

منابع کنکور

معرفی شبکه از سوی سازمان سنجش آموزش کشور

www.emamemonji.ir



جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش عالی
تیم همکاری است

فیزیک

۲۹۱

دوره‌ی پیش‌دانشگاهی
رشته‌ی علوم ریاضی



www.emamemonji.ir



فیزیک ۱ و ۲

حرکت شناسی در دو بعد

فصل اول

فیزیک ۱ :

تمرین ۱ - ۱ (صفحه ۴)

پیمادهای حرکت جسمی در یک بعد در SI با رابطه $x = -t^2 + 6t - 8$ بیان شده است.
 الف) نمودار مکان - زمان آن را رسم کنید. ب) بردار مکان جسم را در زمان‌های $t = 0, 1, 3$ (s) روی محور x نمایش دهید.
 گ) الف) رسم نمودار مکان - زمان از طریق نقطه‌یابی انجام می‌شود. بنابراین به t مقادیر مختلف داده و x را از رابطه‌ی داده شده بدست می‌آوریم:

	A	B	C	D	E	F	G
مقادیر دلخواه t	0	1	2	3	4	5	6
مقادیر بدست آمده x	-8	-3	0	1	0	-3	-8

حال با توجه به رابطه کلی

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \text{ و مقایسه با رابطه داده شده داریم:}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \\ x = -t^2 + 6t - 8 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{علامت بردار سرعت اولیه +} \\ \text{علامت بردار شتاب -} \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{حرکت در جهت + و کند شونده} \\ \text{و پس از توقف در جهت منفی حرکت می‌کند} \end{array} \right.$$

$$\text{چون } V = \frac{dx}{dt} \Rightarrow \text{از رابطه داده شده نسبت به زمان مشتق می‌گیریم} \Rightarrow V = \frac{d}{dt}(-t^2 + 6t - 8) = -2t + 6$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V = -2t + 6 \\ V = 0 \end{array} \right. \Rightarrow 0 = -2t + 6 \Rightarrow 2t = 6 \Rightarrow t = 3s$$

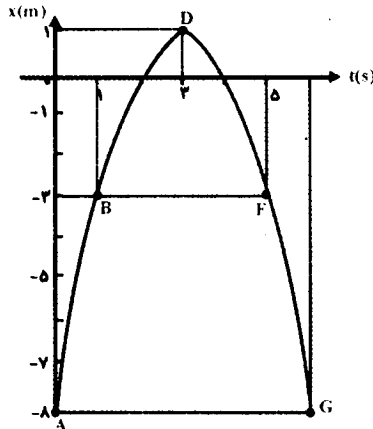
برای محاسبه زمان توقف باید:

$$\left\{ \begin{array}{l} x = 0 \\ x = -t^2 + 6t - 8 \end{array} \right. \Rightarrow 0 = -t^2 + 6t - 8 \xrightarrow{\text{معادله درجه دوم}} t^2 - 6t + 8 = 0 \xrightarrow{\text{حل بروش تجزیه}} (t-2)(t-4) = 0$$

در منفی ضرب

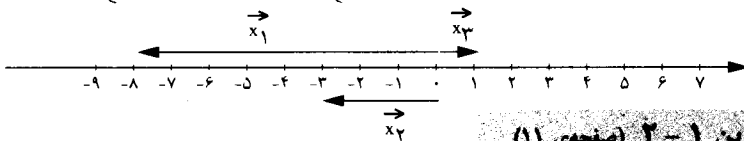
$$\Rightarrow t - 2 = 0 \Rightarrow t = 2s$$

$$\Rightarrow t - 4 = 0 \Rightarrow t = 4s$$



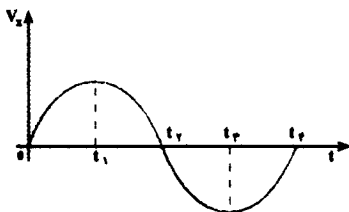
(ب)

در $t = 0$	در $t = 1s$	در $t = 3s$
$\begin{cases} x_1 = -8m \end{cases}$	$\begin{cases} x_2 = -3m \end{cases}$	$\begin{cases} x_3 = 1m \end{cases}$



تمرین ۱ - ۲ (صفحه ۱۱)

نمودار سرعت - زمان متحرکی در شکل زیر نشان داده شده است. تعیین کنید در چه بازه‌ی زمانی بردار شتاب در جهت محور x و در کدام بازه‌ی زمانی در خلاف جهت محور x است.



چون در نمودار سرعت - زمان، شیب نمودار، شتاب متحرک را مشخص می‌کند در بازه‌های زمانی مختلف به شیب نمودار نگاه می‌کنیم.

در بازه زمانی $0 < t < t_1$ ، شیب نمودار مثبت است پس بردار شتاب در جهت مثبت محور x است.

در لحظه t_1 و t_2 شیب نمودار صفر و بزرگی شتاب صفر است.

در بازه زمانی $t_1 < t < t_2$ ، شیب نمودار منفی است پس بردار شتاب در جهت منفی محور x است.

در بازه زمانی $t_2 < t < t_3$ ، شیب نمودار منفی است پس بردار شتاب در جهت منفی محور x است.

در بازه زمانی $t_3 < t < t_4$ ، شیب نمودار مثبت است پس بردار شتاب در جهت مثبت محور x است.

فعالیت ۱ - ۱ (صفحه ۱۲)

در تمرین ۱-۲، سرعت متحرک در بازه‌ی زمانی صفر تا t_1 مثبت است. a_x نیز مثبت است. زیرا شیب مماس بر نمودار در این بازه‌ی زمانی مثبت است و حرکت تند شونده است. حاصل ضرب $a_x v_x$ نیز مثبت است. اکنون جاهای خالی را در گزاره‌های زیر پر کنید:

- الف) در بازه‌ی زمانی t_1 تا t_2 سرعت متحرک است. a_x است. حرکت است. حاصل ضرب $a_x v_x$ است.
- ب) در بازه‌ی زمانی t_1 تا t_2 سرعت متحرک است. a_x است. حرکت است. حاصل ضرب $a_x v_x$ است.
- پ) در زمان‌های بزرگ‌تر از t_3 سرعت متحرک است. a_x است. حرکت است. حاصل ضرب $a_x v_x$ است.
- ک) الف) مثبت - منفی - کند شونده - منفی
 ب) منفی - منفی - تند شونده - مثبت
 پ) منفی - مثبت - کند شونده - منفی
- نکته: هرگاه بردارهای شتاب و سرعت هم علامت باشند، حرکت تند شونده است.
 هرگاه بردارهای شتاب و سرعت هم علامت نباشند، حرکت کند شونده است.

