cdot kg$ فرض کنید.</p>
<p>۳۲</p> <p>پک خودروی پاری با طباب افقی محکمی، پک خودروی سواری به جرم $150 \cdot kg$ را می‌کشد. نیروی اصطکاک و مقاومت هوا در مقابل حرکت خودروی سواری $220N$ و $280N$ است.</p> <p>(الف) اگر سرعت خودرو تابت پائین نیروی کشش طباب چقدر است؟ (ب) اگر خودرو با نتاب تابت $2.0 \cdot m/s^2$ به طرف راست کند، نیروی کشش طباب چقدر است؟</p>	<p>(الف) پک خودروی پاری با طباب افقی محکمی، پک خودروی سواری به جرم $150 \cdot kg$ را می‌کشد. نیروی اصطکاک و مقاومت هوا در مقابل حرکت خودروی سواری $220N$ و $280N$ است.</p> <p>(الف) اگر سرعت خودرو تابت پائین نیروی کشش طباب چقدر است؟ (ب) اگر خودرو با نتاب تابت $2.0 \cdot m/s^2$ به طرف راست کند، نیروی کشش طباب چقدر است؟</p>
<p>۳۳</p> <p>کتاب را مانند شکل با نیروی عمودی F به دیوار قائمی فشرده و تابت نگه داشته‌ایم.</p> <p>(الف) نیروهای وارد بر کتاب رارسم کنید. (ب) اگر جرم کتاب $2.5kg$ باشد، اندازه نیروی اصطکاک را به دست آورید.</p> <p>(الف) کتاب را پیشتر به دیوار بفشاریم، آیا نیروی اصطکاک تغییر می‌کند؟ با این کار جهت نیروهای افزایشی می‌باشد؟</p>	<p>(الف) کتاب را مانند شکل با نیروی عمودی F به دیوار قائمی فشرده و تابت نگه داشته‌ایم.</p> <p>(الف) نیروهای وارد بر کتاب رارسم کنید. (ب) اگر جرم کتاب $2.5kg$ باشد، اندازه نیروی اصطکاک را به دست آورید.</p> <p>(الف) کتاب را پیشتر به دیوار بفشاریم، آیا نیروی اصطکاک تغییر می‌کند؟ با این کار جهت نیروهای افزایشی می‌باشد؟</p>

پاسخ پرسش های فصل دوم — ۳-۲ - نکانه و قانون دوم نیوتن

آقایان راسخ و خانم ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

تئیه و تنظیم توسط همکاران:

$\begin{aligned} k &= \frac{1}{r} mv^r \\ P = mv &\rightarrow v = \frac{P}{m} \end{aligned}$ $\left. \begin{aligned} \rightarrow k &= \frac{1}{r} m \left(\frac{P}{m} \right)^r \\ \rightarrow k &= \frac{P^r}{r m} \end{aligned} \right\}$	<p>۳-۲ نکانه و قانون دوم نیوتن</p> <p>نکان دهدید بین اندازه نکانه (p) و انرژی چیزی (K) جسمی به جرم m، رابطه $K = \frac{p^2}{2m}$ برقرار است.</p>
$\Delta P = m\Delta v = m(v_r - v_i)$ $\Delta P = 0.28 \text{ kg} \times (-22 \text{ m/s} - 15 \text{ m/s})$ $\Delta P = -1.0 / 36 \text{ kg m/s}$ $\bar{F} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{-1.0 / 36 \text{ kg m/s}}{0.6 \text{ s}} = -172 / 6 \text{ N}$	<p>۳-۲ نکانه و قانون دوم نیوتن</p> <p>۱۷. تویی به جرم $g = 28 \text{ m/s}^2$ با تندی 15 m/s به طور افقی به بازیکن تزدیک می شود. بازیکن با مشت به توب ضربه می زند و باعث می شود توب با تندی 22 m/s در جهت مخالف برگردد.</p> <p>(الف) اندازه تغییر نکانه توب را محاسبه کنید. (ب) اگر مشت بازیکن $5 \text{ g} = 0.005 \text{ kg}$ با توب در تماس باشد، اندازه نیروی متوسط وارد بر مشت بازیکن از طرف توب را به دست آورید.</p>
$S_{(F-t)} = \Delta P$ $S_{(F-t)} = \frac{1}{2} (2 / 5s - 1s) \times 1.0^{-3} \times 20 \times 1.0^{-3} \text{ N}$ $s_{(F-t)} = \Delta P = 15 \text{ N.s}$ $\bar{F} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{15 \text{ N.s}}{1 / 5 \times 1.0^{-3} \text{ s}} = 15000 \text{ N}$	<p>۳-۲ نکانه و قانون دوم نیوتن</p> <p>۱۸. شکل زیر، منحنی نیروی خالص بر حسب زمان را برای توب بیسیالی که با جوب بیسیال به آن ضربه زده شده است، نشان می دهد. تغییر نکانه توب و نیروی خالص متوسط وارد بر آن را به دست آورید.</p>  

۴-۳ نیروی گرانشی

نایت کارنسی G را اولین بار هنری کارنسی^۱ در سال ۱۷۹۸ اندازه‌گیری کرد. در مورد روش اندازه‌گیری G توسط هنری کارنسی تحقیق کند و نتیجه را به کلاس گزارش دهد.

ترازوی کاوندیش وسیله‌ای است که برای بررسی تحریق قانون جهانی گرانش نیوتون بکار می‌رود. نیوتون 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 این را با G نمایش می‌دهیم، باید نیروی جاذبه میان دو جرم را اندازه گیری کنیم.

قسمتهای مختلف ترازوی کاوندیش

دو گلوله به جرم m

دو گلوله کوچک هر یک جرم m ، به دو انتهای یک میله سبکی متصل می‌شوند. این میله، دمبل صلبی است که محورش افقی است و توسط یک رشته نازک قائم ازیران 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 چشمۀ 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 (با راویه چرخش)، آن قابل اندازه گیری 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 نیوتون، بر گلوله‌های کوچک نیرو

پاسخ پرسش‌های فصل دوم — ۴-۲ — نیروی گرانشی
آقایان راسخ و خانم‌ها مومنی، صادق موسوی، رضایی و علیزاده

نهیه و تنظیم توسط همکاران:

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

اندازه گیری 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 گشتوار 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 اندازه گیری شود (تصویر رشته لامب توسط آینه متصل به m و m روی خط کش مدرج می‌افتد و در نتیجه هر گونه دوران m و m قابل اندازه گیری است). اگر جرم‌ها و فاصله میان آنها و نیز ثابت پیچش رشته معلوم باشد، می‌توانیم G را از روی زاویه پیچش اندازه گیری شده محاسبه کنیم. چون نیروی گاذبه کم است اگر بخواهیم پیچش قابل مشاهده‌ای داشته باشیم باید ثابت پیچش رشته فوق العاده کوچک باشد. در این ترازو جرم‌ها مسلمان 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 منمرک شده است. چون G بسیار کوچک است نیروهای گرانشی میان اجسام بر روی سطح زمین فوق العاده کوچک هستند و می‌توان از آنها صرف‌نظر کرد.

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

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

(الف)



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

تلکوب فضایی هال در ارتفاع تقریبی 400 کیلومتری از سطح زمین به دور زمین می‌چرخد.

ا) شتاب گرانشی در این فاصله چقدر است؟

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

۳۹

$g_h = \frac{G M_e}{(R_e + h)^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \times 5.98 \times 10^{19} \text{ kg}}{(6.4 \times 10^6 \text{ m} + 6 \times 10^6 \text{ m})^2} = 9.814 \times 10^{-1} \text{ m/s}^2 = 9.814 \text{ m/s}^2$ $\frac{w_h}{w_{R_e}} = \frac{G \frac{M_e}{r^2}}{G \frac{M_e}{R_e^2}} = \left(\frac{R_e}{r}\right)^2 \rightarrow \frac{w_h}{w_{R_e}} = \left(\frac{6.4 \times 10^6 \text{ km}}{7.4 \times 10^6 \text{ km}}\right)^2 = 0.82$ <p>(ب)</p> $F = G \frac{M_e m}{r^2} \rightarrow 10 \text{ N} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \times 5.98 \times 10^{19} \text{ kg} \times m}{(7.4 \times 10^6 \text{ m})^2} \rightarrow m = 119 \text{ kg}$ <p>(ج)</p> $\frac{w_h}{w_{R_e}} = \left(\frac{R_e}{R_e + h}\right)^2 \rightarrow \frac{1}{2} = \left(\frac{R_e}{R_e + h}\right)^2 \rightarrow \sqrt{2} R_e = R_e + h \rightarrow h = (\sqrt{2} - 1) R_e = 0.41 R_e$ $F = G \frac{M_e m}{r^2}$ <p>(د)</p> $F = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \times 5.98 \times 10^{19} \text{ kg} \times 50 \text{ kg}}{(3.6 \times 10^7 \text{ m} + 6.4 \times 10^6 \text{ m})^2} = 55 / 467 \text{ N}$ <p>(ه)</p> <p>(الف)</p>	<p>۴۰</p> <p>۱۰. دو جسم در فاصله $2 \times 10^7 \text{ m}$ از هم، یکدیگر را با نیروی گرانشی کوچک 10^{-4} N جذب می‌کنند. اگر جرم یکی از اجرام $5 \times 10^5 \text{ kg}$ باشد، جرم جسم دیگر چقدر است؟</p> <p>۱۱. (الف) در چه ارتفاعی از سطح زمین، وزن یک شخص به نصف مقدار خود در سطح زمین می‌رسد؟ (ب) اگر جرم ماهواره‌ای 25 kg باشد، وزن آن در ارتفاع $3.6 \times 10^7 \text{ m}$ کیلومتری از سطح زمین چقدر خواهد شد؟ $(M_e = 5.98 \times 10^{19} \text{ kg} \text{ و } R_e = 6.4 \times 10^6 \text{ km})$</p> <p>(ج)</p> <p>(د)</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(الف) 

$$g_{R_e} = \frac{GM_e}{R_e^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \times 5.99 \times 10^{24} \text{ kg}}{(1.49 \times 10^8 \times 10^3 \text{ m})^2}$$

$$g_{R_e} = 5.93 \times 10^{-3} \text{ N/kg}$$

(ب)

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

$$g_{R_{e+h}} = \frac{GM_m}{R_e^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \times 7.36 \times 10^{22} \text{ kg}}{(3.84 \times 10^8 \times 10^3 \text{ m})^2} = 2.32 \times 10^{-3} \text{ N/kg}$$

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

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

$$M_{\text{خورشید}} = 1.99 \times 10^{30} \text{ kg} \quad M_{\text{ماه}} = 7.36 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$= 1.49 \times 10^8 \text{ km} = \text{فاصله زمین تا خورشید}$$

$$= 3.84 \times 10^8 \text{ m} = \text{فاصله زمین تا ماه}$$

(الف) 

$$F_{em} = G \frac{M_e m}{r_e^2} \quad F_{mm} = G \frac{M_m m}{r_e^2}$$

$$F_{net} = G \frac{M_e m}{r_e^2} - G \frac{M_m m}{r_e^2} = \frac{Gm}{r_e} (M_e - M_m)$$

$$r_e = r_r = r = \frac{1}{2} d = \frac{1}{2} \times 3.84 \times 10^8 \text{ km} = 1.92 \times 10^8 \text{ m}$$

$$F_{net} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \times 2 \times 10^{24} \text{ kg}}{(1.92 \times 10^8 \text{ m})^2} (5.98 \times 10^{24} \text{ kg} - 7.36 \times 10^{22} \text{ kg})$$

$$F_{net} = 220 / 59 \text{ N}$$

(ب)

$$\begin{aligned} F_{net} &= G \frac{M_e m}{r_e^2} - G \frac{M_m m}{r_e^2} \\ r_e + r_r &= d \end{aligned} \rightarrow \therefore = G \frac{M_e m}{r_e^2} - G \frac{M_m m}{r_e^2} \rightarrow \frac{M_e}{r_e^2} = \frac{M_m}{r_e^2}$$

۴۳. (الف) سفینه‌ای به جرم $3 \times 10^7 \text{ kg}$ در وسط فاصله بین زمین و ماه فرار دارد. نیروی گرانشی خالصی را که از طرف زمین و ماه به این سفینه در این مکان وارد می‌شود بدست آورید (از داده‌های مستمله‌های قبل استفاده کنید).

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

$$M_{\text{خورشید}} = 1.99 \times 10^{30} \text{ kg} \quad M_{\text{ماه}} = 7.36 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$= 1.49 \times 10^8 \text{ km} = \text{فاصله زمین تا خورشید}$$

$$= 3.84 \times 10^8 \text{ m} = \text{فاصله زمین تا ماه}$$

$$\frac{M_e}{M_m} = \frac{r_i^3}{(d - r_i)^3} \rightarrow \frac{r_i}{(d - r_i)} = \sqrt{\frac{M_e / 9.8 \times 10^{-14} \text{ kg}}{M_m / 2.6 \times 10^{-14} \text{ kg}}} = 9$$

$$\rightarrow \frac{r_i}{d - r_i} = 9 \rightarrow r_i = 9d - 9r_i \rightarrow r_i = 9d / 10 = 9 / 456 \times 10^8 \text{ m}$$

فصل سوم

@GamBeGam-Darsi

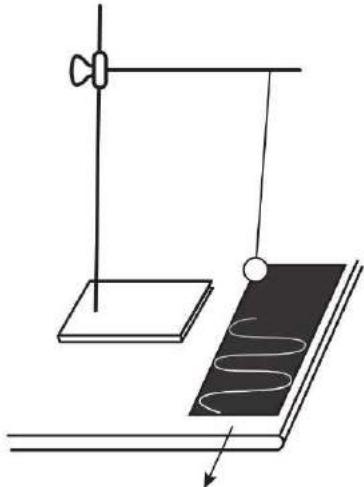
پاسخ به پرسش‌ها، تمرین‌ها و فعالیت‌های فصل ۳

پرسش ۱-۳

همان طور که در متن کتاب آمده، نمودار الکتروکاردیوگرام نشان داده شده در شکل ۲-۳ مربوط به ضربان قلبی با دورهٔ تناوب 0.92 s است.
بنابراین برای بسامد داریم :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.92\text{ s}} = 1.09 \text{ Hz} \approx 1.1 \text{ Hz}$$

فعالیت ۱

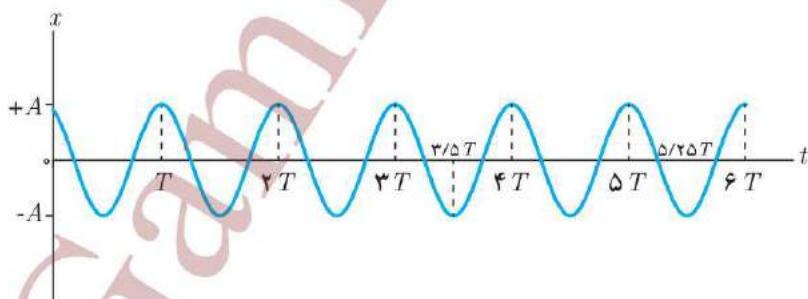


روش دیگر این آزمایش که در اغلب کتاب‌های آموزشی به این صورت مطرح می‌گردد به این ترتیب است که تار مویی (یا رشته نازکی از یک سیم) را به سر و زنۀ آونگی می‌بندیم و در حالی که آونگ را به نوسان درمی‌آوریم، آن را روی شیشه دودانودی قرار می‌دهیم که با تنیدی ثابت در راستای عمود بر صفحه نوسان‌های آونگ حرکت داده می‌شود. آنگاه روی صفحه دودانود خط موج داری ایجاد می‌شود و بدین ترتیب نوسان‌های آونگ بر صفحه دودانود ثبت می‌گردد. شکل روبرو طرحی از این آزمایش را نشان می‌دهد.

همچنین توجه کنید در تصویر فعالیت کتاب سه نوسان دیده می‌شود که بسته به تنیدی حرکت دیاپازون روی شیشه دودانود حاصل شده‌اند.

تمرین ۱

می‌توانیم زمان‌های داده شده را در معادله ۲-۳ بگذاریم و با در نظر داشتن معادله ۳-۳، مکان‌های ذره را تعیین کنیم. اما همان‌طور که در متن تمرین آمده است ساده‌تر آن است که یک نمودار کسینوسی رسم کنیم و با استفاده از آن مشاهده کنیم که در زمان‌های داده شده در چه مکانی قرار دارد.



از روی شکل درمی‌یابیم که در (الف) $t = 2/0.92\text{ s} = 2.14\text{ s}$ ذره در $x = +A$ ، در (ب) $t = 3/0.92\text{ s} = 3.26\text{ s}$ ذره در $x = -A$ و در (پ) $t = 5/0.92\text{ s} = 5.43\text{ s}$ ذره در $x = 0$ قرار دارد.

تمرین ۲-۳

وقتی شناسه تابع کسینوس به اندازه 2π رادیان افزایش می‌باید، این تابع خودش را تکرار می‌کند. بنابراین اگر برای زمان دلخواه t ، نوسانگر در زمان $T+t$ برای نخستین بار به مکان خود بازگردد، به این معنی است که :

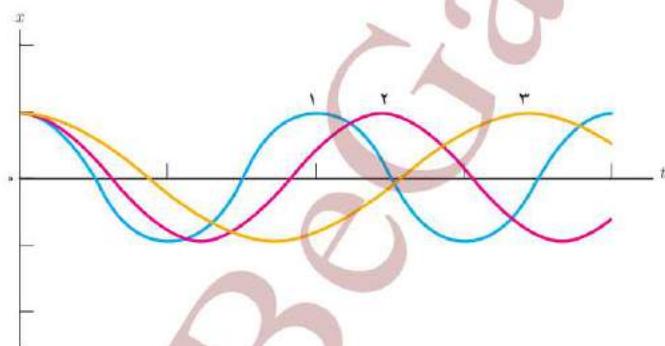
$$\omega(t+T) = \omega + 2\pi$$

و در نتیجه $T/\omega = 2\pi$ می‌شود.

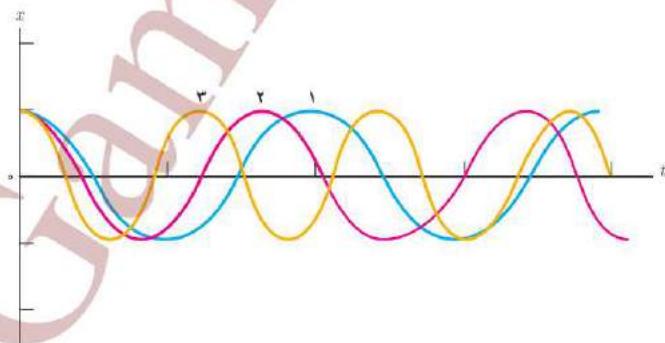
فعالیت ۲-۳

در این فعالیت باید به سازوکارهای آزمایشی جهت پاسخ‌دهی مناسب این آزمایش‌ها توجه کنید. همچنین لازم است با شمردن زمان تعداد زیادی نوسان کامل، زمان یک نوسان را به دست آورید. همچنین خوب است این آزمایش‌ها را با دامنه‌های نوسان متفاوتی نیز انجام دهید و مستقل بودن زمان نوسان از دامنه را نیز بیازماید.