فعالیت ۱ - ۲ (صفحه ۱۴)

از دوست خود بخواهید، خط کش مدرج بلندی را بین انگشتان شما نگه دارد و در یک لحظه آن را رها کند. چگونه می‌توانید زمان واکنش خود را (یعنی زمانی که طول می‌کشد تا پس از مشاهده‌ی رها شدن خط کش، آن را بگیرید) اندازه‌گیری کنید.

$$\left. \begin{array}{l} V_y = 0 \quad \text{رها کردن} \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_{y0}t + y_0 \\ y_0 = 0 \quad \text{می‌گیریم} \end{array} \right\} \Rightarrow y = -\frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t^2 = -\frac{2y}{g} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{-2y}{g}}$$

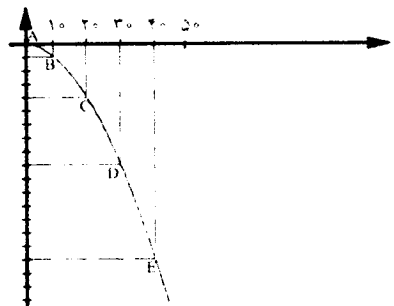
این حرکت را می‌توان سقوط آزاد در نظر گرفت و طی انجام آزمایش، خط کش ۲۲cm ($22\text{cm} = \frac{22}{100} = 0.22\text{m}$) پایین آمده است. بنابراین:

$$t = \sqrt{\frac{-2 \times (-0.22)}{9.8}} \approx 0.21\text{ s}$$

فعالیت ۱ - ۳ (صفحه ۱۸)

فرض کنید در یک مدت کوتاه، معادله‌های حرکت یک خرگوش در سطح زمین، برحسب یکاهای SI، به صورت $x = 1.0t$ و $y = -5t^2$ است. مسیر حرکت این خرگوش را به کمک نقطه‌یابی، در بازه‌ی زمانی ۰ تا ۵ ثانیه، روی کاغذ شطرنجی رسم کنید. ~~ک~~ چون معادله‌های حرکت خرگوش شامل دو مختصه x و y است پس حرکت ۲ بعدی است.

$$\begin{cases} x = 1.0t \\ y = -5t^2 \end{cases}$$



مقادیر دلخواه t	0	1	2	3	4	5
مقادیر بدست آمده x	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
	A	B	C	D	E	F

فعالیت ۱ - ۴ (صفحه ۱۹)

معادله‌های حرکت در SI برای خودروی A در صفحه‌ی افقی به صورت $x_A = 3t^2$ و $y_A = 8$ و برای خودروی B در همان صفحه به صورت $x_B = 6t$ و $y_B = 4t$ داده شده است. از طریق نقطه‌یابی تحقیق کنید که آیا مسیر این دو خودرو تلاقی دارند یا نه؟ چه شرطی باید برقرار باشد تا بین خودروها برخورد رخ دهد؟

مقادیر دلخواه t	۰	۱	۲	۳
x_A	۰	۳	۱۲	۲۷
y_A	۸	۸	۸	۸
	a	b	c	d

مقادیر دلخواه t	۰	۱	۲	۳
x_B	۰	۶	۱۲	۱۸
y_B	۰	۴	۸	۱۲
	a'(m)	b'	c'	d'

$$\begin{cases} x_A = 3t^2 \\ y_A = 8 \end{cases}$$

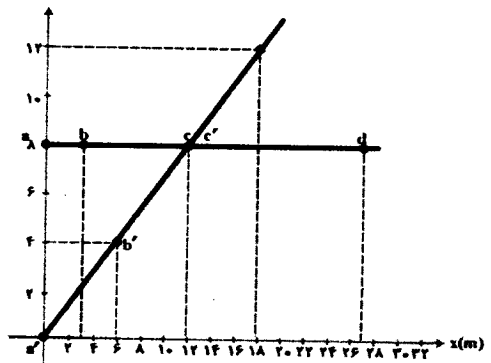
$$\begin{cases} x_B = 6t \\ y_B = 4t \end{cases}$$

با توجه شکل نمودارها در مختصات C یا $\begin{vmatrix} 12 \\ 8 \end{vmatrix}$

C' به یکدیگر برخورد می‌کنند. و برای این $\begin{vmatrix} 12 \\ 8 \end{vmatrix}$

که برخوردی بین خودروها رخ دهد، باید برنامه زمانی حرکت آنها را تنظیم کنیم، بطوری که هم زمان به مکان با

مشخصات $\begin{vmatrix} 12 \\ 8 \end{vmatrix}$ یا C' برسند.



پرسش ۱-۱ (صفحه ۲۰)

رابطه $\vec{V} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$ نشان می‌دهد که سرعت متوسط، کمیتی برداری است و $\vec{V}$ با $\Delta \vec{r}$ هم جهت است چرا؟
 مطابق روبرو می‌توان نتیجه گرفت که سرعت متوسط ضرب یک نرده‌ای بردار جابجایی $\Delta \vec{r}$ است، بنابراین بردار سرعت متوسط هم جهت با بردار $\Delta \vec{r}$ است.
 چون $\vec{V} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta t} \times \Delta \vec{r}$ بردار نرده‌ای یا اسکالر یا عددی

تمرین ۱ - ۳ (صفحه ۲۱)

در فعالیت ۱-۳ سرعت متوسط خرگوش را در بازه‌ی زمانی ۰ تا ۲ ثانیه به دست آورید.

که با توجه به معادلات حرکت خرگوش $\begin{cases} x = 10t \\ y = -5t^2 \end{cases}$ و جدول مقادیر در فعالیت ۱-۳ می‌بینیم که خرگوش در

مبدأ زمان ($t=0$) در مبدأ مکان $\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$ است. بنابراین: $\vec{r}_1 = 0$ و در لحظه‌ی $t=2s$ مکان خرگوش در نقطه

۲۰
-۲۰
C است، پس: $\vec{r}_p = 20\vec{i} - 20\vec{j}$ حال می توان نوشت:

$$\begin{cases} \vec{r}_1 = 0 \\ \vec{r} = 20\vec{i} - 20\vec{j} \end{cases} \Rightarrow \Delta \vec{r} = \vec{r}_p - \vec{r}_1 = 20\vec{i} - 20\vec{j}$$

اندازه سرعت متوسط $|\vec{V}| = \sqrt{10^2 + 10^2} = 10\sqrt{2} \text{ m/s}$

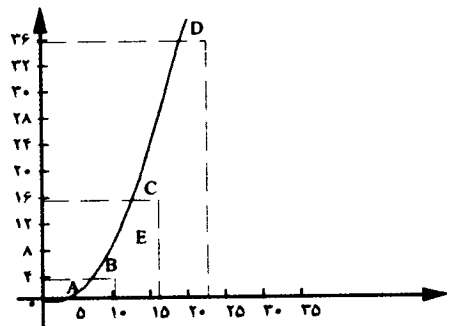
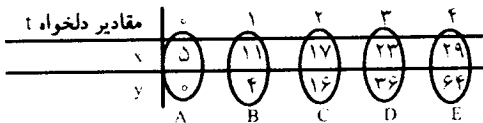
طبق تعریف سرعت متوسط: $\vec{\Delta} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{20\vec{i} - 20\vec{j}}{2-0} = 10\vec{i} - 10\vec{j}$

تمرین ۱ - ۴ (صفحه ۲۳)

در مثال ۱-۱۲ معادله‌ی مسیر را بنویسید و آن را رسم کنید. بردار سرعت متحرک را در $t = 1 \text{ s}$ روی مسیر نمایش دهید. ~~که~~ برای یافتن معادله‌ی مسیر کافی است که زمان (t) از معادلات حرکت حذف شود. یعنی:

$$\begin{cases} x = 6t + 5 \Rightarrow x - 5 = 6t \Rightarrow \frac{x-5}{6} = t & \text{(I)} \\ y = 4t^2 & \text{(II)} \end{cases}$$

$$(I), (II) \Rightarrow y = 4 \left[\frac{x-5}{6} \right]^2 \Rightarrow y = \frac{1}{9} \left[\frac{x^2 - 10x + 25}{36} \right] \Rightarrow y = \frac{1}{9} x^2 - \frac{10}{9} x + \frac{25}{9}$$



متحرک در لحظه $t=1 \text{ s}$ در مکان $\begin{pmatrix} 11 \\ 4 \end{pmatrix}$ یعنی بردار مکان آن به صورت $\vec{r} = 11\vec{i} + 4\vec{j}$ می باشد و خط مماس بر مسیر حرکت در این نقطه راستای بردار سرعت است و چون حرکت جسم رو به بالا می باشد، سرعت برداری مماس بر مسیر و رو به بالا می باشد.

فعالیت ۱ - ۵ (صفحه ۲۴)

دو حرکت شتابدار مثال بزنید که در آن ها، بزرگی سرعت تغییر نکند.

~~که~~ ۱- حرکت دایره ای در صفحه افق گلوله ای که به انتهای ریسمانی متصل است که اندازه سرعت ثابت است ولی جهت آن تغییر می کند.

۲- اتومبیلی که اندازه سرعت آن ثابت است و از پیچ جاده ای می گذرد. باز هم اندازه سرعت ثابت است ولی جهت آن تغییر می کند.

فعالیت ۱ - ۶ (صفحه ۲۵)

نشان دهید در حرکت با بزرگی سرعت ثابت، روی مسیر خمیده، وقتی Δt به سمت صفر میل می‌کند، بردار $\Delta \vec{V}$ بر بردار $\vec{V}$ عمود است. $\leftarrow$ طبق شکل الف - ۱-۱۷ ص ۲۴ کتاب درسی وقتی $\Delta t \rightarrow 0$ ، بردار $\vec{V}_2$ به بردار $\vec{V}_1$ نزدیک می‌شود در نتیجه طبق شکل ب زاویه θ به سمت صفر میل می‌کند و بردار تغییر سرعت به هر یک از بردارها عمود می‌شود. بنابراین:

$$\Delta t \rightarrow 0 \Rightarrow \theta \rightarrow 0 \Rightarrow \Delta \vec{V} \perp \vec{V}_1 \quad \text{یا} \quad \Delta \vec{V} \perp \vec{V}_2$$

فعالیت ۱ - ۷ (صفحه ۲۸)

نشان دهید که هر پرتابه در صفحه‌ی قائمی حرکت می‌کند که بردارهای سرعت اولیه‌ی پرتاب و شتاب جسم در آن صفحه واقع‌اند. $\leftarrow$ در حرکت پرتابی در صفحه‌ی قائم داریم:

$$\begin{cases} \vec{V}_0 = (V_{0x})\vec{i} + (V_{0y})\vec{j} \\ \vec{a} = a_x \vec{i} - g\vec{j} \end{cases} \quad \text{بردار سرعت اولیه}$$

$$\left. \begin{aligned} &\text{چون در راستای افق} \\ &a_x = 0 \Rightarrow \vec{V}_x = (V_{0x})\vec{i} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \vec{a}_y = -g\vec{j}, \vec{V}_y = (-gt + V_{0y})\vec{j}$$

باتوجه به بردارهای سرعت اولیه‌ی پرتاب و شتاب حرکت جسم، که شامل مؤلفه‌های x و y هستند پس در صفحه‌ی xoy قرار دارند.

تمرین ۱ - ۵ (صفحه ۳۰)

به ازای چه زاویه‌ای (α) ، برد پرتابه بیشینه است؟ $\leftarrow$ به شرط ثابت بودن سرعت اولیه پرتاب، برد پرتابه زمانی بیشینه است که:

$$\begin{cases} \sin 2\alpha = 1 \Rightarrow 2\alpha = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{4} = 45^\circ \\ \sin \frac{\pi}{2} = 1 \end{cases}$$

فعالیت ۱ - ۸ (صفحه ۳۱)

آزمایشی پیشنهاد کنید که به کمک آن بتوان سرعت آب را در لحظه‌ی خارج شدن از شیلنگ اندازه گرفت.