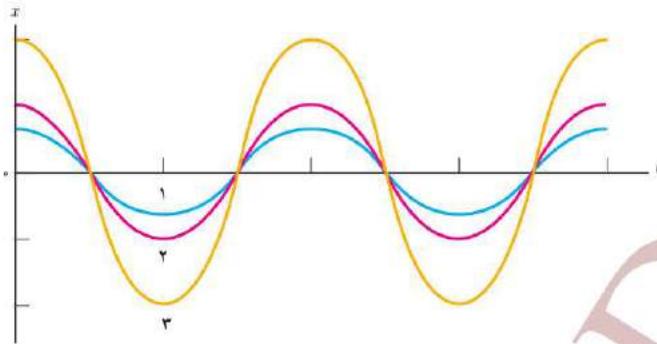
یک فعالیت پیشنهادی دیگر در امتداد این فعالیت این است که از دانش آموزان بخواهید با رسم نمودارهای $x-t$ ، یک بار برای سه جرم متفاوت و ثابت نگه داشتن k و A ، یک بار برای سه ثابت فر متفاوت و ثابت نگه داشتن m و A ، و یک بار برای سه دامنه متفاوت و ثابت نگه داشتن m و k ، دوره‌های تناوب را مقایسه کنند. آنها باید به ترتیب نمودارهای نوعی شکل‌های ۱، ۲ و ۳ را رسم کنند.



شکل ۱—به ازای $T_1 > T_2 > T_3$ ، داریم $m_1 > m_2 > m_3$



شکل ۲—به ازای $k_1 > k_2 > k_3$ ، داریم $T_1 > T_2 > T_3$



شکل ۳—به ازای A های مختلف داریم $T_1 = T_2 = T_3$

۳—۳ فعالیت

با به نوسان درآوردن آونگ وادارنده، می‌توان دید برقی از آونگ‌ها با دامنه بزرگی به نوسان درمی‌آیند، در حالی که برخی ساکن مانده و یا با دامنه‌های بسیار کوچکی به نوسان درمی‌آیند. در واقع آنچه رخ می‌دهد براساس پدیده تشید توضیح داده می‌شود و آن آونگ‌هایی که با دامنه بزرگ به نوسان درمی‌آیند در واقع بسامد طبیعی ای دارند که برابر با در حول و هوش بسامد آونگ وادارنده است و اگر تکانی ناچیز در برخی دیگر از آونگ‌ها مشاهده می‌شود صرفاً براساس انتقال انرژی ناچیزی است که برای این آونگ‌ها رخ می‌دهد. در مورد آونگی که با بیشترین دامنه به نوسان در می‌آید، اصطلاحاً گفته می‌شود که این آونگ برای تشید کوک (tune) شده است. در تمرین ۳—۳ به طور عددی، پدیده مشابهی را بررسی می‌کنیم. در مورد آونگ‌های بارتون، بدیهی است آونگی با بیشترین دامنه به نوسان درمی‌آید که هم طول آونگ وادارنده باشد.

تمرین ۳—۳

لازم به توضیح است که در کتاب‌ها شرط تشید عموماً به صورت برابری بسامدهای زاویه‌ای بیان می‌شود و اگر بسامد زاویه‌ای طبیعی ω دستگاه، با بسامد زاویه‌ای وادارنده ω_d برابر شود، تشید رخ می‌دهد: $\omega = \omega_d$. در این تمرین نیز (به درستی) گستره بسامدهای زاویه‌ای آونگ وادارنده داده شده است و باید بررسی کنیم که آیا بسامدهای زاویه‌ای آونگ‌ها در این گستره قرار می‌گیرد یا خیر. $\omega = 2\pi/T$ بسامد زاویه‌ای است که در آن $T = 2\pi\sqrt{L/g}$ دوره نوسان آونگ ساده است. همان‌طور که گفتیم برای آنکه آونگ‌ها بهشت به نوسان درآیند باید بسامد زاویه‌ای آنها در گستره بسامدهای زاویه‌ای داده شده قرار گیرد. اگر بررسی کنید درمی‌باید فقط دو تا از آونگ‌های داده شده دارای مقادیر ω مناسب برای تشید هستند. آونگ با طول $m/8$ که برای آن ω چنین می‌شود:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} = \sqrt{\frac{9/8 \text{ m/s}^2}{1/8 \text{ m}}} = 3/5 \text{ rad/s}$$

و آونگ با طول $m/2$ که برای آن ω چنین می‌شود:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} = \sqrt{\frac{9/8 \text{ m/s}^2}{1/2 \text{ m}}} = 2/86 \approx 2/9 \text{ rad/s}$$

اگر بسامد زاویه‌ای را برای سه آونگ دیگر بررسی کنیم، به ترتیب برای آونگ‌های به طول $m/4$ ، $m/3$ و $m/5$ به مقادیر $4/9 \text{ rad/s}$ و $1/9 \text{ rad/s}$ و $1/7 \text{ rad/s}$ می‌رسیم که در گستره بسامدهای زاویه‌ای داده شده نیستند و بنابراین به تشید نمی‌انجامند. البته با توجه به تذکر داده شده در صورت تمرین، درمی‌بایس آونگ به طول $m/2$ نیز با دامنه نسبتاً بزرگی به نوسان درمی‌آید، گرچه بنا به تعریف، برای آن تشید رخ نداده است.

پرسش ۲-۳

این رویداد به این دلیل رخ داد که بسامد زاویه‌ای امواج لرزه‌ای در خاک شهر مکزیکوستی تقریباً برابر با بسامد زاویه‌ای طبیعی ساختمان‌های نیمه بلند بود، در حالی که ساختمان‌های کوتاه‌تر (با بسامدهای زاویه‌ای طبیعی بیشتر) پابرجا ماندند. در ادامه به توضیح بیشتر این رویداد می‌پردازیم. امواج لرزه‌ای حاصل از این زمین‌لرزه وقتی به مکزیکوستی در فاصله 40° کیلومتری از محل وقوع زمین‌لرزه رسیدند چنان ضعیف شده بودند که واقعاً نمی‌توانستند موجب چنان تخریب گسترده‌ای شوند. ولی بخش عده‌ای از مکزیکوستی روی بستر یک دریاچه قدیمی بنا شده است که خاک آن بر اثر اختلاط با آب، نرم است. گرچه دامنه امواج لرزه‌ای در زمین سخت‌تر مسیر تا مکزیکوستی کوچک بود، ولی دامنه شتاب این امواج به بزرگی $g/20^{\circ}$ (شتاب گرانی)، و بسامد زاویه‌ای آنها در حول و حوش rad/s^3 بود که این تقریباً برابر با بسامد زاویه‌ای طبیعی ساختمان‌های نیمه بلند شهر بود.

پرسش ۳-۳

همان‌طور که در متن کتاب آمده است وقتی یک سرفنر بلند کشیده شده‌ای را به سرعت به جلو و عقب تکان دهیم یک تپ طولی در فنر به حرکت در می‌آید. این تپ که در طول فنر به حرکت می‌افتد، انرژی را از یک سرفنر به سر دیگر آن انتقال می‌دهد. توجه کنید که در محل تپ، فنر دارای انرژی جنبشی (ناشی از حرکت به جلو و عقب اجزا) و انرژی پتانسیل (ناشی از تغییر کشیدگی اجزای فنر در محل عبور تپ) است. بنابراین تپ موج پیش‌روندۀ با خود انرژی حمل می‌کند و این انرژی از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر منتقل می‌شود. در واقع کار مکانیکی ما در جلو و عقب بردن فنر است که انرژی تپ را فراهم می‌سازد. خوب است به عنوان پرسش تکمیلی همین پرسش را برای تبي عرضي نيز بورسي كنيد.

پرسش ۴-۳

از مقیاس‌بندی طول موج شکل‌ها مشخص است که شکل (الف) همان دامنه موج داده شده را دارد، ولی طول موج آن کوتاه‌تر است. شکل (ب) همان طول موج داده شده را دارد، ولی دامنه آن کوتاه‌تر است. و سرانجام شکل (پ) هم طول موج و هم دامنه کوتاه‌تری نسبت به موج داده شده دارد.

(توجه کنید که این شکل‌ها می‌توانستند مربوط به موج طولی نیز باشند، ولی به اقتضای اینکه تا اینجا درس به موج‌های طولی بوداخته نشده است، از آنها به عنوان موج عرضی یاد کردیم.)

تمرین ۴-۳

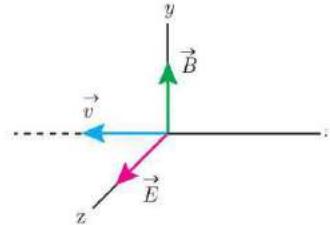
از رابطه $3-1$ استفاده می‌کنیم که در آن $L/m = \mu$ است. بنابراین به ترتیب برای بالاترین و پایین‌ترین بسامد داریم:

$$v_H = \sqrt{\frac{F}{m/L}} = \sqrt{\frac{226\text{N}}{(0.128 \times 10^{-3}\text{kg})/(0.628\text{m})}} = 826/\text{m/s} \approx 826\text{ m/s}$$

$$v_L = \sqrt{\frac{F}{m/L}} = \sqrt{\frac{226\text{N}}{(3/32 \times 10^{-3}\text{kg})/(0.628\text{m})}} = 20.6/\text{m/s} \approx 20.7\text{ m/s}$$

پرسش ۵-۳

از قاعده دست راست در می‌باییم که جهت انتشار موج الکترومغناطیسی در جهت x -است.



تمرین ۵-۳

رابطه‌ای که باید استفاده کنیم رابطه ۹-۳ ($v = \lambda f$) است که برای امواج الکترومغناطیسی باید به جای v از تندی نور (۳۰۰ × ۱۰^۸ m/s) استفاده کنیم. از آنجا برای بسامد خواهیم داشت:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{4L} = \frac{300 \times 10^8 \text{ m/s}}{4(8/5 \times 10^{-2} \text{ m})} = 882 \text{ MHz} \approx 8.8 \times 10^8 \text{ Hz}$$

فعالیت ۴-۳

این آزمایش مشهور برای تمیز امواج صوتی (نمونه‌ای از امواج مکانیکی) از امواج الکترومغناطیسی است. در حالی که امواج مکانیکی برای انتشار به محیط مادی نیاز دارند و انرژی را به صورت انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل ذرات محیط انتقال می‌دهند، امواج الکترومغناطیسی به محیط مادی نیاز ندارند و انرژی را به صورت انرژی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی منتقل می‌کنند. بنابراین با تخلیه هوای محفظه، محیطی برای انتشار صوت باقی نمی‌ماند، در حالی که همچنان امواج الکترومغناطیسی منتقل شده و سبب فعال شدن گوشی تلفن همراه داخل محفظه می‌شود.

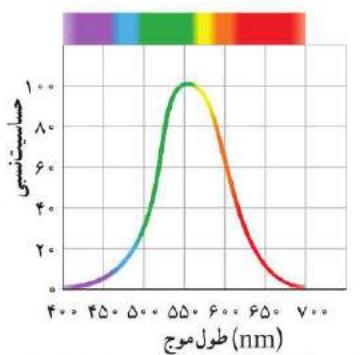
فعالیت ۵-۳

نواحی اصلی طیف امواج الکترومغناطیسی، به ترتیب از امواج کم‌بسامد تا امواج پُربسامد به قرار زیر هستند:

امواج رادیویی: این امواج بر حسب افزایش بسامد، شامل رادیویی AM، رادیویی FM، و کاتال‌های تلویزیونی TV هستند. این امواج را از آن رو رادیویی می‌نامند که بسامد آنها در گستره‌ای است که عمدها برای گسیل سیگنال‌های رادیویی و تلویزیونی به کار برده می‌شوند. برای تولید این امواج از مدارهای الکترونیکی استفاده می‌شوند.

امواج میکروموج: از این امواج نیز در ارتباطات استفاده می‌شود، در تلفن‌های همراه، تلویزیون‌های ماهواره‌ای، و رادار از گستره این امواج استفاده می‌شود. اجاق‌های میکروموج (مایکروفر) نیز از این امواج برای پختن غذا استفاده می‌کنند. این امواج ممکن است موجب برخی از سرطان‌ها شوند و نیز با گرم کردن آب موجود در بافت‌های زنده به این بافت‌ها آسیب برسانند. چشمۀ اصلی این امواج یک لامپ خلاً موسوم به مگنترون است.

امواج فروسرخ: به این امواج به این دلیل فروسرخ می‌گویند که بسامد آنها کمتر از بسامد نور مرئی فرمز است. همان‌طور که در کتاب فیزیک ۱ دیدید، تابش‌های گرمایی اجسام با دمای زیر حدود ۵۰°C عمدها به صورت تابش فروسرخ است و برخی از جانوران که توانایی آشکارسازی این امواج را دارند از این ویژگی برای دید در شب استفاده می‌کنند. اجسام با جذب تابش فروسرخ گرم می‌شوند. پوست بدن انسان تقریباً همه امواج فروسرخی را که بر آن فرود می‌آید جذب می‌کند و وجود این امواج را از طریق گرمایی ایجاد شده حس می‌کند. بنابراین دریافت تابش زیاد امواج فروسرخ می‌تواند سبب سوختن پوست شود. همچنین از این تابش برای دستگاه‌های کنترل از راه دور (ریموت کنترل) و دوربین‌های دید در شب استفاده می‌شود.

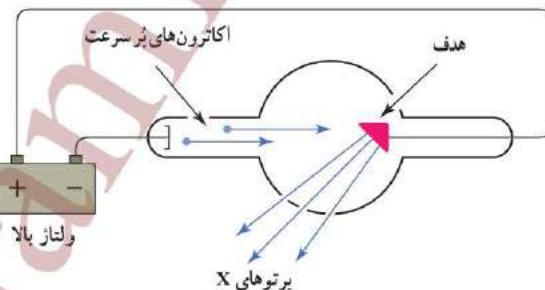


حساسیت یک جسم سالم به طول موج های مختلف طیف نور مرئی

امواج نور مرئی: نور مرئی نوار باریکی از امواج الکترومغناطیسی را تشکیل می‌دهد که چشم عادی به آن واکنش می‌دهد. نور قرمز پایین‌ترین بسامد و بلندترین طول موج مرئی، و نور بنفش پیشترین بسامد و کوتاه‌ترین طول موج مرئی را دارد. در روشنایی، پیشترین حساسیت چشم مربوط به طول موج ۵۵۵nm است که به رنگ زرد – سبز تعلق دارد و حساسیت چشم به سرعت در دو سوی این طول موج کاهش می‌یابد.

امواج فرابنفش: به این امواج به این دلیل فرابنفش می‌گویند که بسامد آنها پیشتر از بسامد نور مرئی بینش است. امواج فرابنفش بخشی از تابش گرمایی هستند که توسط اجسام بسیار داغ گسیل می‌شود. حدود ۷ درصد تابش حاصل از نور خورشید به صورت فرابنفش است. این بخش از تابش نور خورشید سبب تیرگی رنگ پوست و آفاتاب سوختگی می‌شود. تابش فرابنفش برخلاف تابش فروسرخ باعث گرم شدن پوست نمی‌شود، بلکه موجب فرایندی شیمیایی در پوست می‌شود که به تغییر رنگ پوست می‌انجامد. خوشبختانه پیشتر تابش فرابنفش حاصل از خورشید توسط اتم‌ها در لایه پوش سپهر (استراتوسفر) جو که در فاصله ۱۲ تا ۵۰ کیلومتری از سطح زمین قرار دارد، جذب می‌شود، در غیر این صورت، اثرات زیان‌بار خطرناکی به انسان وارد می‌شد. یکی از اجزای مهم لایه پوش سپهر، اوزون (O_3) است که از برهم‌کنش اکسیژن (O_2) با تابش فرابنفش حاصل می‌شود. این اوزون حاصل، مانع از رسیدن تابش فرابنفش مرگبار به سطح زمین می‌گردد. برخی مواد تحت تابش فرابنفش، نور مرئی گسیل می‌کنند که به این، حساسیت فلورورسانی می‌گویند و از این ویژگی در برخی مصارف از جمله لامپ‌های مهتابی و تلویزیون‌های پلاسمای استفاده می‌شود. تابش فرابنفش کاربردهای فراوانی دارد که از آن جمله استریلیزه کردن محیط ابزارآلات پزشکی و آزمایشگاه‌های زیست‌شناسی است.

امواج پرتوهای X: چشممه‌های پرتوهای X، طبیعی یا مصنوعی هستند، چشممه‌های طبیعی پرتوهای X از اجسام نجومی ای نظیر خوشه‌های کهکشانی، آخترهای کوادرات (کوازارها)، سیاه‌چالهای آبرنواخترها (سوبرنوها)، خورشید و... هستند. پرتوهای X را می‌توان به طور مصنوعی با تاباندن الکترون‌های پُرانزی به یک هدف فلزی ایجاد کرد.

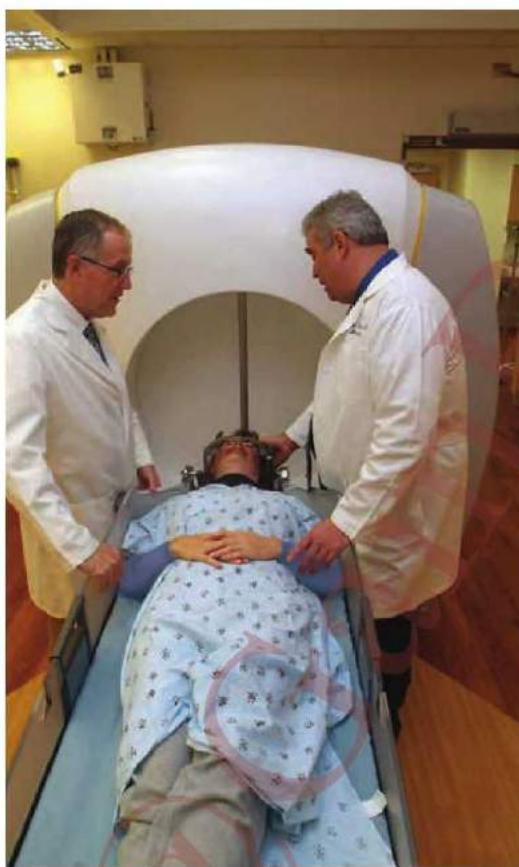


طرح ساده‌ای از جگونگی تولید پرتوی X در یک لامپ پرتوی X

این پرتوهای \times به عنوان ابزاری تشخیصی در پزشکی و نیز در درمان برخی از انواع سرطان‌ها به کار می‌رود.



استخوان‌ها مسلو از کلسیم‌اند که پرتوهای \times را به مراتب بهتر از بافت‌های نرمی مانند ماهیچه یا چربی جذب می‌کنند. این تصویری از استخوان‌های دست است که با پرتوی \times عکس‌برداری شده است.



تصویری از دستگاه جراحتی مغز با پرتوی گاما

چون پرتوهای \times به سادگی در بافت‌های زنده و اندام‌ها نفوذ و در نتیجه آنها را تخریب می‌کنند، باید مراقبت‌های ویژه‌ای برای پرهیز از در رافت غیرضروری این پرتوها صورت بگیرد. سرب با عدد اتمی ۸۲ محافظت خوبی برای مسدود کردن راه ورود پرتوهای \times است.

امواج پرتوهای گاما: پرانرژی‌ترین امواج الکترومغناطیسی پرتوهای گاما هستند. پرتوهای گاما در برخی از فرایندهای هسته‌ای نظیر واپاشی پرتوزا، شکافت و گداخت هسته‌ای، و نیز در برخی از اجرام سماوی نظیر تپاخترها (پالسارها)، ستاره‌های نوترونی، سیاه‌چاله‌ها و... تولید می‌شوند. از این پرتوها نیز در تشخیص و درمان پزشکی استفاده می‌شود. مثلاً ایزوتوپ‌های نظیر تکتنيوم (^{99}Tc ، ید ۱۲۵ (^{113}I)، ید ۱۳۱ (^{131}I)), کبات (^{57}Co) و سرزم (^{137}Cs) وجود دارند که پرتوی گاما گسیل می‌کنند و از این پرتو برای تشخیص و درمان تعدادی از بیماری‌ها نظیر برخی از سرطان‌ها و تومورهای مغزی استفاده می‌شود.