$\leftarrow$ باتوجه به تمرین ۱-۵ اگر زاویه شیلنگ نسبت به افق 45° باشد داریم:

$$\begin{cases} R = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow R_{\max} = \frac{V_0^2}{g} \Rightarrow \begin{cases} V_0 = \sqrt{R_{\max} g} \\ g = \approx 10 \text{ N/kg} \end{cases} \\ \sin 2\alpha = \sin 90^\circ = 1 \end{cases}$$

بنابراین با داشتن g و اندازه‌گیری برد آب خروجی از شیلنگ می‌توان سرعت آب خروجی را بدست آورد.

تمرین ۱ - ۶ (صفحه ۳۲)

ارتفاع نقطه‌ی اوج و نیز برد توپ را در مثال ۱-۱۴ محاسبه کنید.

$$\text{برد } R = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{100 \times \sin 74^\circ}{9/8} = \frac{100 \times 0.961}{9/8} \approx 9/8 \text{ m}$$

$$\text{ارتفاع اوج } H = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{100 \times (0.6)^2}{2 \times 9/8} \approx 1/8 \text{ m}$$

تمرین های فصل اول (صفحه ۳۳)

۱- معادله ی حرکت جسمی در SI به صورت $x = t^3 - 3t^2$ است. مطلوب است: الف) بزرگی سرعت متوسط جسم در بازه ی زمانی ۱ تا ۲ ثانیه. ب) بزرگی سرعت متحرک در لحظه ی $t = 4s$. پ) بزرگی شتاب متوسط متحرک در بازه ی زمانی ۲ تا ۳ ثانیه. ث) بزرگی شتاب متحرک در لحظه ی $t = 4s$.

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{V} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \\ t_1 = 1s \Rightarrow x_1 = 1^3 - 3 \times 1 = -2m \\ t_2 = 2s \Rightarrow x_2 = 2^3 - 3 \times 2^2 = -4m \end{array} \right\} \Rightarrow \bar{V} = \frac{-4 - (-2)}{2 - 1} = -2m/s \quad \text{کھ الف)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(t^3 - 3t^2) = 3t^2 - 6t \\ t = 4s \end{array} \right\} \Rightarrow V = 3 \times 4^2 - 6 \times 4 = 24m/s \quad \text{کھ ب)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V = 3t^2 - 6t \\ \bar{a} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} \\ t_1 = 2s \Rightarrow V_1 = 3 \times 2^2 - 6 \times 2 = 0 \\ t_2 = 3s \Rightarrow V_2 = 3 \times 3^2 - 6 \times 3 = 9m/s \end{array} \right\} \Rightarrow \bar{a} = \frac{9 - 0}{3 - 2} = 9m/s^2 \quad \text{کھ پ)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a = \frac{dV}{dt} = \frac{d}{dt}(3t^2 - 6t) = 6t - 6 \\ t = 4s \end{array} \right\} \Rightarrow a = 6 \times 4 - 6 = 18m/s^2 \quad \text{کھ ث)}$$

۲- پیشینه ی شتاب خودرویی در حین ترمز کردن، در جاده ی خشک $5m/s^2$ و در جاده ی خیس $2m/s^2$ است. اگر این خودرو با سرعت $72 \frac{km}{h}$ در حرکت باشد و راننده ناگهان مانعی را در فاصله ی ۴۵ متری خود ببیند، آیا می تواند خودرو را به موقع متوقف کند؟ در صورتی که؛ الف) جاده خشک باشد. ب) جاده خیس باشد. (زمان تاخیر در واکنش راننده را ناچیز بگیرید.)

منفی بدلیل ترمز کردن است: $a = -5m/s^2 \rightarrow SI$ کھ الف)

$$d = \text{فاصله مانع} = 45m \rightarrow SI$$

برای تبدیل km/h به m/s باید عدد مورد نظر $\rightarrow$ باید به سیستم SI برده شود $V_1 = 72 \frac{km}{h}$ تقسیم بر ۳/۶ شود یعنی

$$\frac{72}{3/6} = 20m/s \rightarrow SI$$

$$V_2 = 0 \quad \text{متوقف شدن}$$

$$V_2^2 - V_1^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 0 - (20)^2 = 2 \times (-5)(\Delta x) \Rightarrow \Delta x = 40m$$

از زمان مناسب است.

$$\Rightarrow -400 = -10 \Delta x \Rightarrow \Delta x = 40 \text{ m}$$

چون مانع در ۴۵ متری قرار دارد برخوردی رخ نمی دهد. $40 < 45$ (ب)

$$a = -2 \text{ m/s}^2 \rightarrow \text{SI}$$

$$d = 40 \text{ m} \rightarrow \text{SI}$$

$$V_1 = 20 \text{ m/s} \rightarrow \text{SI}$$

$$V_2 = 0 \text{ توقف کردن}$$

$$\Rightarrow V_2^2 - V_1^2 = 2a\Delta x \Rightarrow 0 - (20)^2 = 2 \times (-2) (\Delta x)$$

$$\Rightarrow -400 = -4 \Delta x \Rightarrow \Delta x = 100 \text{ m}$$

$$100 > 45$$

چون مانع در ۴۵ متری قرار دارد برخورد رخ می دهد.

۳- در تمرین ۲، اگر جاده خشک باشد و زمان تأخیر در واکنش راننده هم ۰/۵ ثانیه باشد، آیا خودرو با مانع برخورد می کند؟ **ک** حرکت اتومبیل قبل از ترمز یکنواخت بوده و مدت زمان حرکت یکنواخت در زمان واکنش ۰/۵ ثانیه بوده است. بنابراین:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta x = V \Delta t \\ V = 20 \text{ m/s} \\ \Delta t = 0/5 \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta x = 20 \times 0/5 = 10 \text{ m}$$

$$\text{جابجایی کل } 10 + 40 = 50 \text{ m}$$

چون $50 > 45$ پس برخورد رخ می دهد.