این پرتوها قدرت نفوذ بسیار زیادی دارند و می‌توانند آسیب‌های جدی به بافت‌های زنده‌ای وارد کنند که این پرتوها را جذب می‌کنند. بنابراین کسانی که با این پرتوها سروکار دارند باید جامعه‌هایی پیوشنده که از مواد سنگین جاذبی نظیر لایه‌های سرب ساخته شده باشند.

پرسش ۳-۶

الف) در دیاپازون، وقتی شاخه‌ها با ضربه‌ای به دیاپازون به ارتعاش درمی‌آیند، دو شاخه آن در خلاف جهت یکدیگر به ارتعاش درمی‌آیند. اگر شاخه‌ها از هم دور شوند، هر شاخه لایه هوای مجاور خود را متراکم می‌کند (شکل الف) و اگر شاخه‌ها به هم نزدیک شوند، هر شاخه لایه هوای مجاور خود را منبسط می‌کند (شکل ب). در لایه‌های متراکم، چگالی و در نتیجه فشار هوا نسبت به قبل از ارتعاش دیاپازون اندکی زیاد می‌شود، در حالی که در لایه‌های منبسط، چگالی و در نتیجه فشار هوا نسبت به قبل از ارتعاش دیاپازون اندکی کم می‌شود. این تراکم‌ها و انبساط‌ها متناوباً تولید شده و در هوا حرکت می‌کنند و بدین ترتیب مانند آنچه در متن درس آمده است یک موج صوتی راه می‌افتد.



الف) وقتی شاخه‌های دیاپازون از هم دور می‌شوند، لایه هوای مجاور شاخه مترکم می‌شود.
ب) وقتی شاخه‌های دیاپازون به هم نزدیک می‌شوند، لایه هوای مجاور شاخه منبسط می‌شود.

ب) حشرات هنگام پرواز بال هایستان را در هر ثانیه صدها بار تکان می‌دهند. بال حشرات مانند صفحه مرتعشی است و نشان داده شده هر صفحه با ارتعاش به حد کافی زیاد (بیش از ۱۶ بار در ثانیه) صوتی با ارتفاع معینی را ایجاد می‌کند. سازوکار ایجاد این صوت مانند همان است که در ارتعاش دیافراگم بلندگو و نیز در توضیح ایجاد صوت در دیاپازون گفته‌یم. محض اطلاعات عمومی خوب است بدانید مگس در هنگام پرواز در هر ثانیه ۳۵۲ بار، زنبور میوه در هر ثانیه ۲۲۰ بار، زنبور عسل در هر ثانیه ۴۴۰ بار، و پشه در هر ثانیه ۵۰ تا ۶۰ بار بال می‌زند.

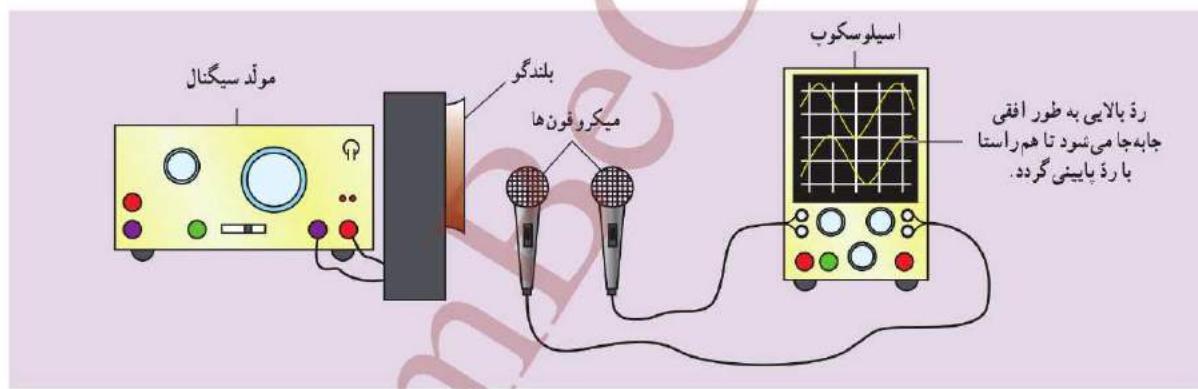


فعالیت ۳-۶

برای اینکه صحت زمان سنج خود را در باید خوب است بدانید برای یک فاصله ۱ متری بین میکروفون‌ها، در صورتی که محل برخورد چکش در امتداد خط و اصل میکروفون‌ها باشد، زمان سنج باید تأخیر زمانی حدود $3/0 \text{ ms}$ را نشان دهد. در این صورت تندی صوت حدوداً می‌شود:

$$v = \frac{l}{t} = \frac{1/0 \text{ m}}{3/0 \times 1/0^{-3} \text{ s}} = 333 \text{ m/s}$$

همچنین توجه کنید که آزمایش را باید چندین بار تکرار کنید و سپس متوسط این تعدادها را به عنوان تندی صوت بیان کنید. روش دیگر برای اندازه‌گیری تندی صوت استفاده از یک اسیلوسکوپ دو باریکه‌ای (double beam oscilloscope) است. اگر این وسیله را در آزمایشگاه در اختیار دارید، دو میکروفون را مطابق شکل به ورودی‌های این اسیلوسکوپ وصل کنید. همچنین یک مولد سیگнал را به یک بلندگو وصل کنید، به طوری که سامد آن بین 500 Hz تا 20 kHz باشد. یکی از میکروفون‌ها باید نزدیک بلندگو باشد و میکروفون دیگر باید به فاصله ۱ متر با بیشتر از آن قرار گیرد. روی اسیلوسکوپ دو رد موج را مقایسه کنید. میکروفون دوم را روی خط و اصل میکروفون اول و بلندگو آنقدر جابه‌جا کنید تا رد موج‌ها نخست کاملاً ناهم فاز و دوباره هم فاز شوند (و یا بالعکس). آنگاه اختلاف فاصله بین میکروفون‌ها در این دو حالت را با یک خط‌کش اندازه بگیرید. اختلاف فاصله بین میکروفون‌ها در این دو حالت کاملاً ناهم فاز و هم فاز، برابر نصف طول موج است. اکنون تندی صوت را با ضرب سامدی که مولد سیگنال نشان می‌دهد در طول موج محاسبه کنید.



تمرین ۳-۶

با استفاده از رابطه $\Delta t = v \Delta x$ ، زمان پیمودن صوت در هوا و در میله را می‌بایم. اگر تندی صوت در هوا با v_a و تندی صوت در میله را v_b نشان دهیم، آنگاه اختلاف زمان رسیدن این دو موج چنین می‌شود:

$$\Delta T = \frac{\Delta x}{v_a} - \frac{\Delta x}{v_b} = \frac{(v_b - v_a)\Delta x}{v_a v_b}$$

$$\Delta x = \frac{v_a v_b}{v_b - v_a} \Delta t = \frac{v_a (15 v_a)}{15 v_a - v_a} \Delta t = \frac{15 v_a}{14} \Delta t \\ = \frac{15(34 \text{ m/s})}{14} (\circ/12 \text{ s}) = 43/71 \text{ m} \approx 44 \text{ m}$$

تمرين ۷-۳

تفاوت ترازهای شدت صوت را محاسبه می کنیم :

$$\beta_r - \beta_1 = (1 \text{ dB}) \log \frac{I_r}{I_1} - (1 \text{ dB}) \log \frac{I_1}{I_r}$$

$$= (1 \text{ dB}) \log \frac{I_r}{I_1}$$

نسبت I_r/I_1 برابر 10^0 داده شده است. بنابراین داریم :

$$\beta_r - \beta_1 = (1 \text{ dB}) \log 10^1 = (2 \text{ dB}) \log 10$$

$$= 2 \text{ dB}$$

پرسش ۷-۳

شکل‌ها را به ترتیب بررسی می کنیم. ساده‌تر آن است که فرض کنیم شکل‌ها 90° پادساعتگرد چرخیده‌اند. در این صورت به جای تحلیل مسئله از دید ناظر پایین شکل، مسئله را از دید ناظر سمت راست بررسی می کنیم. در شکل (الف)، یک چشم صوت‌سازکن امواج کروی گسیل می کند. توجه کنید که فاصله شعاعی بین جبهه‌های موج بکسان است. در شکل‌های (ب) و (پ) چشم صوت به سمت راست حرکت کرده است. تنها تفاوت شکل‌های (ب) و (پ) در این است که تندی چشم صوت در (پ) بیشتر از این تندی در (ب) است و بدین ترتیب از دحام جبهه‌های موج در جلوی چشم‌گسیلنده شکل (پ) بیشتر از شکل (ب) است. ناظری که در سمت راست چشم‌ها قرار گرفته است در واحد زمان جبهه‌های موج بیشتری را از (پ) نسبت به (ب) دریافت می کند و بنابراین بسامدی که می شود نیز بالاتر است. با این حال در هر دوی این شکل‌ها تندی چشم صوت کمتر از تندی صوت است. اما در شکل (ت) چشم صوت با تندی ای بزرگ‌تر از تندی صوت به سمت راست حرکت می کند، زیرا سریع‌تر از جبهه‌های موج در حرکت است. در این شکل‌ها به رنگ‌های به کار گرفته شده زرد و قرمز توجه کنید. در شکل (ت) که چشم صوت با تندی بزرگ‌تر از جبهه‌های موج ایجاد شده حرکت می کند، منحنی‌های قرمز از زرد بیرون زده‌اند و مخروطی ایجاد شده است که به آن مخروط مانح می گویند. در چنین وضعیت‌هایی دیگر معادله‌هایی که برای اثر دوپل ارائه می شوند به کار نمی آیند. در هر حال، پاسخ پرسش ۷-۳ به این ترتیب می شود که تندی چشم‌ها به ترتیب از شکل (الف) تا شکل (ت) افزایش می یابند و همچنین در شکل‌های (الف) تا (پ) تندی چشم‌ها کوچک‌تر از تندی صوت است، ولی در شکل (ت) این تندی بیشتر از تندی صوت می شود.

پرسش ۸-۳

همان‌طور که در شکل ۲۹-۳ نشان داده شده است در مورد امواج الکترومغناطیسی با دور شدن چشم نور، طول موج دریافتی افزایش می یابد و اصطلاحاً انتقال به سرخ داریم. بنابراین با افزایش طول موج، بسامد کمتر می شود و در نتیجه آشکارساز نوری با بسامد کمتر را دریافت می کند و f می شود.

پاسخ پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۳

۱ از رابطه $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ استفاده می‌کنیم. در این رابطه به جای m از W/g استفاده می‌کنیم که در آن W وزن جسم است. همچنین ثابت فنر را از قانون هوک به دست می‌آوریم

$$k = \frac{|F|}{x} = \frac{2\text{ N}}{0.1\text{ m}} = 20\text{ N/m}$$

در نتیجه:

$$\begin{aligned} T &= 2\pi\sqrt{\frac{W/g}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{(5/\text{N})/(4/\text{N/kg})}{20\text{ N/m}}} \\ &= 0.46\text{ s} \end{aligned}$$

۲ از رابطه $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ استفاده می‌کنیم. بنابراین داریم:

$$\begin{aligned} \frac{T_2}{T_1} &= \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} = \sqrt{\frac{(m+2\text{ kg})}{m}} = \frac{3/0}{2/0} \\ &\text{از آنجا } m = 1/6\text{ kg} \text{ به دست می‌آید.} \end{aligned}$$

۳ چون وزن (و در نتیجه جرم) به طور یکنواخت توزیع شده است، روی هر فتر $\frac{1}{4}$ جرم کل قرار می‌گیرد. بنابراین $kg = M/4 = 40\text{ kg}$. و در نتیجه:

$$\begin{aligned} &= 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{40\text{ kg}}{2/00 \times 10^4\text{ N/m}}} \\ &= 0.888\text{ s} \end{aligned}$$

و از آنجا

$$f = \frac{1}{T} = 1/125\text{ s}^{-1} \approx 1/12\text{ Hz}$$

و

$$\omega = 2\pi f = 2\pi(1/125\text{ s}^{-1}) = 7.7\text{ rad/s}$$

۴ معادله حرکت نوسانگر با رابطه $x = A\cos\omega t$ داده می‌شود. که در اینجا

$$A = 2/0 \times 10^{-4}\text{ m}, \quad \omega = 2\pi f = 2\pi(5/0\text{ s}^{-1}) = 10\pi\text{ rad/s}$$

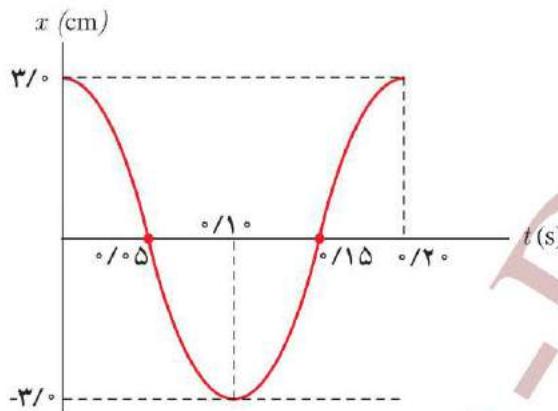
در نتیجه

$$x = (2/0 \times 10^{-4}\text{ m}) \cos(10\pi t)$$

برای رسم نمودار مکان–زمان خوب است دوره تناوب را محاسبه کنیم:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{5/0\text{ s}^{-1}} = 0.2\text{ s}$$

بنابراین شکلی شبیه زیر خواهیم داشت



۵) الف) معادله حرکت نوسانگر با رابطه $x = A \cos \omega t$ داده می‌شود. اگر در شکل دقت کنیم داریم :

$$\frac{\Delta T}{\frac{1}{4}} = 0.15 \text{ s} \Rightarrow T = 0.4 \text{ s}$$

در نتیجه

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.4} = 5\pi \text{ rad/s}$$

بنابراین معادله حرکت نوسانگر چنین می‌شود

$$x = A \cos 5\pi t$$

ب) در زمان $t_1 = A/2$ است و در نتیجه

$$\frac{A}{2} = A \cos 5\pi t_1$$

در نتیجه

$$\cos 5\pi t_1 = \frac{1}{2}$$

چون t_1 نخستین زمانی است که $x = A/2$ است، در رابطه بالا $5\pi t_1 = \frac{1}{3}\pi$ را برابر $\frac{1}{3}\pi$ می‌گذاریم. در نتیجه $t_1 = \frac{1}{15}$ s می‌شود.
پ) با فرض آنکه نوسانگر این مسئله، دستگاه جرم-فقر باشد، از قانون هوک به صورت $|F| = k|x|$ استفاده می‌کنیم. بنابراین داریم : $m|a| = k|x|$

و در نتیجه

$$|a| = \frac{k}{m}|x| = \omega^2|x| = (5\pi)^2|x|$$

که در آن از $\omega = \sqrt{k/m}$ استفاده کردیم.

بنابراین باید x را در زمان t_1 محاسبه کنیم، که البته از روی شکل می‌دانیم برابر با 20° cm است. اگر x را در لحظه t_1 نداشتیم، باید از محاسبه‌ای نظیر محاسبه زیر آن را به دست می‌آوردیم :

$$x(t) = A \cos \omega t,$$

$$\begin{aligned} &= (\text{cm}) \cos (\omega t) = (\text{cm}) \cos \frac{\pi}{15} \\ &= \text{cm} = \text{cm} \end{aligned}$$

در نتیجه

$$|a| = (\omega)^2 (cm) = 4/93 \text{ m/s}^2 \approx 4/9 \text{ m/s}^2$$

۶) انرژی کل نوسانگر برابر است با

$$E = \frac{1}{2} kA^2 = \frac{1}{2} (74 \text{ N/m})(4/9 \text{ m})^2 = 0/2368 \text{ J} \approx 0/24 \text{ J}$$

ب) است و بنابراین $E = K + U$

$$K = E - U = 0/2368 \text{ J} - 0/0 \text{ J} = 0/16 \text{ J}$$

۷) الف) بدینهی است دامنه نوسان $A = 9/0 \text{ cm}$ است و برای انرژی جنبشی پیشینه داریم :

$$K_{\max} = \frac{1}{2} mv_{\max}^2 = \frac{1}{2} kA^2$$

بنابراین تندی پیشینه v_{\max} چنین می شود

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{k}{m}} A = \sqrt{\frac{6/0 \times 1/0 \text{ N/m}}{1/0 \text{ kg}}} (0/0 9 \text{ m}) = 2/2 \text{ m/s}$$

ب) از $E = K + U$ استفاده می کنیم. $E = \frac{1}{2} kA^2$ قرار می دهیم و از آنجا در می یابیم :

$$\begin{aligned} U &= E - K = \frac{1}{2} kA^2 - \frac{1}{2} mv^2 \\ &= \frac{1}{2} (6/0 \times 1/0 \text{ N/m})(0/0 9 \text{ m})^2 - \frac{1}{2} (1/0 \text{ kg})(1/2 \text{ m/s})^2 \\ &= 2/43 \text{ J} - 1/28 \text{ J} = 1/15 \text{ J} \end{aligned}$$

۸) الف) وقتی $x = 0$ است، یعنی در زمانی که نوسانگر از نقطه تعادل می گذرد، تندی آن پیشینه است.

$$A \cos \omega t = 0 \quad , \quad A \neq 0 \Rightarrow \omega t = (2n+1)\frac{\pi}{2}$$

چون نخستین بار را خواسته است، $n = 0$ می گذاریم :

$$\omega t = \pi/2 \Rightarrow 2\pi t = \frac{\pi}{2}$$

و از آنجا $t = \frac{1}{4} \text{ s}$ به دست می آید. (این نتیجه را می توانستیم به طور ساده ای با رسم یک نمودار کسینوسی نیز به دست آوریم، به طوری که در لحظه $t = T/4$ در می یابیم برای نخستین بار $x = 0$ می شود.)

ب) تندی نوسانگر وقتی صفر است که $x = -A$ باشد که این متناظر با زمان $t = \frac{\pi}{4} \text{ s}$ است. این را می شود به طور ریاضی نیز نشان داد :

$$A \cos \omega t = -A \Rightarrow \cos \omega t = -1 \Rightarrow \omega t = n\pi$$

بنابراین برای نخستین بار $\omega t = \pi$ و از آنجا $t = \frac{\pi}{\omega}$ s می‌شود.

پ) در $K = \frac{1}{2}mv_{\max}^2$ قرار دهیم. در نتیجه $E = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 = 2U = 2K$ می‌شود. از طرفی $E = K_{\max}$ است.

$$K = \frac{E}{2} = \frac{1}{2}(\frac{1}{2}mv_{\max}^2)$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{4}mv_{\max}^2 \Rightarrow |v| = \frac{1}{\sqrt{2}}v_{\max}$$

از طرفی $v_{\max} = A\omega$ است. بنابراین

$$|v| = \frac{1}{\sqrt{2}}A\omega = \frac{1}{\sqrt{2}}(1/0.50\text{m})(20\pi) \\ = 2/2 \text{ m/s}$$

الف) زمانی که ساعت نشان می‌دهد متناسب با عکس دوره نوسان آونگ است. با استفاده از رابطه $T = 2\pi\sqrt{L/g}$ در می‌یابیم که چون $g_{\text{هان}} < g_{\text{است}}$ ، بنابراین ساعت در استوا عقب می‌افتد. میزان این عقب افتادگی را می‌توانیم محاسبه کنیم. چون $t_2/t_1 = T_2/T_1$ است، داریم

$$t_2 - t_1 = (\sqrt{g_2/g_1} - 1)t_1$$

که اگر $s = 86400$ قرار دهیم به $|t_2 - t_1| = 88/2\pi$ می‌رسیم.

ب) با افزایش دما، طول آونگ زیاد می‌شود و بنا به رابطه $T = 2\pi\sqrt{L/g}$ در می‌یابیم که دوره تناوب زیاد و بسامد کم شده است و بنابراین ساعت عقب می‌افتد.

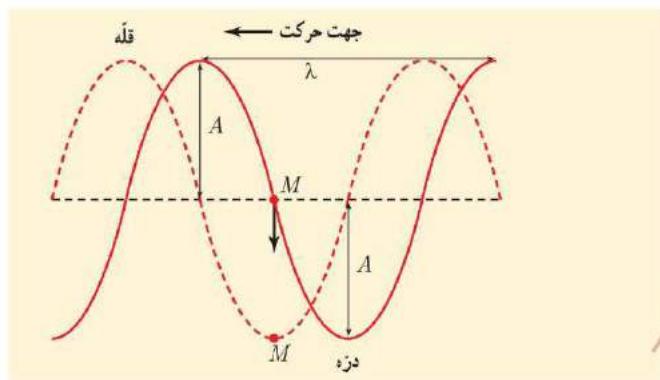
۱۱) بقیناً بسامد ناشی از چرخش (تاب خوردن) بدین هر فرد تقریباً برابر بسامدی بود که پل با آن می‌توانست به چپ و راست تاب بخورد (بسامد طبیعی پل) و همین باعث پدیده تشدید پل شد. ولی تا هنگامی که راه رفتن عابران به طور منظم رخ نداده بود، لرزش پل آنقدر شدید نبود که به حادثه‌ای بیانجامد. این نوسان‌ها سبب شد که عابران برای حفظ تعادل خود گام‌های خود را با نوسان‌های پل هم گام کنند که این موجب شدیدتر شدن لرزش پل و وقوع این حادثه شد.

۱۲) با به نوسان درآمدن آونگ X ، آونگ B با دامنه بزرگی به نوسان درمی‌آید. البته سایر آونگ‌ها نیز ممکن است به نوسان درآیند اما دامنه نوسان آنها کوچک است. در حالی که آونگ B که دوره نوسان (و در نتیجه بسامد) آن با آونگ X یکسان است، با دامنه بزرگی به نوسان ادامه می‌دهد. به عبارتی، به آونگ‌های دیگر هم انرژی منتقل می‌شود ولی بیشترین انرژی در حالت تشدید به نوسانگر B انتقال می‌یابد.

۱۳) الف) با افزایش بسامد نوسان‌ساز، بدیهی است که بسامد موج حاصل نیز افزایش می‌یابد. ولی تندی موج تغییر نمی‌کند زیرا ویزگی‌های محیط تغییری نکرده است. با توجه به رابطه $v/f = \lambda$ در می‌یابیم طول موج کم می‌شود.

ب) چون $v = \sqrt{F/m}$ است، با افزایش کشش ریسمان تندی موج زیاد می‌شود. ولی چون بسامد نوسان‌ساز تغییر نکرده است، بسامد موج نیز تغییری نمی‌کند و طبق رابطه $v/f = \lambda$ ، طول موج زیاد می‌شود.

۱۴) الف) وقتی موج به سمت چپ می‌رود، پس از گذشت زمان $T/4$ دره نشان داده شده در شکل به اندازه $\lambda/4$ به سمت چپ می‌رود و این به معنی آن است که M رو به پایین حرکت کرده است. دامنه و طول موج نیز با نمادهای A و λ در شکل نشان داده شده‌اند.



ب) بسامد موج برابر است با

$$v = \frac{\lambda \cdot \text{cm}}{\Delta t \cdot \text{cm}} = 2 \cdot \text{cm} = 2 \cdot \text{s}^{-1} = 2 \cdot \text{Hz}$$

پ) از رابطه $x = vt$ استفاده می کنیم :

$$x = vt = v\left(\frac{T}{4}\right) = v\left(\frac{1}{4f}\right) = (2 \cdot \text{cm/s})\left(\frac{1}{2 \cdot \text{s}^{-1}}\right)$$

$$= 1/2 \text{ cm} \approx 1/2 \text{ cm}$$

که این همان معادل $(5 \cdot \text{cm})/4 = 1/2 \text{ cm} = 1/2 \text{ cm} = \lambda/4$ است.

۱۴ از روی شکل درمی یابیم طول موج $\lambda = 20 \text{ cm}$ و دامنه $A = \Delta y = 15 \text{ cm}$ است. با استفاده از رابطه $v = \lambda f$ می توانیم تندی انتشار موج را به دست آوریم :

$$v = \lambda f = (20 \cdot \text{cm}) (2 \cdot \text{s}^{-1}) = 40 \cdot \text{cm/s} = 4 \cdot \text{m/s}$$

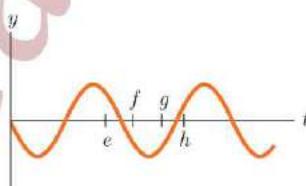
دوره تناوب نیز وارون بسامد است :

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2 \cdot \text{s}^{-1}} = 0.5 \text{ s}$$

۱۵ خیر؛ این دو تندی متفاوتند. تندی v همان تندی انتشار موج است که با مشخصه های رسمن تعیین می شود و همیشه مقدار ثابتی در هر جای رسمن دارد. ولی هر ذره روی رسمن به طور هماهنگ ساده ای با توسان چشمی حرکت می کند. بنابراین هر ذره رسمن تندی ذره را دارد که با زمان تغییر می کند. تندی ذره وقتی از موضع تعادل می گذرد، پیشینه و در نقطه های اوچ و حضیض صفر است. در حالی که تندی موج همواره مقدار ثابتی دارد که از مشخصه های رسمن تعیین می شود.

۱۶ با استدلالی مشابه آنچه در حل مسئله ۱۳ ارائه کردیم (و نیز با وارسی شکل ۱۹-۳ کتاب) درمی یابیم a و b رو به بالا، c و d رو به پایین حرکت می کنند.

(سؤال جالب دیگری هم که می شد مطرح کرد در مورد جایه جایی یک جزء رسمن بر حسب زمان است.)



در این صورت در شکل بالا، در زمان های e و f جزء رسمن رو به پایین و در لحظه های g و h جزء رسمن حرکت می کند.

۲۶) باید از رابطه $v = \sqrt{F/\mu}$ استفاده کنیم. ولی توجه کنید که μ چگالی خطی جرم است و در اینجا چگالی حجمی داده شده است. اگر چگالی حجمی داده شده را در مساحت مقطع سیم ضرب کنیم، چگالی خطی جرم به دست می‌آید:

$$\begin{aligned}\mu &= \rho A \\ &= (\text{N/A} \cdot \text{g/cm}^3)(\text{A}/50 \times 10^{-2} \text{cm}^2) \left(\frac{10^{-3} \text{kg}}{\text{g}} \right) \left(\frac{10^3 \text{cm}}{\text{m}} \right) \\ &= 0.0039 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

از آنجا تندی انتشار موج چنین می‌شود:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{156 \text{N}}{0.0039 \text{kg/m}}} = 20 \text{ m/s} = 20 \times 10 \text{ m/s}$$

۲۷) در واقع این شکل براساس افزایش طول موج (یا کاهش بسامد) از چپ به راست مرتب شده است و بنابراین در مقایسه با شکل ۲۶-۳ کتاب که طیف امواج الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد در می‌بایم P, Q, R, S, T و T' به ترتیب معادل ناحیه‌های فرابنفس، مرئی، فروسرخ، میکروموج و امواج رادیویی است.

۲۸) از قاعده دست راست برای تعیین جهت میدان مغناطیسی استفاده می‌کنیم (شکل ۲۱-۳ کتاب). جهت انتقال ارزی همان جهت انتشار موج و در سوی \hat{k} - است. سوی میدان الکتریکی نیز در جهت \hat{j} است. بنابراین جهت میدان مغناطیسی در سوی $\hat{i} +$ (سوی مثبت محور \hat{x}) می‌شود.

۲۹) (الف) از رابطه $c/f = \lambda$ استفاده می‌کنیم:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3/0 \times 10^8 \text{ m/s}}{6/20 \times 10^{-7} \text{ m}} = 4/839 \times 10^{14} \text{ Hz} \approx 4/8 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

(ب) طول موج در هوا چنین می‌شود:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3/0 \times 10^8 \text{ m/s}}{4/30 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}} = 6/977 \times 10^{-7} \text{ m} \approx 7/0 \times 10^{-7} \text{ m}$$

و در آب

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{2/25 \times 10^8 \text{ m/s}}{4/30 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}} = 5/23 \times 10^{-7} \text{ m}$$

۳۰) از رابطه $v = \lambda f$ ، طول موج را به دست می‌آوریم:

$$\lambda = \frac{10 \text{ m/s}}{1 \text{ s}^{-1}} = 10 \text{ m}$$

(الف) فاصله بین دو تراکم متواالی همان طول موج است.

(ب) فاصله بین یک تراکم و یک انساط متواالی $5/0 \text{ m} = 5/0 \text{ m} / 2 = 5/0 \text{ m}$ می‌شود.

۳۱) براساس آنچه در شکل آمده است در می‌بایم مسافت d برابر است با

$$d = v_L t_L = v_T t_T$$

که در آن v_L و v_T به ترتیب تندی امواج طولی و عرضی، و t_L و t_T به ترتیب زمان رسیدن امواج طولی و عرضی است. از هر کدام از فرمول‌های سمت راست می‌توانیم مسافت d را تعیین کنیم. اما t_L یا t_T را نداریم. با توجه به اینکه $\Delta t = t_T - t_L$ داده شده است، می‌توانیم t_L یا t_T را به دست آوریم:

$$\begin{aligned}\Delta t &= t_T - t_L = t_T - t_T \frac{v_T}{v_L} = t_T (1 - \frac{v_T}{v_L}) \\ &= t_T (1 - \frac{5 \text{ m/s}}{15 \text{ m/s}}) = \frac{2}{3} t_T = 4/10 \text{ ms}\end{aligned}$$

و از آنجا $t_T = 6/10 \text{ ms}$ می‌شود و در نتیجه

$$d = v_T t_T = (5 \text{ m/s}) (6/10 \times 10^{-3} \text{ s}) = 0/30 \text{ m} = 30 \text{ cm}$$

۲۴ همان‌طور که در متن درس آمده است، از گزینه‌های داده شده تنها دمای هوای بر تندی صوت تأثیر می‌گذارد. البته در حالت کلی عوامل مؤثر بر تندی صوت، تراکم پذیری و چگالی محیط است که این برای گازهای کامل که هوای نیز با تقریب خوبی چنین است، متناسب با جذر دمای گاز در مقیاس کلوین می‌شود.

۲۵ (الف) بسامد زاویه‌ای برابر است با

$$\omega = 2\pi f = 2\pi (6/7 \times 10^6 \text{ s}^{-1}) = 4/21 \times 10^7 \text{ rad/s} \approx 4/2 \times 10^7 \text{ rad/s}$$

توجه کنید که مقدار ω بسیار زیاد است و این به معنای نوسان‌های بسیار سریع کاوه است. در حالی که برای یک نوسانگر کند، مانند آونگ یک ساعت پاندولی، ماجرا برعکس است و دوره تناوب زیاد و بسامد پایین است.

(ب) از رابطه $v/f = \lambda$ داریم:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1500 \text{ m/s}}{6/7 \times 10^6 \text{ s}^{-1}} = 2/23 \times 10^{-4} \text{ m} \approx 2/2 \times 10^{-4} \text{ m}$$

۲۵ (الف) برای Δt داریم:

$$\Delta t = t_{\text{فرز}} - t_{\text{هوای}} = \frac{L}{v_{\text{فرز}}} - \frac{L}{v_{\text{هوای}}} = L \left(\frac{\frac{v_{\text{هوای}} - v_{\text{فرز}}}{v_{\text{هوای}}}}{\frac{v_{\text{هوای}} - v_{\text{فرز}}}{v_{\text{فرز}}}} \right)$$

(ب) از رابطه به دست آمده در قسمت الف، L را به دست می‌آوریم:

$$L = \frac{\Delta t (v_{\text{هوای}} - v_{\text{فرز}})}{v_{\text{هوای}} - v_{\text{فرز}}}$$

که در آن $v_{\text{فرز}}$ همان تندی صوت در فولاد است. از جدول ۱-۳ کتاب، این تندی را برابر 5941 m/s در می‌یابیم. در نتیجه برای L داریم:

$$L = \frac{(1/10 \text{ s})(5941 \text{ m/s})(340 \text{ m/s})}{5941 \text{ m/s} - 340 \text{ m/s}} = 360/3 \text{ m} \approx 361 \text{ m}$$

۲۶ از رابطه $I = \bar{P}/A$ استفاده می‌کنیم. به ترتیب در محل صفحه‌ها داریم:

$$I_1 = \frac{\bar{P}}{A_1} = \frac{1/2 \times 10^{-4} \text{ W}}{4/10 \text{ m}^2} = 3/0 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$$

$$I_2 = \frac{\bar{P}}{A_2} = \frac{1/2 \times 10^{-4} \text{ W}}{12 \text{ m}^2} = 1/0 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$$

گرچه توان عبوری از سطوح برابر است، ولی شنووندۀ دوم توان بر واحد سطح کمتری از شنووندۀ اول دریافت می‌کند.

۲۷ تراز شدت صوت از رابطه زیر به دست می آید :

$$\beta = (1 \text{ dB}) \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

که در آن $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ است. بنابراین β به ازای $I = 10 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$ چنین می شود

$$\beta = (1 \text{ dB}) \log \left(\frac{10 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2}{10^{-12} \text{ W/m}^2} \right) = 10 \times 10 \text{ dB}$$

۲۸ اهمیت این مسئله، بیش از حل آن، به محتوای آن بازمی گردد. در واقع اگر مدتی طولانی در معرض صدایی با تراز شدت بالایی قرار گیریم، آستانه شنوایی ما ممکن است به طور دائم افزایش یابد. در هر حال، حل مسئله که نیاز به ماشین حسابی با قابلیت چنین محاسباتی دارد چنین است :

$$\beta = (1 \text{ dB}) \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

واز آنجا

$$I = I_0 \cdot 10^{\left(\frac{\beta}{1 \text{ dB}} \right)}$$

که به ترتیب به ازای $\beta_1 = 28 \text{ dB}$ و $\beta_2 = 42 \text{ dB}$ چنین به دست می دهد :

$$I_1 = (10^{-12} \text{ W/m}^2) 10^{\left(\frac{28 \text{ dB}}{1 \text{ dB}} \right)} = 6/31 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$$

$$\approx 6/3 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$$

$$I_2 = (10^{-12} \text{ W/m}^2) 10^{\left(\frac{42 \text{ dB}}{1 \text{ dB}} \right)} = 1/58 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$$

$$\approx 1/6 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$$

۲۹ نخست تفاضل β ها را محاسبه می کنیم.

$$\beta_2 - \beta_1 = (1 \text{ dB}) \log \left(\frac{I_2}{I_1} \right) - (1 \text{ dB}) \log \left(\frac{I_1}{I_0} \right)$$

$$= (1 \text{ dB}) \log \left(\frac{I_2}{I_1} \right)$$

واز آنجا

$$\frac{I_2}{I_1} = 10^{0.5} = 3/16 \approx 3/2$$

۳۰ از رابطه $I = \overline{P}/A$ استفاده می کنیم که در اینجا $A = 4\pi r^2$ است. بنابراین داریم :

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{\frac{\overline{P}}{4\pi r_2^2}}{\frac{\overline{P}}{4\pi r_1^2}} = \frac{r_2^2}{r_1^2} = \left(\frac{16 \text{ m}}{64 \text{ m}} \right)^2 = \left(\frac{1}{4} \right)^2$$

و در نتیجه

$$I_r = 16 I_i = 16 (10 \text{ W/m}^2) = 160 \text{ W/m}^2$$

۳۱ همان طور که از شکل مشخص است دامنه A دو برابر دامنه B است. همچنین طول موج B دو برابر طول موج A است. از طرفی، طبق رابطه $f = v/\lambda$ در می‌باییم که بسامد B نصف بسامد A است. در مورد شدت نیز با توجه به اینکه طبق رابطه $I = \bar{P}/A$ ، شدت با توان متوسط \bar{P} متناسب است و نیز همان طور که در متن درس اشاره کردیم توان متوسط با مربع بسامد و دامنه متناسب است، بنابراین داریم :

$$\frac{I_B}{I_A} = \left(\frac{A_B^2 f_B^2}{A_A^2 f_A^2} \right) = \left(\frac{A_B}{A_A} \right)^2 \left(\frac{f_B}{f_A} \right)^2 = \left(\frac{1}{2} \right)^2 \left(\frac{1}{2} \right)^2 = \frac{1}{16}$$

يعني شدت موج صوتی A ، ۱۶ برابر شدت موج صوتی B است.

۳۲ در حالت‌های (ب) و (پ) ناظر ساکن و چشم متحرک است که این حالتی است که در وضعیت الف اثر دوپلر در متن درس آن را بررسی کردیم. بنابراین همان استدلال را به کار می‌گیریم. اگر چشم به طرف ناظر حرکت کند (حالت ب)، تجمع جبهه‌های موج در جلوی آن پیشتر خواهد شد و بنابراین ناظر ساکن رو به روی آن طول موج کوتاه‌تری نسبت به وضعیتی که چشم، ساکن بود اندازه می‌گیرد که این به معنی افزایش بسامد برای این ناظر است. با استدلالی مشابه در می‌باییم که با دور شدن چشم، از بسامدی که ناظر اندازه می‌گیرد کم می‌شود و بنابراین در حالت (پ) کاهش بسامد داریم. حالت‌های (ت) و (ث) نیز همان وضعیتی هستند که در حالت ب اثر دوپلر در متن درس آن را بررسی کردیم. در این وضعیت‌ها تجمع جبهه‌های موج تغییر نمی‌کند، و اگر مانند حالت (ث) ناظر به هدف چشم حرکت کند با جبهه‌های موج پیشتری مواجه می‌شود که به معنی افزایش بسامد است. ولی اگر ناظر مانند حالت (ت) از چشم دور شود به معنی کاهش بسامد خواهد بود. در این مسئله می‌شد حالت‌های زیر را نیز از دانش آموzan پرسید. وضعیت‌هایی که چشم و آشکارساز رود رو به سمت یکدیگر تزدیک می‌شوند و وضعیت‌هایی که چشم و آشکارساز در خلاف جهت از هم دور می‌شوند. در این صورت با تلفیق هر دو استدلال بالا در می‌باییم که در وضعیتی که هر دو به هم تزدیک می‌شوند، بسامد دریافتی پیشتر و در وضعیتی که از هم دور می‌شوند، بسامد دریافتی کوچک‌تر می‌شود.