۴- خودرویی در پشت چراغ قرمز ایستاده است. با سبز شدن چراغ، خودرو با شتاب 2 m/s^2 شروع به حرکت می کند. در همین لحظه کامیونی با سرعت ثابت $36 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ از کنار آن می گذرد. (الف) نمودارهای مکان - زمان و سرعت - زمان را برای اتومبیل و کامیون رسم کنید. (ب) پس از چه مدتی، اتومبیل به کامیون می رسد؟

$$\text{ک} \text{ حرکت کامیون با سرعت ثابت است بنابراین معادله حرکت یکنواخت بکار می رود. } V = 36 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{36}{3/6} = 10 \text{ m/s}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x - x_0 = Vt \\ x_0 = 0 \text{ مبدأ مکان} \end{array} \right\} \Rightarrow x = 10t$$

معادله حرکت کامیون

حرکت خودرو با شتاب ثابت است در نتیجه از معادله حرکت $x = \frac{1}{2}at^2 + V_0t + x_0$ استفاده می شود.

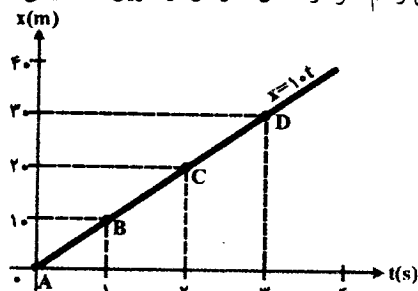
$$\left\{ \begin{array}{l} x = \frac{1}{2}at^2 + V_0t + x_0 \\ x_0 = 0 \\ V_0 = 0 \end{array} \right. \Rightarrow x = \frac{1}{2} \times 2t^2 \Rightarrow x = t^2$$

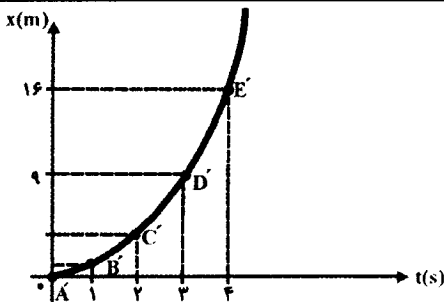
معادله حرکت خودرو

برای رسم نمودار مکان - زمان از طریق نقطه یابی عمل می کنیم:

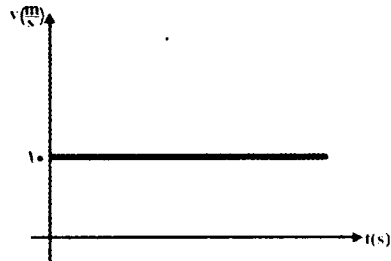
مقادیر دلخواه t	۰	۱	۲	۳	۴
$x = 10t$	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰

مقادیر دلخواه t	۰	۱	۲	۳	۴
$x = t^2$	۰	۱	۴	۹	۱۶



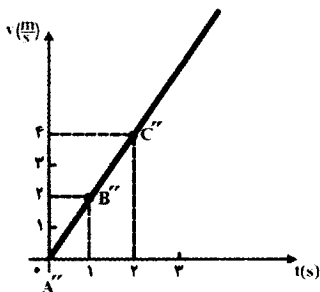


نمودار مکان - زمان برای خودرو



نمودار سرعت - زمان برای کامیون

برای رسم نمودار سرعت - زمان برای خودرو داریم:



نمودار سرعت - زمان برای خودرو

$$\begin{cases} V = at + V_0 \Rightarrow V = 2t \\ a = 2 \text{ m/s}^2 \end{cases}$$

$A'' \left \begin{array}{l} t=0 \\ V=0 \end{array} \right.$	$B'' \left \begin{array}{l} t=1 \\ V=2 \end{array} \right.$	$C'' \left \begin{array}{l} t=2 \\ V=4 \end{array} \right.$
--	--	--

$$\begin{cases} \text{برای کامیون} & x = 10 \cdot t \\ \text{برای خودرو} & x = t^2 \end{cases}$$

(ب) شرط رسیدن کامیون و اتومبیل به هم، یکی بودن مکان آنهاست بنابراین:

$$10 \cdot t = t^2 \Rightarrow 10 \cdot t = t \times t \Rightarrow t = 10 \text{ s}$$

۵- در شکل ۱-۲۳ ص ۳۴ توبی در راستای قائم به طرف بالا پرتاب می‌شود و پس از ۴ ثانیه به نقطه‌ی پرتاب برمی‌گردد. توب: الف) با چه سرعتی پرتاب شده است. ب) تا چه ارتفاعی بالا می‌رود؟ پ) با چه سرعتی به زمین می‌رسد؟ ت) بعد از چند ثانیه به زمین می‌رسد؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

زمان رفت و برگشت $t = 4 \text{ s}$

زمان رفت $t = 2 \text{ s}$

ک) الف

$$\begin{cases} V = -gt + V_0 \\ V = 0 \end{cases} \quad \text{در ارتفاع اوج} \quad \Rightarrow 0 = -10 \times 2 + V_0 \Rightarrow V_0 = 20 \text{ m/s}$$

$$H = \frac{V_0^2}{2g} \Rightarrow H = \frac{20^2}{2 \times 10} = 20 \text{ m}$$

(ب) ارتفاع اوج + ارتفاع ساختمان = ارتفاع کل

$$\text{ارتفاع کل} = 25 + 20 = 45 \text{ m}$$

$$\begin{cases} V^2 - V_0^2 = -2g\Delta y \Rightarrow V^2 - 0 = -2 \times 10 \times (-45) \Rightarrow V^2 = 900 \Rightarrow V = 30 \text{ m/s} \\ \text{مسیر از نقطه اوج تا زمین در نظر گرفته شده است} \\ V_0 = 0 \end{cases} \quad \text{در نقطه اوج} \quad \text{پ)}$$

$$\begin{cases} V = -gt + V_0 \Rightarrow -30 = -10 \times t + 0 \Rightarrow t = 3 \text{ s} \\ \text{مسیر از نقطه اوج تا زمین در نظر گرفته شده است} \\ V_0 = 0 \end{cases} \quad \begin{array}{l} 3 + 2 = 5 \text{ s} \\ \text{زمان رفتن توب} \end{array} \quad \text{ت)}$$

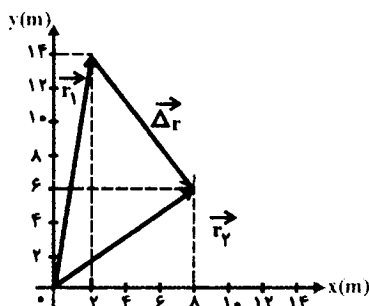
۶- بردارهای مکان ذره‌ی مستحرفی در لحظه‌های $t_1 = ۵s$ و $t_2 = ۲۵s$ به ترتیب $\vec{r}_1 = ۲\vec{i} + ۱۴\vec{j}$ و $\vec{r}_2 = ۸\vec{i} + ۶\vec{j}$ است. بزرگی سرعت متوسط این ذره را بین دو لحظه‌ی t_1 و t_2 بدست آورید. با رسم یک نمودار جهت $\vec{V}$ را نشان دهید.

که طبق تعریف سرعت متوسط:

$$\vec{V} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1} = \frac{۸\vec{i} + ۶\vec{j} - (۲\vec{i} + ۱۴\vec{j})}{۲۵ - ۵} = \frac{۶\vec{i} - ۸\vec{j}}{۲۰} = ۰/۳\vec{i} - ۰/۴\vec{j}$$

$$|\vec{V}| = \sqrt{(۰/۳)^2 + (۰/۴)^2} = \sqrt{۰/۲۵} = ۰/۵ m/s$$

بردار سرعت متوسط طبق فرمول، هم جهت با بردار جابجایی $\Delta \vec{r}$ است.



۷- معادله‌ی حرکت جسمی با دو رابطه‌ی زیر، در SI داده شده است: $x = ۶t$ و $y = ۲t^2 + ۱$.

(الف) معادله‌ی سرعت جسم را بنویسید و بزرگی سرعت را در $t = ۲s$ محاسبه کنید.

(ب) معادله‌ی مسیر حرکت را به دست آورید.

(پ) بردار سرعت متوسط جسم را بین لحظه‌های $t = ۱$ و $t = ۲$ ثانیه برحسب بردارهای یک‌ی $\vec{i}$ و $\vec{j}$ بنویسید.

که (الف)

$$\vec{V} = V_x \vec{i} + V_y \vec{j} = \left(\frac{dx}{dt}\right)\vec{i} + \left(\frac{dy}{dt}\right)\vec{j}$$

$$\begin{cases} x = ۶t \\ V_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(۶t) = ۶ m/s \end{cases} \quad \begin{cases} y = ۲t^2 + ۱ \\ V_y = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(۲t^2 + ۱) = ۴t \end{cases}$$

معادله‌ی سرعت: $\vec{V} = ۶\vec{i} + ۴t\vec{j}$ بنابراین

$$\begin{cases} |\vec{V}| = \sqrt{۳۶ + (۴ \times ۲)^2} = \sqrt{۳۶ + ۶۴} = ۱۰ m/s \\ t = ۲s \end{cases}$$

$$\begin{cases} |\vec{V}| = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \\ t = ۲s \end{cases} \Rightarrow$$

(ب) $\begin{cases} x = ۶t \\ y = ۲t^2 + ۱ \end{cases}$ را حذف می‌کنیم $\Rightarrow x = ۶t \Rightarrow t = \frac{x}{۶}$

معادله‌ی مسیر حرکت $y = ۲\left(\frac{x}{۶}\right)^2 + ۱ \Rightarrow y = \frac{x^2}{۱۸} + ۱$

(پ) $\begin{cases} t_1 = ۱s \\ x = ۶t \Rightarrow x = ۶m \\ y = ۲t^2 + ۱ \Rightarrow y = ۳m \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \vec{r}_1 = x_1 \vec{i} + y_1 \vec{j} \\ \vec{r}_2 = ۶\vec{i} + ۳\vec{j} \end{cases} \quad (۱)$

$$\begin{cases} t_p = 2s \\ x = 6t \Rightarrow x = 12m \Rightarrow \vec{r}_p = 12\vec{i} + 9\vec{j} \quad (2) \\ y = 2t^2 + 1 \Rightarrow y = 9m \end{cases}$$

$$\vec{V} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}_p - \vec{r}_1}{t_p - t_1} = \frac{12\vec{i} + 9\vec{j} - (6\vec{i} + 3\vec{j})}{2 - 1} \Rightarrow \vec{V} = 6\vec{i} + 6\vec{j}$$

از (۱) و (۲) داریم:

۸- الف) سرعت یک پرتابه را در نقطه‌ی اوج آن، برحسب V و α بدست آورید.

ب) اگر نقطه‌ی فرود و نقطه‌ی پرتاب در یک صفحه‌ای افقی باشند، بردار سرعت پرتابه را هنگام فرود برحسب α

$$\begin{cases} \vec{V} = V_x \vec{i} + V_y \vec{j} \Rightarrow \vec{V} = V_x \vec{i} \Rightarrow V = V_x = V \cos \alpha \\ V_y = 0 \quad \text{در نقطه اوج} \end{cases}$$

و V بدست آورید. (الف)

$$\begin{cases} \vec{V} = V_x \vec{i} + V_y \vec{j} \\ V_x = V \cos \alpha \\ V_y = -gt + V \sin \alpha \end{cases} \Rightarrow V_y = \frac{-2V \sin \alpha}{g} \times g + V \sin \alpha = -V \sin \alpha$$

ب) $t = t_{\text{اوج}} = \frac{2V \sin \alpha}{g}$

$$\begin{aligned} \vec{V} &= (V \cos \alpha) \vec{i} + (-V \sin \alpha) \vec{j} \Rightarrow |\vec{V}| = \sqrt{(V \cos \alpha)^2 + (-V \sin \alpha)^2} = \sqrt{V^2 \cos^2 \alpha + V^2 \sin^2 \alpha} \\ &= \sqrt{V^2 (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha)} \end{aligned}$$

$|\vec{V}| = V$. یعنی در نبود نیروهای بازدارنده، پرتابه با همان مقدار سرعت اولیه به نقطه پرتاب بازمی‌گردد.