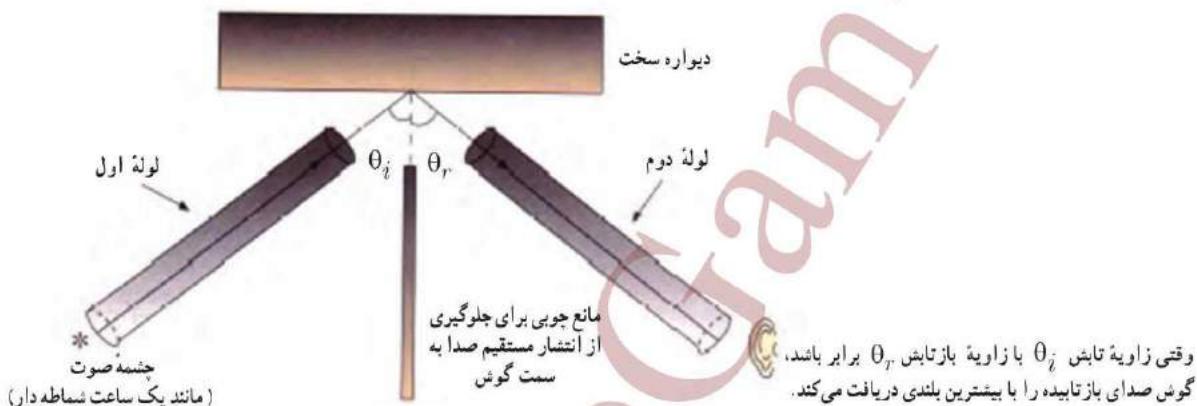
فصل چهارم

@GamBeGam-Darsi

پاسخ به پرسش‌ها، تمرین‌ها و فعالیت‌های فصل ۴

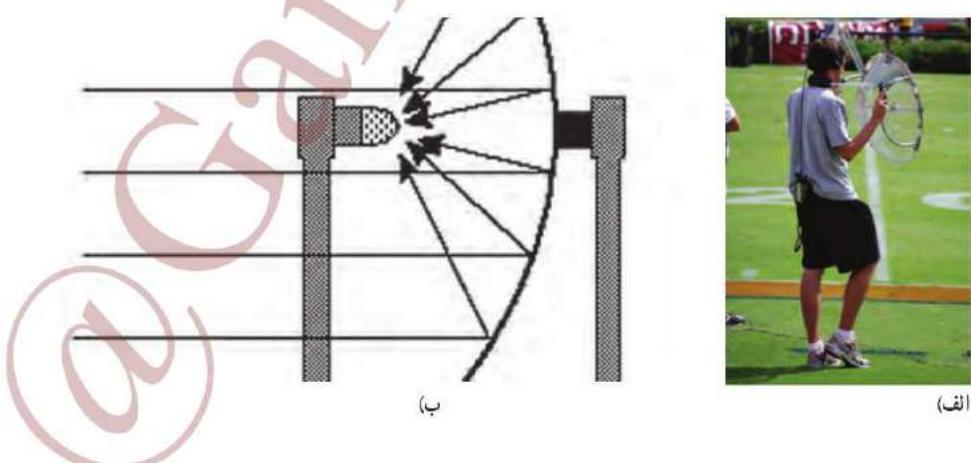
۱-۴ فعالیت

این اسباب شامل دو لوله متصل به دو دهانه است که یکی نقش دهانه ورودی صدا و دیگری نقش گوشی 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 گوشی می‌شود و ما آن را می‌شنویم. برای جلوگیری از انتشار مستقیم صوت از منبع به سمت شنونده، مانع بروی گیره‌های شکل نصب می‌شود. شنونده با حرکت لوله دوم، در زاویه مشخصی درمی‌باید که صدا با بیشترین بلندی به گوش او می‌رسد. اکنون اگر مکان لوله دوم ثابت شود، با وارسی زاویه لوله اول با مانع (خط عمود بر دیواره بازتابنده) و زاویه لوله دوم با مانع، درمی‌باییم که بیشترین بلندی دریافتی به ازای برابر بودن زاویه تابش و زاویه بازتابش حاصل می‌شود.

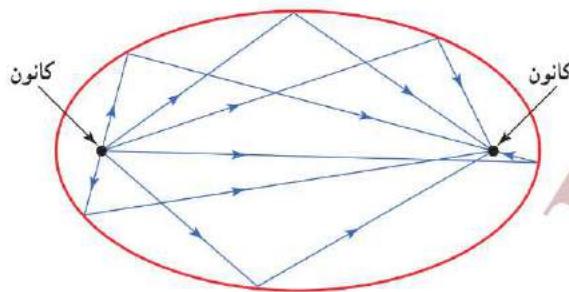


۲-۴ فعالیت

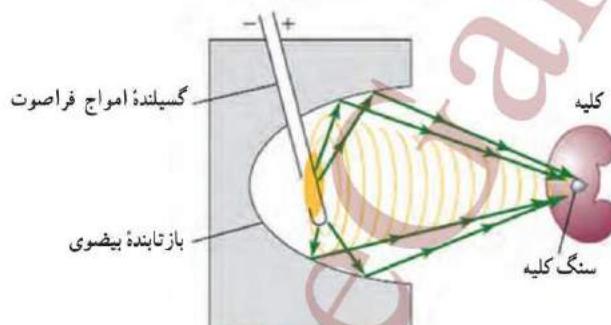
در میکروفون‌سهموی از یک سطح کاو سهموی برای جمع و کانونی کردن امواج صوتی در یک گیرنده استفاده می‌شود. این میکروفون‌ها به همین دلیل، حساسیت بسیار زیادی به صدایی دارند که موازی با محور سطح سهموی به این سطح می‌تابند. استفاده مرسوم از این میکروفون‌ها در ثبت صدای پرنده‌گان دوردست، و صدای میادین ورزشی (شکل الف)، و نیز استراق سمع است. شکل ب طرحی از چگونگی کار این دستگاه را نشان می‌دهد.



دستگاه لیتوتریپسی از این ویژگی سطح بیضوی که دو 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.



در دستگاه لیتوتریپسی، چشممه‌ای فراصوت در یک کانون بازتابنده بیضوی ایجاد می‌کند و محل بیمار را طوری تنظیم می‌کند که سنگ کلیه اولیه او در محل کانون دوم سطح این بازتابنده باشد. شکل پ، طرحی از چگونگی کار این دستگاه را نشان می‌دهد.



تمرین ۱-۴

همان‌طور که در متن درس اشاره شد، اگر تأخیر زمانی صوت بازتابیده و صوت اولیه کمتر از $1/10$ s باشد، گوش انسان قادر به تمیز بیواک از صوت اولیه نخواهد بود. از اینجا می‌توان فاصله کمینه لازم بین چشممه صوت و سطح بازتابنده را برای تمیز یک بیواک از صوت اولیه محاسبه کنیم. اگر چشممه صوت و شنوونده هردو تقریباً در یک مکان واقع باشند، آنگاه با توجه به اینکه تندی صوت در هوا را تقریباً 340 m/s درنظر گرفته‌ایم، این مسافت به راحتی با استفاده از رابطه $x = vt$ محاسبه می‌شود. با جای‌گذاری $x = 2L$ ، $v = 340 \text{ m/s}$ و $t = 1/10 \text{ s}$ فاصله بین چشممه و سطح بازتابنده است، به ازای $L = 17 \text{ m}$ خواهیم داشت:

$$L = \frac{1}{2}vt = \frac{1}{2}(340 \text{ m/s})(1/10 \text{ s}) = 17 \text{ m}$$

فعالیت ۹-۳ کتاب تجربی

این فعالیت که برای رشته تجربی آمده است، زیرمجموعه‌ای از مکانیکی بیواکی است که در «فتاوری و کاربرد» رشته ریاضی نیز مطرح شده است. در اندازه‌گیری تندی شارش خون، امواج فراصوت (با سامدی عموماً بین ۲ تا 10° مگاهرتز) به سمت یک رگ خونی گسیل می‌شود و با استفاده از تغییر بسامد باریکه موج فراصوتی بازتابیده از گویچه سرخ، که ناشی از اثر دوبلر است، تندی «ی آن به دست

می‌آید. خوب است بدانید رابطه‌ای که از آن برای این تندی استفاده می‌شود، برای تابش مستقیم $f_s = \frac{v}{v_s} f_0 - (\frac{-v}{v_s}) f_0 = 2 \frac{v}{v_s} f_0$ است $\Delta f \approx \frac{v \cos \theta}{v_s}$

که در آن v تندی صوت است. برای تابش زاویه‌دار که در شکل نشان داده شده است به $\Delta f \approx 2 f_0 \frac{v \cos \theta}{v_s}$ می‌رسیم. آنگاه با دانستن تغییر بسامد ناشی از بازتاب و زاویه تابش امواج فراصوت می‌توان به راحتی تندی v شارش خون را محاسبه کرد. برای اینکه به حسی از عدد تندی شارش خون دست یابید، یک تابش غیرمستقیم با $\theta = 30^\circ$ را در نظر بگیرید. در یک آزمایش نوعی، به ازای $v_s = 1540 \text{ m/s}$ و $f_0 = 30 \text{ MHz}$ به تغییر بسامدی حدود 1% می‌رسند که از آن تندی شارش خون حدود 30 cm/s حاصل می‌شود. خوب است بدانید تندی شارش خون به سطح مقطع رگ بستگی دارد و مثلاً در آنورت حدود 40 cm/s ، و در مویرگ‌ها حدود 30 cm/s است. البته در هنگام دویدن این عده‌ها افزایش می‌یابد.

۳-۴ فعالیت

روش کار به این ترتیب است که امواج میکروموج یا فروسرخ را مطابق شکل کتاب در محدوده مشخصی گسیل می‌کنند. فاصله خودرو از فرستنده گسیلنده موج با اندازه‌گیری زمان بین گسیل و دریافت موج به دست می‌آید. تندی خودرو نیز از تغییر بسامد موج دریافتی نسبت به موج گسیل شده با استفاده از رابطه دوپلری که برای امواج الکترومغناطیسی به کار می‌آید، تعیین می‌شود. خوب است

بدانید این رابطه در تندی‌ها کم، برای تابش مستقیم $f_s = \frac{v}{c} \Delta f = 2 \frac{v}{c}$ را به دست می‌دهد که در آن c تندی نور ($s = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

است. برای تابش زاویه‌دار که در شکل نشان داده شده است به $\Delta f = 2 f_0 \frac{v \cos \theta}{c}$ می‌رسیم که در آن θ زاویه بین پرتوی گسیل شده و امتداد حرکت خودرو است. یک مثال نوعی برای تابش مستقیم ($\theta = 0^\circ$) را در نظر می‌گیریم. یک پلیس با دریافت بازتاب امواج گسیل شده با بسامد 10^7 Hz به سمت یک خودرو به تغییر بسامدی برابر $4/7 \times 10^7 \text{ Hz}$ می‌رسد. آنگاه با استفاده از رابطه بالا به $v = 150 \text{ km/h}$ برای خودرو می‌رسیم.

۱-۴ پرسش

وقتی موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد موج عبوری تغییری نمی‌کند، زیرا بسامد توسط چشمۀ موج تعیین می‌شود. اما تندی در قسمت نازک طناب بیشتر است و بنایه رابطه $v/f = \lambda$ در می‌باشیم طول موج عبوری بیشتر از طول موج فرودی می‌شود. (همچنین محض اطلاعات عمومی خوب است بدانید اینجا نیز موج بازتابیده داریم، ولی موج بازتابیده تغییر فاز نمی‌دهد).

۲-۴ تمرین

لازم به توضیح است که حل این مسئله ربطی به شکست موج ندارد و اگر ججهه‌های موج به طور موازی به مرز می‌تاپند نیز مسئله به همین ترتیب حل می‌شد. وقتی ججهه‌های موج به مرز می‌رسند، بسامد موج تغییری نمی‌کند و بنابراین

$$f = \frac{v_d}{\lambda_d} = \frac{v_s}{\lambda_s}$$

که در آن شاخص‌های پایین d و s به ترتیب مربوط به قسمت‌های عمیق (deep) و کم عمق (shallow) هستند. در صورت تمرین، طول موج فرودی که مربوط به ناحیه عمیق است $10 \text{ cm} = \lambda_d$ داده شده است. همچنین تندی امواج در ناحیه کم عمق $v_d = 40 \text{ v}_s$ داده

شده است، بنابراین داریم:

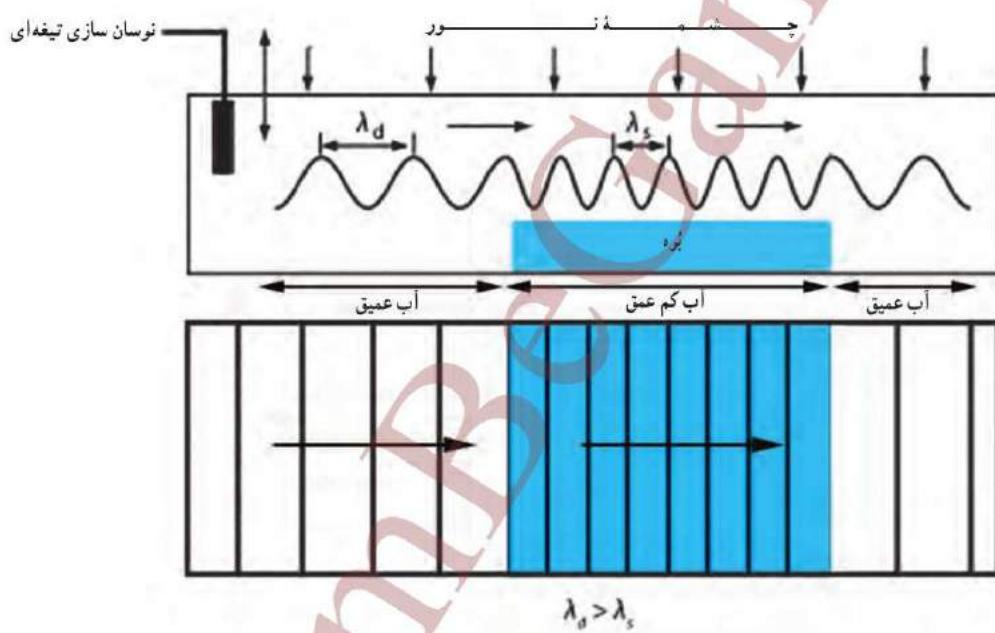
$$\frac{v_d}{10\text{cm}} = \frac{\circ/40 v_d}{\lambda_s}$$

از آنجا $\lambda_s = 40\text{cm}$ بدست می‌آید که همان طور که انتظار داشتیم از λ_s کوچک‌تر است. در این تمرین برای محاسبه λ_s نیازی به دانستن بسامد نداشتیم، مگر آنکه در ادامه تمرین، پرسش دیگری نیز مطرح می‌شد و مثلاً تندی موج در ناحیه عمیق یا کم عمق برسیده می‌شد. در آن صورت، به ترتیب برای تندی در ناحیه عمیق و کم عمق خواهیم داشت

$$v_d = (\circ/40 \text{ s}^{-1}) (10\text{cm}) = 5\text{cm/s}$$

$$v_s = \circ/40 v_d = \circ/40 (5\text{cm/s}) = 2\text{cm/s}$$

این پاسخ‌ها نشان می‌دهد که بسامد داده شده برای نوسان تیغه، مقداری منطقی برای چنین آزمایش‌هایی است. شکل زیر، تحلیلی از آنچه در این آزمایش رخ می‌دهد را برای حالت ساده‌ای نشان می‌دهد که جبهه‌های موج موازی با مرز بین دو ناحیه عمیق و کم عمق هستند و برای آنها شکستی رخ نمی‌دهد، ولی همچنان طول موج تغییر می‌کند.



تمرین ۳-۴

در اینجا فرض شده است رابطه $v_s = \circ/40 v_d$ همچنان برقرار است. بنابراین با استفاده از قانون شکست عمومی داریم:

$$\frac{\sin \theta_r}{\sin \theta_i} = \frac{v_s}{v_d} = \frac{\circ/40 v_d}{v_d} = \circ/40$$

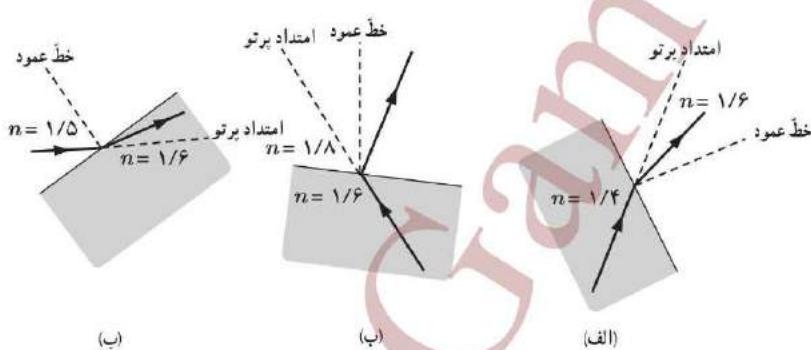
که در آن $\sin \theta_i = \sin 30^\circ = \frac{1}{2}$ است. بنابراین داریم:

$$\sin \theta_r = (\circ/40)(\sin 30^\circ) = \circ/20$$

و در نتیجه $\theta_r = 11/53^\circ \approx 12^\circ$ می‌شود.

پرسش ۲-۴

باید بر خط جدایی محیط‌ها، خطوط عمود بر سطح را رسم کنیم و به تحلیل این مسئله بپردازیم. اگر توجه کنید در میان پرتو از خط عمود دور می‌شود. این یعنی اینکه پرتو از محیطی که در آن تندی نور کمتر است وارد محیطی شده است که در آن تندی نور بیشتر است. ولی بس از آن، در محیط c ، پرتو به خط عمود تزدیک می‌شود. بنابراین تندی نور در محیط c کمتر از تندی نور در محیط a است. و به همین ترتیب، تندی نور در محیط a کمتر از تندی نور در محیط c است: $v_a > v_c > v_b$. به عبارتی، همان‌طور که بعداً خواهیم دید پرتو از محیطی با ضریب شکست بالا (محیط a) وارد محیطی با ضریب شکست کمتر (محیط b) و سپس وارد محیطی با ضریب شکست بیشتر از b (محیط c) و سرانجام وارد محیطی با ضریب شکست بیشتر از آن (که دوباره همان a است) می‌شود. بس ترتیب ضریب شکست‌های محیط از کمترین به بیشترین، به ترتیب n_b ، n_c و n_a است. کمترین ضریب شکست مربوط به محیط b و بیشترین ضریب شکست مربوط به محیط a است.



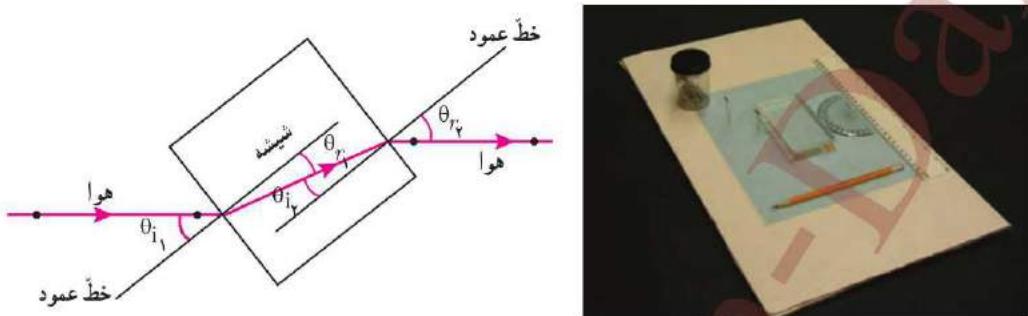
پرسش ۳-۴

در هر سه شکل باید خط عمود بر سطح جدایی را رسم و با بررسی چگونگی انحراف پرتوی شکسته، آن را تحلیل کرد. در شکل (الف) پرتوی نور از محیطی با ضریب شکست کمتر وارد محیطی با ضریب شکست بیشتر شده است. وقتی پرتو از محیط با ضریب شکست کمتر وارد محیطی با ضریب شکست بیشتر می‌شود، پرتو باید به خط عمود نزدیک‌تر شود که این در شکل (الف) برقرار است و بنابراین شکل (الف) از لحاظ فیزیکی ممکن است. اما شکل‌های (ب) و (پ) از لحاظ فیزیکی ناممکن هستند. زیرا در شکل (ب) اصلاً پرتوی شکسته در سویی نادرست رسم شده است و در شکل (پ) پرتو از خط عمود دور شده است که همان‌طور که گفته‌یم در عبور پرتو از محیطی با ضریب شکست کمتر به محیطی با ضریب شکست بیشتر، پرتو باید به خط عمود نزدیک‌تر شود.

فعالیت ۴-۴

یک تیغه متوازی السطوح را در نظر بگیرید و آن را روی کاغذ سفیدی قرار دهید. باریکه نوری را به وجهی از تیغه بتابانید به‌طوری 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 می‌توانید مطابق شکل الف کاغذ سفید را روی قطعه یونولیتی قرار دهید و مسیر باریکه‌ها را با فروبردن سوزن‌هایی در آن مشخص کنید. اکنون تیغه را بردارید و با استفاده از یک خط کش، مسیر باریکه نور در درون تیغه را رسم کنید. بر روی مسیر باریکه‌های نور، پیکانه‌هایی رسم کنید تا جهت پرتوها مشخص شود. با استفاده از یک نقاله، خطوط 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. بدیهی است که این دو مقدار نباید تفاوت چندانی داشته باشند. در هر صورت آزمایش را به یکی از دو طریق بالا، برای گسترهای از زاویه‌های فرودی انجام دهید و مقدار ضریب شکست را با میانگین از عده‌های حاصل گزارش کنید.



ب) نمودار برتویی آزمایش توجه کنید؛ θ_1 زاویه تابش و θ_2 زاویه شکست و $\theta_{n_2} = \theta_{n_1}$ و $\theta_{n_1} = \theta_{n_2}$ است. بنابراین برتوهای فرودی و خروجی باهم موازی‌اند

۴-۴. تمرین

قانون اسنل را به طور مجزا برای دو برتوی قرمز و آبی می‌نویسیم. برای برتوی قرمز داریم :

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad \text{قرمز} \quad \text{آبی}$$

و از آنجا

$$\sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1 = \frac{1.000}{1.459} = \sin 45^\circ$$

که به $28/8^\circ = \theta_2$ می‌انجامد و برای برتوی آبی داریم :

$$\sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1 = \frac{1.000}{1.467} = \sin 45^\circ$$

که به $28/8^\circ = \theta_2$ می‌انجامد. (در حل این تمرین، زاویه تابش دقیقاً 45° در نظر گرفته شد، چرا که در غیر این صورت هر دو پاسخ به 29° می‌انجامید و تفاوت فیزیکی این دو حالت دیده نمی‌شد.). اختلاف ناچیز همین دو زاویه است که به پاشندگی نور انجامیده است.

۴-۴. پرسش

هرگاه اندازه ابعاد مانع در مقایسه با طول موج، بزرگ باشد ناحیه سایه واضحی تشکیل می‌شود و هرچه مانع در مقایسه با طول موج کوچک‌تر باشد اندازه ناحیه سایه کوچک‌تر می‌شود تا اینکه عملأً سایه ناپدید گردد. بنابراین برای مانع با ابعاد مشخص، هرچه طول موج تایید کوچک‌تر باشد عملأً به این معنی است که اندازه مانع در مقایسه با طول موج بزرگ‌تر می‌شود و به عبارتی ناحیه سایه بزرگ‌تر می‌شود. پس برای سیگنال‌های تلویزیونی دیجیتال که طول موج آنها سیار کمتر از طول موج سیگنال‌های تلویزیونی قدیمی است، ناحیه سایه بزرگ‌تر است و به عبارتی دور زدن موج در اطراف مانع دشوارتر خواهد بود.

فعالیت ۵-۴

در مورد این فعالیت موارد زیر را به داش آموزان گوشزد کنید:

- ۱- از لحاظ اینی حتماً مواطب باشید باریکه نور لیزر یا بازتاب آن وارد چشمتان شود.
- ۲- پرده در حدود چند متر از صفحه شکاف باشد.
- ۳- خوب است بدانید با این آزمایش می‌توان طول موج نور لیزر به کار رفته را نیز محاسبه کرد. این طول موج از رابطه $\lambda = sd/D$ به دست می‌آید که در آن s فاصله نقطه‌ها است و اگر بر فرض 9 نقطه داشته باشیم فاصله دو انتهای نقطه‌ها 88 می‌شود که با یک متر می‌توان این فاصله را اندازه گرفت و بر 8 تقسیم کرد. همچنین d فاصله شکاف‌ها و D فاصله صفحه شکاف‌ها تا پرده است.

تمرین ۵-۴

از رابطه $f_n = nv/2L$ برای بسامدهای تشدیدی که در آن $v = \sqrt{F/\mu}$ است استفاده می‌کنیم.

الف) با قرار دادن تندی v در رابطه f_n و حل آن برای L خواهیم داشت:

$$L = \frac{n}{2f_n} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

که به ازای $n = 1$ چنین به دست می‌دهد

$$L = \frac{1}{2(164/8\text{Hz})} \sqrt{\frac{266\text{N}}{5/28 \times 10^{-3}\text{kg/m}}} = 0/6277\text{m} \approx 0/628\text{m}$$

ب) اکنون $N = 20$ و $F = 20\text{N}$ را در رابطه بسامد تشدید قرار می‌دهیم، و از آنجا بسامد اصلی را به دست می‌آوریم.

$$\begin{aligned} f_n &= \frac{v}{2L} = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \\ &= \frac{1}{2(0/6277\text{m})} \sqrt{\frac{209\text{N}}{5/28 \times 10^{-3}\text{kg/m}}} \\ &= 158/48\text{Hz} \approx 158\text{Hz} \end{aligned}$$

پرسش ۵-۴

الف) اگر در رابطه $v = \sqrt{F/\mu}$ به جای چگالی خطی جرم، مقدار m/L را قرار دهیم به $v = \sqrt{FL/\mu}$ می‌رسیم و از آنجا

$f_n = n\sqrt{\frac{Lm}{F}}$ می‌شود. چون با سفت کردن سیم گیتار جرم و طول آن تغییر چندانی نمی‌کند ولی کشش F آن زیاد می‌شود، در نتیجه امواجی سریع‌تر بر روی سیم روانه می‌شود و بسامد صدای بالاتری به گوش می‌رسد. ولی اگر کسی را در بین شست و انگشت خود بکشید، بسامدی که می‌شنویم تغییر محسوسی نمی‌کند. دلیل آن است که گرچه کشش افزایش می‌یابد، ولی همچنین طول آن نیز زیاد می‌شود و بنابراین بسامد گسیل یافته تغییر محسوسی نمی‌کند.

ب) وقتی به سیم گیتار زخم می‌زنید، این حرکت موجب افزایش دمای آن و انبساط سیم می‌گردد و بنابراین کشش سیم هم کاهش

می‌باید، پس بسامدهایی که سیم می‌تواند تولید کند کم می‌شود. یک نوازنده گیتار نمی‌خواهد چنین اتفاقی روی صحنه رخ دهد، زیرا در این صورت باید سیم را سفت کند تا دوباره کوک شود. بنابراین گیتار را در پایین سن آنقدر می‌نوازد تا سیم‌ها گرم شوند و سپس کشش سیم‌ها را تنظیم می‌کند تا روی سن کوک بمانند.

پرسش ۶-۴

باریختن آب، فضای هوای داخل ظرف کمتر می‌شود. همان‌طور که در شکل ۲۹-۴ کتاب دیده می‌شود، هرچه فضای هوای داخل کمتر شود، طول موج‌های تشدیدی کوتاه‌تر می‌گردد و بنابراین بسامدهای تشدیدی بیشتر می‌شوند. به عبارتی، بسامدهای تشدیدی با طول ستون هوا رابطه معکوس دارند. صدای حاصل از برشدن ظرف، گستره وسیعی از بسامدها را دارد که در هر لحظه با یکی از بسامدهای تشدید هوا درون ظرف منطبق می‌شود و بنابراین مدام صدای زیرتو و زیرتری را می‌شنویم.

فعالیت ۶-۴

همان‌طور که در متن درس نیز اشاره شده است یک تشدیدگر هلمهوتز بسامدهایی تشدیدی دارد و اگر بسامد صوت ایجاد شده توسط بلندگو با یکی از این بسامدهای تشدیدی منطبق شود موجب نوسانات هوا درون بطری (تشدیدگر) می‌شود که این به انحراف شعله شمع یا چرخاندن فرقه می‌انجامد. (در مورد این فعالیت، فیلمی نیز در سایت گروه گذاشته خواهد شد). توجه کنید سوراخ انتهای تشدیدگر هلمهوتز گذرگاهی برای انتقال تلاطم ایجاد شده در درون تشدیدگر به فضای بیرون است.

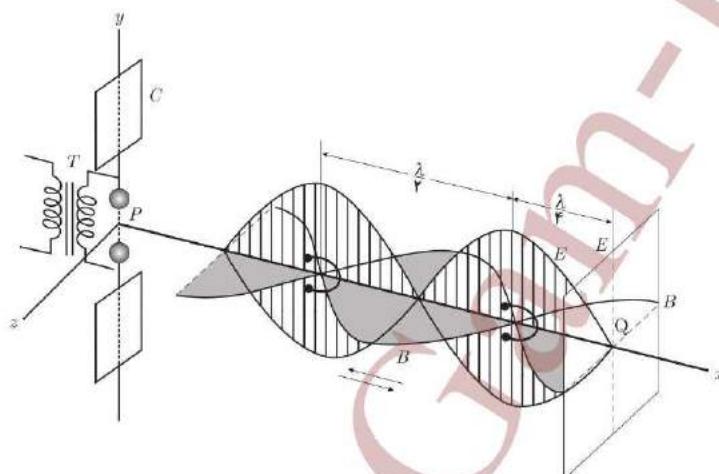
پرسش ۷-۴

هریک از این بطری‌ها با سطوح مایع متفاوت تشدیدگر هلمهولتز هستند و مانند لوله‌های صوتی بسامدهای تشدیدی معینی دارند. چون سطح مایع در بطری‌ها متفاوت است، بسامد تشدیدی متفاوتی نیز دارند (هرچه سطح مایع درون ظرف‌ها بالاتر و حجم فضای بالای آنها کمتر باشد بسامد تشدیدی بیشتر است و بالعکس) بنابراین وقتی در دهانه این بطری‌های یک شکل می‌دمیم، با ایجاد گستره وسیعی از بسامدها، یکی از این بسامدها با یکی از بسامدهای تشدیدی بطری‌ها منطبق می‌شود و هر بطری با بسامد متفاوتی به صدا درمی‌آید. بنابراین می‌توان آهنگی با بسامدهای متفاوت ایجاد کرد.

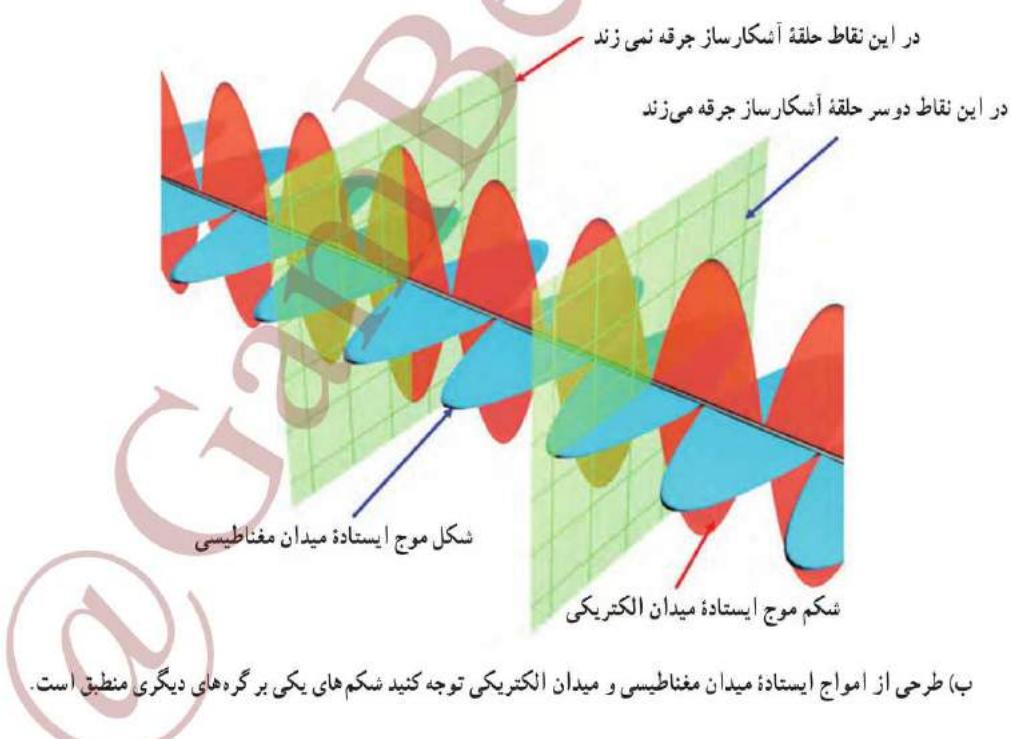
فعالیت ۷-۴

نوسانگر هرتز در شکل الف نشان داده شده است. مبدل T ، صفحه‌های فلزی C و C' را باردار می‌کند. این صفحه‌ها از طریق شکاف P تخلیه می‌شوند و بدین ترتیب یک موج الکترومغناطیسی ایجاد می‌شود. در امتداد خط Px راستای میدان الکتریکی موازی محور y و راستای میدان مغناطیسی موازی با محور z است. هرتز برای مشاهده این موج‌ها از سیمی که آن را به شکل حلقه درآورده بود و دوسر آن فاصله کمی از هم داشت، استفاده کرد. اگر صفحه این حلقه عمود بر میدان مغناطیسی موج می‌بود، میدان مغناطیسی متغیر بنا بر قانون القاء فاراده نیروی محرکه الکتریکی القایی در حلقه ایجاد می‌کرد و این موجب جرقه زدن دو سر باز حلقه می‌شد. ولی اگر صفحه حلقه با میدان مغناطیسی موازی می‌بود، هیچ نیروی محرکه الکتریکی ای القایی نمی‌شد و در نتیجه جرقه‌ای نیز مشاهده نمی‌شد، هرتز برای ایجاد امواج الکترومغناطیسی ایستاده از سطحی فلزی به عنوان بازتابانده استفاده کرد که این در شکل الف در نقطه Q نشان داده شده است. بنابراین موج الکترومغناطیسی پس از بازتاب از سطح بازتابانده با برهم نهی با موج تابیده، موج‌های ایستاده مغناطیسی و الکتریکی ایجاد می‌کند. نشان داده می‌شود در حالی که موج‌های میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی در مسیر رفت هم فازند، در

مسیر برگشت کاملاً ناهم فازند و بنابراین همان طور که در شکل ب باوضوح بیشتری نشان داده شده است شکم‌های موج ایستاده میدان مغناطیسی بر گره‌های موج ایستاده میدان الکتریکی منطبق می‌شود و بالعکس. حال اگر حلقه آشکارساز در گره موج ایستاده میدان مغناطیسی قرار گیرد، هیچ نیروی محرکه القابی در آن ایجاد نمی‌شود و در نتیجه جرقه‌ای مشاهده نمی‌گردد. ولی اگر حلقه‌ای آشکارساز را در محل شکم‌های موج ایستاده مغناطیسی قرار دهیم، شدیدترین جرقه‌ها را خواهیم داشت. هر تر با حرکت دادن حلقه آشکارساز در امتداد خط PQ محل‌های گره‌ها و شکم‌های موج ایستاده میدان مغناطیسی را پیدا کرد. او با اندازه‌گیری فاصله بین دو گره متوازی توانست طول موج λ را حساب کند و چون بسامد f نوسان را می‌دانست، با استفاده از رابطه $\lambda = v/f$ ، تندی موج الکترومغناطیسی را که برابر با تندی نور می‌شود، بدست آورد. این نخستین مقدار تجربی برای تندی انتشار موج‌های الکترومغناطیسی بود.

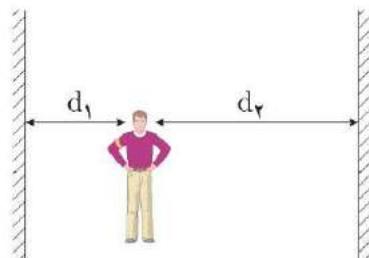


الف) طرحی از آزمایش هرتز و تشکیل امواج ایستاده الکترومغناطیسی در آن



ب) طرحی از امواج ایستاده میدان مغناطیسی و میدان الکتریکی توجه کنید شکم‌های یکی بر گره‌های دیگری منطبق است.

پاسخ پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۴



۱ در واقع شکلی مانند شکل روبرو داریم، به طوری که d_1 فاصله شخص از صخره نزدیک‌تر و d_2 فاصله شخص از صخره دورتر است.

بدیهی است که پژواک صدای اول مربوط به صخره نزدیک‌تر و زمان دریافت آن $1/5\text{ s}$ پس از فریاد زدن و پژواک صدای دوم مربوط به صخره دورتر و زمان دریافت آن $1/5\text{ s} + 1/5\text{ s} = 2/5\text{ s}$ پس از فریاد زدن است. چون مسافت پیموده شده در هر پژواک ۲ است، به ترتیب داریم :

$$2d_1 = vt_1, \quad 2d_2 = vt_2$$

(الف) تندی صوت را از رابطه اول بدست می‌آوریم

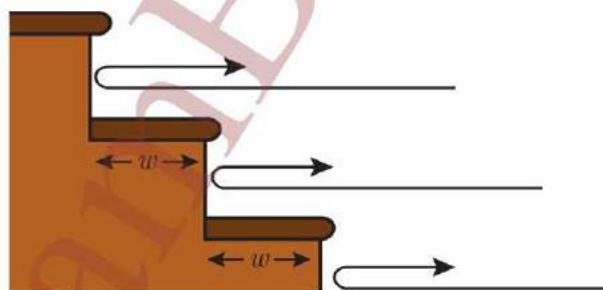
$$v = \frac{2d_1}{t_1} = \frac{48\text{ m}}{1/5\text{ s}} = 320\text{ m/s}$$

(ب) اکنون با دانستن تندی v می‌توانیم با استفاده از رابطه دوم، d_2 را محاسبه کنیم :

$$d_2 = \frac{vt_2}{2} = \frac{(320\text{ m/s})(2/5\text{ s})}{2} = 40\text{ m}$$

پس فاصله بین دو صخره $d = d_1 + d_2 = 64\text{ m}$ است.

۲ اگر فاصله شما از پلکان به حد کافی زیاد باشد، به طوری که بتوان مانند شکل زیر مسیر تپ‌های متوالی را تقریباً موازی در نظر گرفت، شما بسامد ثابتی برای رشته تپ‌های متوالی درک می‌کنید.