۹- در شکل ۱-۲۴ ص ۳۴ گلوله‌ی زرد رنگ در امتداد افق پرتاب شده است. اگر گلوله‌ی قرمز رنگ نیز همزمان با گلوله‌ی زرد رنگ رها شده باشد، نشان دهید که ارتفاع این دو، در حین سقوط در تمام لحظه‌ها، یکسان خواهد بود. حرکت گلوله قرمز رنگ سقوط آزاد است و از معادلات سقوط آزاد پیروی می‌کند.

حرکت گلوله زرد رنگ پرتابی در راستای افق است و می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} \alpha = 0 \Rightarrow \sin \alpha = 0, \cos \alpha = 1 \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + V \sin \alpha \Rightarrow y = -\frac{1}{2}gt^2 \\ x = V \cos \alpha \Rightarrow x = V \cdot t \end{cases}$$

مشاهده می‌کنیم که حرکت پرتابی در راستای افق نیز معادلاتی مشابه معادلات سقوط آزاد دارند پس دو متحرک در هر لحظه ارتفاع برابر دارند.

۱۰- گالیه در یکی از کتاب‌های خود نوشته است: «برای زاویه‌های پرتابی که به یک اندازه از زاویه ۴۵ درجه بیشتر یا کمترند، بردها مساوی‌اند...» شکل ۱-۲۵ ص ۳۵ درستی این گفته را اثبات کنید.

$$\text{برد } R_1 = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha_1}{g}, R_2 = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha_2}{g} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{\sin 2\alpha_2}{\sin 2\alpha_1} = \frac{2\sin\alpha_2 \cos\alpha_2}{2\sin\alpha_1 \cos\alpha_1} \quad (I)$$

با هم جمع

$\Rightarrow$ زاویه متمم یکدیگرند

$$\begin{cases} \alpha_1 = 45^\circ - \theta \\ \alpha_2 = 45^\circ + \theta \end{cases} \Rightarrow \alpha_1 + \alpha_2 = 90^\circ \quad \begin{cases} \sin\alpha_1 = \cos\alpha_2 \quad (II) \\ \cos\alpha_1 = \sin\alpha_2 \end{cases}$$

مثلاً $\sin 60^\circ = \cos 30^\circ$

$$(I), (II) \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 1$$

۱۱- از روی پلی به ارتفاع ۲۰ متر، بالای سطح آب یک رودخانه، جسمی را در راستای افقی با سرعت ۳۰ m/s پرتاب می‌کنیم.

(الف) چه زمانی طول می‌کشد تا جسم به آب برخورد کند؟

(ب) فاصله‌ی افقی نقطه‌ی برخورد به آب تا نقطه‌ی پرتاب چقدر است؟

(پ) بزرگی سرعت جسم هنگام برخورد با آب، چقدر است؟

$$\alpha = 0 \quad \text{راستای افقی} \Rightarrow \sin\alpha = 0, \cos\alpha = 1$$

$$x = V_0 t = 30t$$

$$\begin{cases} y = -\frac{1}{2}gt^2 + 0 = -5t^2 \\ y = -20m \end{cases} \quad \begin{cases} x = (V_0 \cos\alpha)t \Rightarrow x = V_0 t \\ \cos\alpha = 1 \end{cases} \quad \text{(الف)}$$

$$\Rightarrow -20 = -5t^2 \Rightarrow 4 = t^2 \Rightarrow t = 2s$$

$$\begin{cases} x = 30t \\ t = 2s \end{cases} \Rightarrow x = 30 \times 2 = 60m$$

(ب)

$$\begin{cases} V_x = 30m/s \\ V_y = -gt = -10 \times 2 = -20m/s \end{cases} \Rightarrow \left| \vec{V} \right| = \sqrt{(30)^2 + (-20)^2} = \sqrt{1300} = 10\sqrt{13}m/s \quad \text{(پ)}$$

۱۲- هواپیمایی که با سرعت ۳۶۰ $\frac{km}{h}$ در ارتفاع ۲۴۵m موازی با سطح زمین پرواز می‌کند، باید بسته‌ای را برای سیل زدگان به پائین بیندازد. شکل ۱-۲۶ ص ۳۵ خلبان در چه فاصله‌ی افقی، بسته را رها کند تا به سیل زدگان برسد؟

$$V = 360 \frac{km}{h} = \frac{360}{3.6} = 100m/s$$

$$\alpha = 0 \quad \text{راستای افقی} \Rightarrow tg\alpha = 0, \cos\alpha = 1$$

$$\begin{cases} y = \frac{-gx^2}{2V_0^2 \cos^2\alpha} + xtg\alpha \Rightarrow -245 = \frac{-10 \times x^2}{2 \times 100^2 \times 1} + 0 \Rightarrow -10x^2 = -4900 \times 10^4 \Rightarrow x^2 = 49 \times 10^4 \\ x = 7 \times 10^2 m = 700m \end{cases}$$

۱۳- مطابق شکل ۱-۲۷ ص ۳۶ جسمی به جرم m را با سرعت اولیه $\vec{V}_0$ و با زاویه α نسبت به افق، پرتاب می‌کنیم، فرض کنید نیروی مقاومت هوا در برابر حرکت جسم قابل چشم‌پوشی است.

الف) با استفاده از قانون پایستگی انرژی مکانیکی، بزرگی سرعت جسم را در نقطه‌ی A در ارتفاع h از نقطه‌ی پرتاب به دست آورید.