مثالاً اگر پهنه‌ای هر پله $w = 75\text{ cm}$ باشد، بسامد ادراکی

$$f = \frac{1}{\Delta t} = \frac{v}{2w} = \frac{340\text{ m/s}}{2(0.75\text{ m})} = 2/27 \times 10^3 \text{ Hz} \approx 2/3 \times 10^3 \text{ Hz}$$

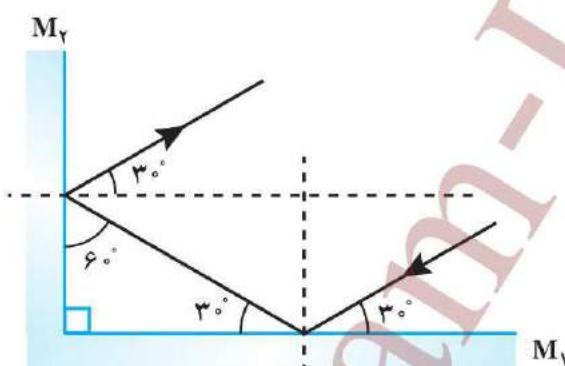
یا به عبارتی 23 Hz می‌شود. این صدا به صورت رشته‌ای دوره‌ای از تپ‌ها بازمی‌گردد و مانند یک نُت نواخه شده درک می‌شود.

بدیهی است اگر پهنه‌ای پله‌ها کوچک‌تر باشد، با توجه به اینکه $\frac{1}{w}$ است، بسامد ادراک شده بیشتر می‌شود.

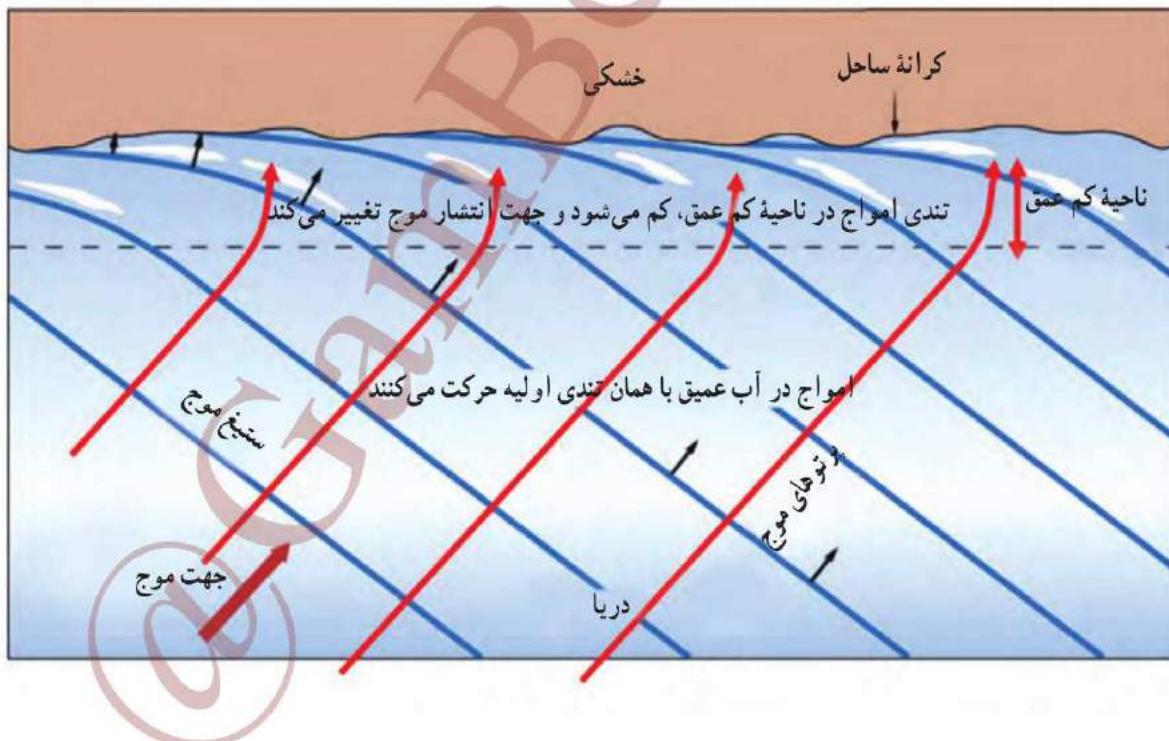
البته در واقع امر، مسیر تپ‌های متواالی که هر کدام از یک پله نشأت گرفته‌اند، موازی نیست و بسامد ثابتی را برای رشته تپ‌های متواالی درک نمی‌کنند؛ بلکه گستره‌ای از بسامدها را درک می‌کنند که به تدریج کم می‌شوند. به طوری که بسامد دریافتی از پله‌های پایینی (که تپ‌های بازتابیده از آنها را زودتر می‌شنویم) بیشتر 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.

۳ همان‌طور که در متن کتاب اشاره شد، این ناشی از بازناب پخشندۀ است.

۴ شکلی مانند شکل زیر خواهیم داشت.

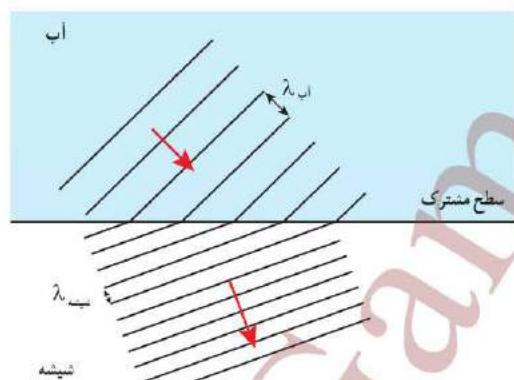


۵ شکلی مانند شکل زیر خواهیم داشت. با تردیک شدن امواج به یک ساحل شیبدار و رسیدن جبهه‌های موج به ساحل که در آنجا عمق آب کم می‌شود، جهت انتشار موج تغییر می‌کند. به عبارتی، با ورود امواج از ناحیه عمیق به ناحیه کم عمق، تندي آنها کم می‌شود.



۶ شیشه ضریب شکست بزرگ‌تری نسبت به هوا دارد. بنابراین انتظار می‌رود که پرتوی شکسته شده در شیشه به خط عمود تردیک شود. بنابراین پرتوی A نمی‌تواند درست باشد، زیرا از خط عمود دور شده است. اگر نور از شیشه وارد هوا می‌شود، این گزینه درستی بود. پرتوی B نیز پاسخ درستی نیست، زیرا این پرتو خم نشده است و در امتداد پرتوی فرویدی است. پرتوی C پاسخ درست است زیرا به سمت خط عمود کج شده است. ولی چرا پرتوی D نادرست است. توجه کنید که برای این پرتو، زاویه شکست $\theta_r = \theta_i$ است و بنابراین $n_r \sin \theta_r = n_i \sin \theta_i$ خواهد که این قانون استقل را نقض می‌کند که در اینجا بیان می‌دارد.

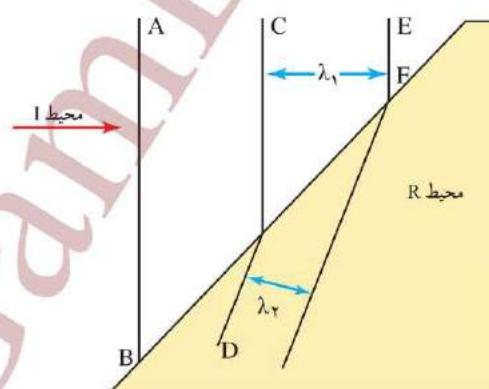
۷ شکلی مطابق شکل زیر خواهیم داشت (البته در این شکل فاصله بین جبهه‌های موج در دو محیط به مقیاس نیست، ولی در هر حال آن $\lambda < \lambda_r$ شیشه است).



۸ (الف) ادامه موج EF ، پرتوی شکسته شده در محیط B است که باید موازی با D باشد. به عبارتی، پرتوهای شکسته باید موازی هم باشند.

(ب) با عبور موج از محیط دیگر، بسامد موج تغییر نمی‌کند. بنابراین نسبت $\frac{v}{\lambda}$ ثابت می‌ماند و داریم

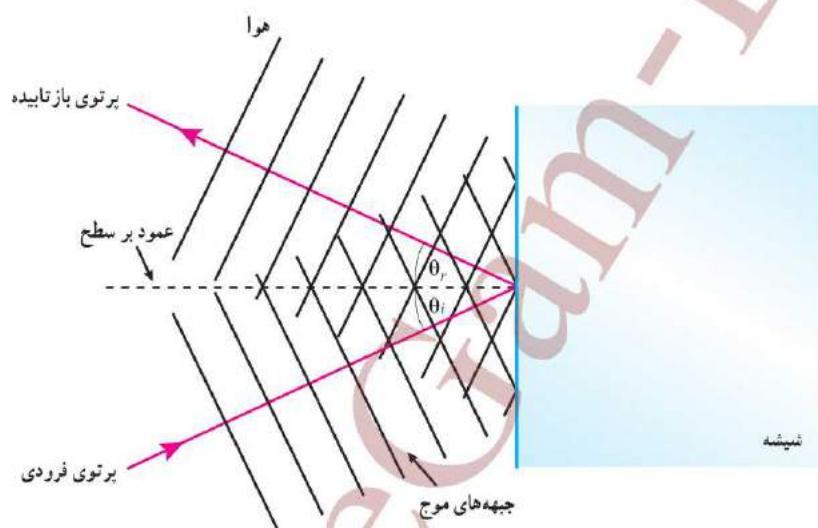
$$\frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$



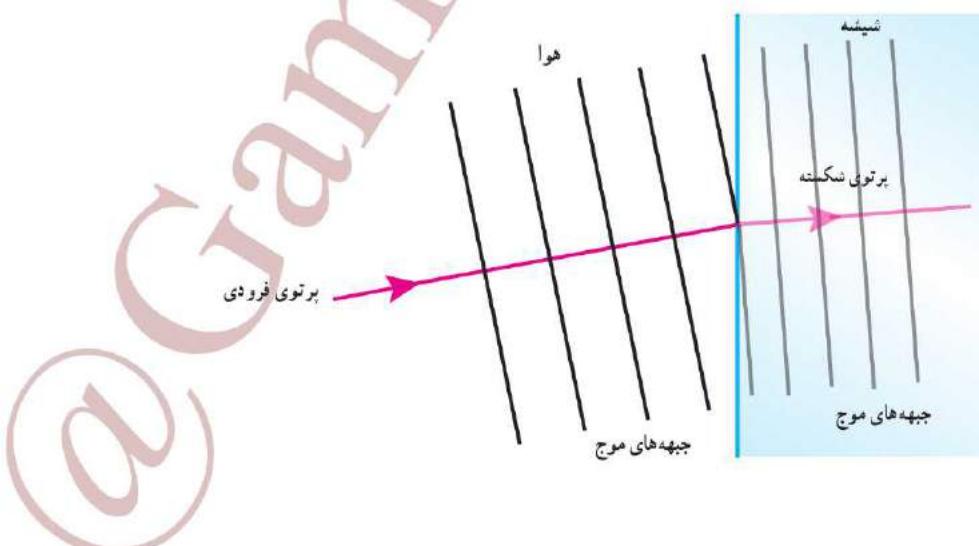
از روی شکل در می‌یابیم که $\lambda_2 < \lambda_1$ و بنابراین $v_2 > v_1$ است. به عبارتی با دانستن فاصله بین جبهه‌های موج در دو محیط می‌توان درباره نسبت تندی موج در دو محیط اظهار نظر کرد. مثلاً برای شکل داده شده در این مسئله نسبت λ_1/λ_2 به v_1/v_2 تقریباً $1/6$ می‌شود که همان نسبت v_1/v_2 نیز هست.

۹) (الف) برای موج شکسته، به جز بسامد سایر مشخصه‌ها با موج فروضی متفاوت است. چرا که تندی و طول موج (همان‌طور که در تمرین ۸ هم دیدیم) تغییر می‌کنند و این دو به ضریب شکست بستگی دارند. در حالی که برای موج بازتابیده، بسامد، طول موج و تندی با موج فروضی برابر است.

ب) امتداد پرتوها بر اثر شکست تفاوت پیدا می‌کند. شکل پرتویی این مسئله را در تمرین ۶ مشاهده کردیم و گفتیم که پرتوی شکسته شده باید به خط عمود تردیک شود. در حل چنین مسائلی نخست پرتوی موج را رسم کنید و سپس جبهه‌های موج را به گونه‌ای رسم کنیم که این پرتو عمود بر آنها باشد. در مورد جبهه‌های موج بازتابیده، چون در خود محیط بازتابیده می‌شوند، فاصله خطوط تغییر نمی‌کند و بنابراین برای موج بازتابیده شکلی مانند زیر خواهیم داشت.



برای جبهه‌های موج شکست یافته نیز نخست یک پرتوی شکست یافته را رسم می‌کنیم و سپس جبهه‌های موج مربوط به آن را نشان می‌دهیم. توجه کنید که فاصله جبهه‌های موج در شیشه، کوتاه‌تر است.



الف) بسامد را از رابطه $f = v/\lambda$ محاسبه می‌کنیم که در آن $v=c$ تندی نور است:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3/10^8 \text{ m/s}}{633 \times 10^{-9} \text{ m}} = 4/739 \times 10^{14} \text{ Hz} \approx 4/74 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

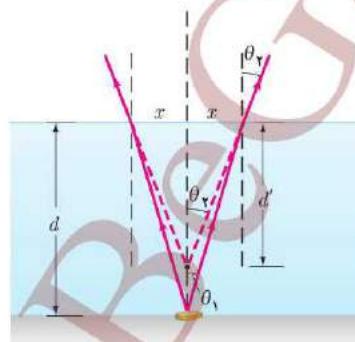
(ب)

$$n = \frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{633 \times 10^{-9} \text{ m}}{474 \times 10^{-9} \text{ m}} = 1/335 \approx 1/34$$

(ب)

$$v = \frac{c}{n} = \frac{3/10^8 \text{ m/s}}{1/335} = 2/247 \times 10^8 \text{ m/s} \approx 2/25 \times 10^8 \text{ m/s}$$

نخست شاید بهتر باشد دید از بالا را بررسی کنیم تا با رسم نموداری پرتویی به حسی از این مطلب برسید. دو پرتو از نقطه‌ای از سکه رسم می‌کنیم که در زاویه کوچکی از خط عمود بر سطح آب قرار دارند. به دلیل شکسته شدن پرتوها و ورود آنها از محیطی با ضرب شکست بیشتر به محیطی با ضرب شکست کمتر، آنها 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 همیگر را قطع می‌کنند (که با رسم خط‌چین‌های نشان داده شده است). همین باعث می‌شود عمق فنجان را کمتر بینیم.

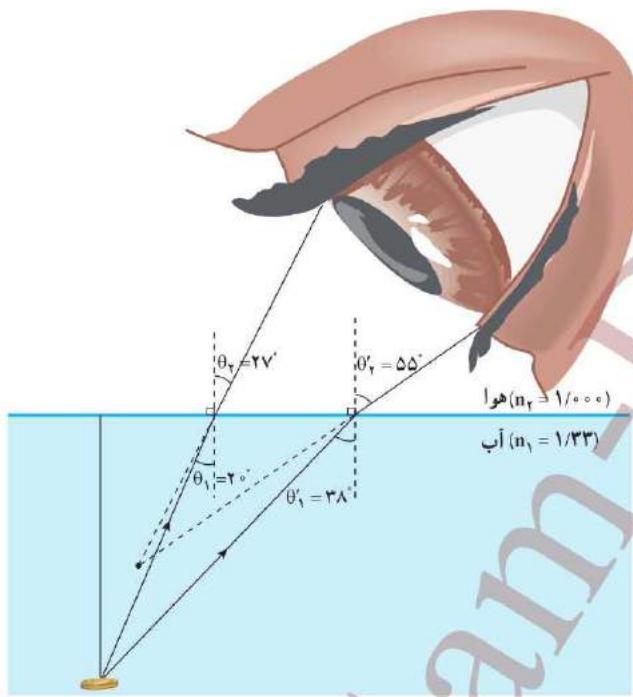


به طور محاسبه‌ای هم می‌توانیم رابطه‌ای به دست آوریم. چون در این وضعیت زاویه‌ها کوچک‌اند (که البته در شکل با اغراق بزرگ کشیده شده‌اند) داریم $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \frac{d'}{d}$ و در نتیجه از قانون اسنل داریم

$$\tan\theta_1 \approx n_1 \tan\theta_1 \Rightarrow \frac{x}{d'} \approx n_1 \frac{x}{d}$$

$$\text{و در نتیجه } d' \approx \frac{d}{n_1}$$

بنابراین برای شخصی که تقریباً به طور عمود نگاه می‌کند، عمق ظاهری $\frac{1}{n}$ عمق واقعی می‌شود ولی توجه کنید که در این حالت جابه‌جاگی افقی ناچیز است. ولی اگر کسی به طور مایل نگاه کند، افزون بر جابه‌جاگی قائم، یک جابه‌جاگی افقی نیز وجود دارد و همان‌طور که در شکل زیر برای داده‌هایی خاص نشان داده شده است، تصویر در هر دو امتداد قائم و افقی به ناظر نزدیک‌تر می‌شود. البته محل این تصویر یکتا نیست و هر چه پرتوهایی که به چشم ناظر می‌رسند افقی تر گردند، تصویر به ناظر نزدیک‌تر می‌گردد که بدیهی است بیشترین آن برای پرتوهایی است که نزدیک به زاویه حد به سطح جدایی می‌تابند.



۱۱ از قانون استنل استفاده می‌کنیم :

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

که در اینجا n_1 و n_2 به ترتیب ضریب شکست آب و هوا، و θ_1 و θ_2 به ترتیب زاویه پرتوی نور نسبت به امتداد قائم در محیط‌های آب و هوا است. بنابراین داریم

$$\sin \theta_2 = \frac{n_1 \sin \theta_1}{n_2} = \frac{(1/33) \sin 27^\circ}{1/00} = 0.665$$

و از آنجا $42^\circ \approx 41/7^\circ \approx 41/7^\circ$ می‌شود.

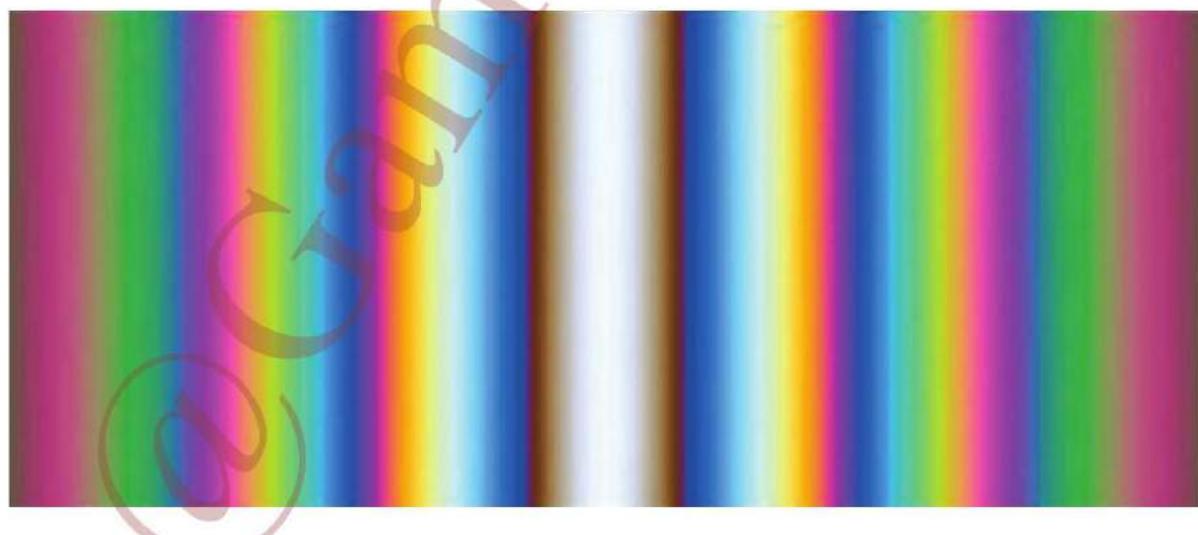
۱۲ در پاسخ به این مسئله باید به چند نکته توجه کرد؛ یکی اینکه نور از محیط با ضریب شکست بیشتر وارد محیط با ضریب شکست کمتر می‌شود باید پرتوهای نور شکسته شده «در سمت درست» از خط عمود دور شوند و دیگر اینکه به پاشندگی نور توجه کنیم و ترتیب و توالی شکست پرتوها درست باشد. بنابراین نخست باید خط عمود را رسم کنیم. از آنجا در می‌یابیم که شکل (ب) اصلاً از لحاظ منطقی نادرست است. پرتوی قرمز تقریباً در امتداد خط عمود و پرتوی آبی در سمت نادرست (سمت چپ خط عمود) شکسته شده است. شکل (پ) این مشکل را ندارد و پرتوها در سمتی درست شکسته شده‌اند، ولی اگر توجه کنید در می‌یابید که پرتوی آبی به خط عمود نزدیک شده است و بنابراین کلیت این شکل نیز نادرست است. اما شکل‌های (الف) و (ت) این هر دو مشکل را ندارند، هم پرتوها در سوبی مناسب شکسته شده‌اند و هم هر دو پرتو از خط عمود دور شده‌اند. متنها همان‌طور که در مبحث پاشندگی دیدیم پرتوی آبی باید بیشتر از پرتوی قرمز شکست پیدا کند و بنابراین پاسخ درست، (ت) است.

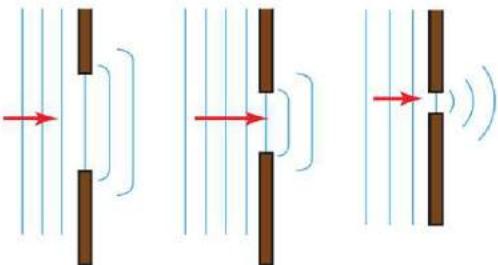
۱۳ چون این پرسش در بخش شکست نور مطرح شده است، بنابراین باید به آن با استفاده از دانش ارائه شده در این بخش و با استفاده از پاشندگی نور پاسخ دهیم. با استفاده از یک منشور به سادگی می‌توانیم بین این دو نظر، یکی را انتخاب کنیم. اگر نور زرد، ترکیبی باشد در منشور تجزیه می‌شود و می‌توانیم نورهای قرمز و سبز را مشاهده کنیم.

اما با توجه به اینکه در کل مجموعه این کتاب، آزمایش یانگ نیز آموزش داده شده است، خوب است تحلیلی مبتنی بر این آزمایش نیز ارائه کنیم. پهنه‌ای هر نوار تاریک یا روشن در آزمایش یانگ با طول موج متناسب است و از این نتیجه در تحلیل خود استفاده می‌کنیم. اگر نور زرد به کار رفته در آزمایش یانگ تکفام باشد، ما نوارهای تداخلی یک در میان روشن (اینجا زرد) و تیره‌ای خواهیم داشت. ولی اگر نور زرد، ترکیبی از دو نور قرمز و سبز باشد، نوارهایی به چنین وضوحی نخواهیم داشت و نتیجه کار از برهم نهی امواج تداخلی قرمز و سبز حاصل می‌شود. به عبارتی، توجه کنید که اگر نور سبز را نداشتم، نوارهای تداخلی یک در میان از قرمز و تیره حاصل می‌شد، و اگر نور قرمز را نداشتم، نوارهای تداخلی یک در میانی از سبز و تیره حاصل می‌شد. حال در حضور این دو نور، نوارهای داخلی آنها روی هم می‌افتد. ولی توجه کنید که این برهم افتادن به طوری نیست که نوارها کاملاً برهم منطبق شوند. در واقع چون طول نوارهای تداخلی به طول موج به کاررفته مربوط است و هر چه طول موج بزرگ‌تر باشد، آنها نیز طویل‌ترند، بنابراین در همپوشانی، نوارها کاملاً برهم منطبق نمی‌شوند.

برای مثال، نوار روشن مرکزی را در نظر بگیرید. وقتی نوارهای تداخلی حاصل از نور سبز و حاصل از نور قرمز را بر هم بتهیم، کل نوار سبز به نوار زرد تبدیل می‌شود، ولی اطراف آن تا سر نوارهای تاریک حاشیه‌های قرمز خواهند داشت. بنابراین نتیجه می‌گیریم که نور زرد ترکیبی باعث نوار مرکزی زرد رنگی می‌شود که کوتاه‌تر از نوار زرد مرکزی حاصل از یک نور زرد تکفam است؛ ضمن آنکه اطراف آن نیز ته رنگ قرمزی می‌گیرد.

(جالب است اگر آزمایش یانگ را با نوری سفید انجام دهیم، همچنان حاشیه‌های نوار مرکزی قرمز خواهد بود، زیرا پهنه‌ای این نوار از همه بیشتر است و در میانه نوار مرکزی هم نواری کاملاً سفید خواهیم داشت که از همپوشانی همه رنگ‌های طیف ایجاد شده است و در بین آنها رنگین کمانی از ترکیب رنگ‌های مختلف ایجاد می‌شود. شکل زیر طرحی تقریبی از چنین تصویری را نشان می‌دهد).





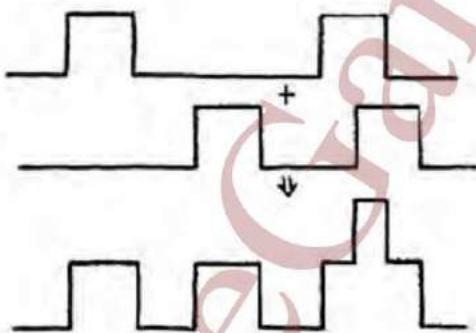
۱۵ با باریک کردن پهنانی شکاف، پدیده پراش به طور بارزتری خود را نشان می‌دهد و موجی که از شکاف خارج می‌شود از حالت موج تخت بیشتر خارج می‌شود و در حالتی که پهنانی شکاف در حدود طول موج باشد موج‌های تخت به صورت امواج نیم‌دایره‌ای گسترش داده می‌شوند.

۱۶ نخست طول موج این امواج را محاسبه می‌کنیم:

$$\lambda = v/f = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2 \times 10^8 \text{ s}^{-1}} = 0.15 \text{ m} \approx 0.15 \text{ m}$$

این امواج از اجسامی به قطری حدود ۱۵ cm یا کوچک‌تر، به خوبی پراشیده می‌شوند.

۱۷ از برهم نهی این دو موج، شکلی مانند زیر حاصل می‌شود:



۱۸ جابه‌جایی کل، جمع‌برداری هر جابه‌جایی مجزا است. چون جابه‌جایی‌های نقطه M در جهت‌های مخالف هم هستند، جمع‌برداری آنها برابر $-\lambda/2$ می‌شود که چون $\lambda/2 > 0$ است، مقداری مثبت است.

۱۹ در نقطه P قله (ستیغ) موج‌ها همدیگر را قطع کرده‌اند و برهم نهاده شده‌اند و بنابراین تداخل کاملاً سازنده و دامنه موج برآیند بیشینه است. اما در نقطه Q قله (ستیغ) یک موج با درجه (پاستیغ) موج دیگر تلاقی کرده است (توجه کنید که Q بر یک منحنی آبی و در میان دو منحنی قرمز است) و بنابراین همدیگر را تضعیف می‌کنند و دامنه کمینه است.

۲۰ (الف) چون فاصله نقطه‌های S و L مناسب با طول موج به کار رفته است، بنابراین برای آنکه نقطه‌های S و L به هم تردیک باشند باید طول موج به کار رفته کوچک باشد. با توجه به اینکه $\lambda = f$ است نتیجه می‌گیریم که این معادل با افزایش بسامد صوت است.

(ب) برای آنکه نقطه‌های S و L از هم دور شوند باید طول موج به کار رفته بزرگ باشد. با توجه به اینکه $f = \lambda/2$ است نتیجه می‌گیریم که این معادل با کاهش بسامد صوت است.

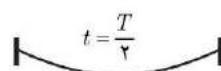
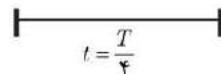
۲۱ (الف) پهنانی نوارهای تداخلی در آزمایش یانگ متناسب با طول موج به کار رفته است. بنابراین با افزایش طول موج، پهنانی نوارها زیاد می‌شود. پس پهنانی نوارها با استفاده از نور تکفام قرمز به جای نور تکفام سبز، افزایش می‌باید.

(ب) چون پهنانی نوارهای تداخلی با طول موج به کار رفته متناسب است، با توجه به اینکه در حضور آب طول موج به λ/n تغییر پیدا می‌کند و کم می‌شود، بنابراین طول موج به کار رفته کاهش می‌باید که این به معنای کاهش پهنانی نوارها است. (توجه! در متن درس فقط

به رابطه پهنانی نوارها با طول موج پرداخته شده است. خوب است بدانید دو راه دیگر تغییر پهنانی نوار، یکی تغییر دادن فاصله شکاف‌ها تا پرده، و دیگری تغییر فاصله شکاف‌ها از هم است.)

۲۱ الف) چون دوره تناوب برابر با عکس بسامد است ($T=1/f$)، بنابراین $t=\frac{1}{4f}$ معادل با $\frac{1}{4}T$ و $t=\frac{1}{2f}$ معادل با $\frac{1}{2}T$ است.

به عبارتی در زمان $t=\frac{1}{4f}$ دوره گذشته است و در زمان $t=\frac{1}{2f}$ نصف دوره. پس شکل‌ها (در مشابهت با شکل‌های ۴-۴ کتاب) چنین می‌شوند:



ب) از $v=f\lambda$ استفاده می‌کنیم. با توجه به اینکه $1/\text{m} = 1/\text{s}^0$ است، خواهیم داشت:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{24\text{ m/s}}{2\text{ m}} = 12 \times 10^0 \text{ s}^{-1} = 12 \times 10^0 \text{ Hz}$$

و یا به عبارتی 12 Hz می‌شود.

۲۲ الف) باید از رابطه ۴-۵ استفاده کنیم:

$$f_n = \frac{nv}{2L} \quad \text{با ازای} \quad n = 1, 2, \dots$$

که در اینجا $n=1$ است.

$$f_1 = \frac{v}{2L} = \frac{(1)(25\text{ m/s})}{2(15\text{ m})} = 833/2\text{ Hz} \approx 833\text{ Hz}$$

توجه کنید که بسامد موج روی تار همان بسامد موج صوتی است که تولید می‌شود.

ب) همان‌طور که گفته‌یم، f بسامد موج صوتی است و بنابراین برای طول موج موج صوتی گسیل شده داریم

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{348\text{ m/s}}{833/2\text{ s}} = 0.4176\text{ m} \approx 0.418\text{ m}$$

۲۳ الف) دو سرتارسته است و وقتی در پایین ترین بسامد خود نوسان می‌کند، طول آن دقیقاً نصف طول موج است. اگر L طول سیم و λ طول موج باشد، $L=2\lambda$ است (این را به‌طور مستقیم از رابطه ۴-۴ کتاب نیز می‌توانید بیینید). بسامد برابر $f=v/2L=v/\lambda$ است که در آن v تندی موج روی تار ویولن است. بنابراین

$$v=2Lf=2(0.22\text{ m})(92\text{ Hz})=4.48\text{ m/s} \approx 4.5\text{ m/s}$$

که البته می‌توانستیم آن را به‌طور مستقیم با استفاده از رابطه ۴-۵ نیز به ازای $n=1$ بدست آوریم.

ب) تندی موج با $v=\sqrt{F/\mu}$ داده می‌شود که در آن L/m است. بنابراین کشش تار چنین می‌شود:

$$F = \mu v^2 = \left(\frac{m}{L}\right) v^2 = \left(\frac{8 \times 10^{-9} \text{ kg}}{22 \times 10^{-3} \text{ m}}\right) (40 \text{ m/s})^2 = 0.5959 \text{ N} \approx 0.596 \text{ N}$$

ب) برای بسامد اصلی، طول موج عرضی در تار $L = 2\lambda$ است و بنابراین

$$\lambda = L = 2(0.22 \text{ m}) = 0.44 \text{ m}$$

بسامد صوت در هوا همان بسامد نوسان سیم است. ولی به خاطر تنگی متفاوت صوت، طول موج متفاوت می‌شود. اگر هوا را با شاخص پایین a نشان دهیم، خواهیم داشت:

$$\lambda_a = \frac{v_a}{f} = \frac{34 \text{ m/s}}{92 \text{ s}^{-1}} = 0.3696 \text{ m} \approx 0.37 \text{ m} = 37 \text{ cm}$$

۲۵ الف) همان‌طور که در متن درس آمده، تشدید باعث به نوسان در آمدن تار می‌شود. اگر بسامد مولّد نوسان با بسامدهای ارتعاش تار منطبق شود، تار به تشدید درمی‌آید و در غیر این صورت، موج ایستاده بارزی ایجاد نمی‌شود. به عبارتی وقتی $f = v/\lambda$ برابر با یکی از بسامدهای نوسان‌ساز باشد، این پدیده رخ می‌دهد.

ب) چون تار فقط در دو بسامد 132 Hz و 88 Hz به نوسان در می‌آید، تفاضل آنها برابر بسامد اصلی نوسان تار است. البته این را می‌توان به سادگی نیز اثبات کرد:

$$f_{n+1} - f_n = \frac{(n+1)v}{2L} - \frac{nv}{2L} = \frac{v}{2L}$$

که همان بسامد اصلی نوسان است. بنابراین

$$f_{n+1} - f_n = 132 \text{ Hz} - 88 \text{ Hz} = 44 \text{ Hz}$$

پ) در بالا ثابت کردیم $v = \sqrt{F/\mu}$ ، که در آن $f_{n+1} - f_n = v/2L$ است. بنابراین

$$f_{n+1} - f_n = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

و از آنجا

$$F = 4L\mu(f_{n+1} - f_n)^2 = 4(0.22 \text{ m})^2 (0.65 \times 10^{-3} \text{ kg/m}) (132 \text{ Hz} - 88 \text{ Hz})^2 = 45/3 \text{ N}$$

در اینجا خوب بود تنگی صوت در تار و بولن نیز برسیده می‌شد و آن را با تنگی صوت در هوا مقایسه می‌کردیم. برای تنگی صوت در تار داریم

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{45/3 \text{ N}}{0.65 \times 10^{-3} \text{ kg/m}}} = 264 \text{ m/s}$$

۲۶ چون رسمان B تحت کشش پیشتری نسبت به رسمان A قرار دارد، تنگی موج در این رسمان بیشتر است، زیرا هر دو رسمان چگالی خطی جرمی یکسانی دارند. پس طبق رابطه $f_n = nv/2L$ ، با توجه به اینکه طول دو رسمان یکسان است، درمی‌باییم تنها در شکل (ت) که رسمان B در هماهنگ اول و رسمان A در هماهنگ دوم در نوسان است این امکان وجود دارد که رسمان‌ها در بسامدهای تشدیدی یکسانی باشند.

۲۷ همان‌طور که در حل مسئله ۲۵ نشان دادیم، تفاضل دو بسامد نوسان متواالی تار برابر با بسامد اصلی نوسان تار است. بنابراین

$$f = (390 \text{ Hz} - 325 \text{ Hz}) = 65 \text{ Hz}$$

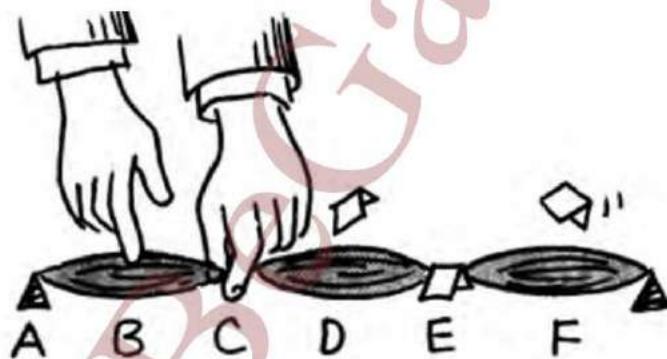
همان بسامد اصلی (پایه) است. پس بسامد هماهنگ بعدی پس از 195 Hz برابر با $260 \text{ Hz} = 195 \text{ Hz} + 65 \text{ Hz}$ است. اگر بررسی کنیم عدد هماهنگ این بسامد تشدیدی ۴ است.

۲۸ (الف) اگر بررسی کنید در می‌باید تفاوت بسامدهای تشدیدی برابر 75 Hz است و چون بسامد کمتر از 40 Hz خواسته شده است، پس بسامد مورد نظر همان 75 Hz است.

(ب) بسامد پنج هماهنگ اول به ترتیب برابر با 75 Hz ، 150 Hz ، 225 Hz ، 300 Hz و 375 Hz شده است که به ترتیب هماهنگ‌های اول تا پنجم هستند. بنابراین بسامد هماهنگ هفتم برابر است با :

$$f_7 = 7(75 \text{ Hz}) = 525 \text{ Hz}$$

۲۹ توجه کنید آنچه در توصیف چگونگی انجام این آزمایش آمده است، صرفاً برای آن است که مسئله از جنبه انتزاعی خارج شده و عملاً انجام پذیر باشد. اگر تار در نقطه C محکم گرفته شود، نوسان‌های تار به سمت راست منتقل نمی‌شوند. بنابراین در انجام این تجربه، چگونگی گرفتن تار در نقطه C مهم است و تا آنجا که ممکن است باید به آرامی گرفته شود. در این صورت، موج ایستاده‌ای مانند شکل زیر بر تار ایجاد می‌شود به طوری که نقطه‌های E، F، A و G گره‌ها و نقطه‌های B، C و D شکم‌ها می‌شوند. بنابراین کاغذهای تاشده در نقطه‌های D و F به هوا بر می‌خیزند، در حالی که کاغذ واقع در E، در جای خود ثابت می‌ماند.



۳۰ آنچه در این پرسشن مطرح شده است در واقع وضعیتی مخالف پرسش ۶-۴ کتاب است که در آنجا با ریختن آب، بسامد صدایی که شنیده می‌شود، افزایش می‌باید. در هنگام خالی شدن گالن، حجم فضای هوای داخل آن افزایش می‌باید. هرچه فضای هوای خالی افزایش یابد، اندازه بسامدهای تشدیدی کمتر می‌شوند (این بسامدها با طول ستون هوا نسبت معکوس دارند).

صدای حاصل از خالی شدن ظرف، گستره وسیعی از بسامدها را دارد که در هر لحظه، یکی از آنها با بسامد تشدیدی هوای درون ظرف منطبق می‌شود، بنابراین موقع خالی شدن گالن، مدام صدای اینها به تراوی (با بسامد کمتری) را می‌شنویم.

۳۱ هنگام دمیدن در یک صدف حلزونی (conch) لب‌ها را روی دهانه باریک آن می‌فشارند. با دمیدن صدف حلزونی، لب‌ها به نوسان در می‌آیند و اگر این کار با دقت صورت بگیرد، لب‌ها در بسامدهای مختلفی به نوسان در می‌آیند. نوسان لب‌ها در درون صدف، امواجی صوتی را با همان بسامدهای نوسان لب به وجود می‌آورد. اگر برخی از این امواج با یکی از بسامدهای تشدید صدف منطبق شوند، در این صورت یک موج صوتی قوی را ایجاد می‌کنند. از لحاظ تجربی خوب است به یک آزمایش اشاره کنیم. در آن آزمایش، پایین‌ترین بسامد تشدید صدف $332/5 \text{ Hz}$ بود و بنابراین نوسان‌های لب در آن بسامد باعث تشدید در درون صدف در همان بسامد می‌شد.