ب) بزرگی سرعت جسم را در نقطه‌ی A با استفاده از معادله‌های حرکت پرتابی به دست آورید و آن را با نتیجه‌ی قسمت الف مقایسه کنید. *کلمه* در غیاب نیروهای بازدارنده مانند مقاومت هوا انرژی مکانیکی پایسته است. بنابراین:

$$\left. \begin{array}{l} \text{اولیه} \quad E_o = E_A \\ \text{در لحظه پرتاب انرژی مکانیکی} \quad E_o = \frac{1}{2} m V_o^2 \\ \text{جسم فقط از نوع جنبشی است} \\ \text{در نقطه A، جسم هم انرژی جنبشی} \\ \text{دارد هم پتانسیل گرانشی} \end{array} \right\} \Rightarrow E_A = mgh_A + \frac{1}{2} m V_A^2 \quad (\text{الف})$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m V_o^2 = mgh_A + \frac{1}{2} m V_A^2 = m(gh_A + \frac{1}{2} V_A^2) \Rightarrow \frac{1}{2} V_o^2 = gh_A + \frac{1}{2} V_A^2 \Rightarrow \frac{1}{2} V_A^2 = \frac{1}{2} V_o^2 - gh_A$$

$$\Rightarrow V_A^2 = V_o^2 - 2gh_A \Rightarrow V_A = \sqrt{V_o^2 - 2gh_A}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{x_A} = V_o \cos \alpha \\ V_y^2 - V_o^2 \sin^2 \alpha = -2gh_A \Rightarrow V_y^2 = -2gh_A + (V_o \sin \alpha)^2 = V_o^2 \sin^2 \alpha - 2gh_A \\ |\vec{V}_A| = \sqrt{(V_x)^2 + (V_y)^2} = \sqrt{(V_o \cos \alpha)^2 + (V_o^2 \sin^2 \alpha - 2gh_A)} \end{array} \right. \quad (\text{ب})$$

$$= \sqrt{V_o^2 (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) - 2gh_A} = \sqrt{V_o^2 - 2gh_A} \quad \text{که نتایج الف و ب یکی است.}$$

۱۴- در شکل ۱-۲۸ ص ۳۶ سرعت اولیه‌ی توپ را طوری حساب کنید که توپ داخل سبد بیفتد. $(g = 10 \text{ m/s}^2)$ *کلمه* با توجه به شکل داریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha = 45^\circ \\ y_o = 2 \text{ m} \\ y = 3 \text{ m} \\ x = 11 \text{ m} \end{array} \right. \quad y = \frac{-gx^2}{2V_o^2 \cos^2 \alpha} + x \tan \alpha + y_o$$

$$\text{با عددگذاری در معادله} \Rightarrow 3 = \frac{-10 \times 11^2}{2 \times V_o^2 \times (\frac{\sqrt{2}}{2})^2} + \underbrace{11 \times 1 + 2}_{=13} \Rightarrow 3 - 13 = \frac{-1210}{V_o^2}$$

$$\Rightarrow -10 = \frac{-1210}{V_o^2} \Rightarrow V_o^2 = \frac{1210}{10} = 121 \Rightarrow V_o = 11 \text{ m/s}$$

دینامیک

فصل دوم

تمرین ۲-۱ (صفحه ۳۹)

با مراجعه به آن چه در فیزیک ۲ و آزمایشگاه خوانده‌اید، جمله‌های زیر را کامل کنید:

۱- تغییر بردار سرعت در اثر است.

۲- اگر در اثر اعمال نیرو، جسم ساکنی به حرکت درآید، در شروع حرکت بردارهای سرعت و هم جهت‌اند.

۳- در مسیر خمیده بردارهای سرعت و نیرو

۴- اگر جسمی بر روی خط راستی در حرکت باشد و بر آن نیرویی هم راستا و هم سو با سرعت حرکت آن وارد شود، حرکت جسم خواهد شد.

الف) با استفاده از قانون پایستگی انرژی مکانیکی، بزرگی سرعت جسم را در نقطه‌ی A در ارتفاع h از نقطه‌ی پرتاب به دست آورید.

ب) بزرگی سرعت جسم را در نقطه‌ی A با استفاده از معادله‌های حرکت پرتابی به دست آورید و آن را با نتیجه‌ی قسمت الف مقایسه کنید. *کلمه* در غیاب نیروهای بازدارنده مانند مقاومت هوا انرژی مکانیکی پایسته است. بنابراین:

$$\left. \begin{array}{l} \text{اولیه} \quad E_o = E_A \\ \text{در لحظه پرتاب انرژی مکانیکی} \quad E_o = \frac{1}{2} m V_o^2 \\ \text{جسم فقط از نوع جنبشی است} \\ \text{در نقطه A، جسم هم انرژی جنبشی} \\ \text{دارد هم پتانسیل گرانشی} \end{array} \right\} \Rightarrow E_A = mgh_A + \frac{1}{2} m V_A^2 \quad (\text{الف})$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m V_o^2 = mgh_A + \frac{1}{2} m V_A^2 = m(gh_A + \frac{1}{2} V_A^2) \Rightarrow \frac{1}{2} V_o^2 = gh_A + \frac{1}{2} V_A^2 \Rightarrow \frac{1}{2} V_A^2 = \frac{1}{2} V_o^2 - gh_A$$

$$\Rightarrow V_A^2 = V_o^2 - 2gh_A \Rightarrow V_A = \sqrt{V_o^2 - 2gh_A}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{x_A} = V_o \cos \alpha \\ V_y^2 - V_o^2 \sin^2 \alpha = -2gh_A \Rightarrow V_y^2 = -2gh_A + (V_o \sin \alpha)^2 = V_o^2 \sin^2 \alpha - 2gh_A \\ |\vec{V}_A| = \sqrt{(V_x)^2 + (V_y)^2} = \sqrt{(V_o \cos \alpha)^2 + (V_o^2 \sin^2 \alpha - 2gh_A)} \end{array} \right. \quad (\text{ب})$$

$$= \sqrt{V_o^2 (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) - 2gh_A} = \sqrt{V_o^2 - 2gh_A} \quad \text{که نتایج الف و ب یکی است.}$$

۱۴- در شکل ۱-۲۸ ص ۳۶ سرعت اولیه‌ی توپ را طوری حساب کنید که توپ داخل سبد بیفتد. $(g = 10 \text{ m/s}^2)$ *کلمه* با توجه به شکل داریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha = 45^\circ \\ y_o = 2 \text{ m} \\ y = 3 \text{ m} \\ x = 11 \text{ m} \end{array} \right. \quad y = \frac{-gx^2}{2V_o^2 \cos^2 \alpha} + x \tan \alpha + y_o$$

$$\text{با عددگذاری در معادله} \Rightarrow 3 = \frac{-10 \times 11^2}{2 \times V_o^2 \times (\frac{\sqrt{2}}{2})^2} + \underbrace{11 \times 1 + 2}_{= 13} \Rightarrow 3 - 13 = \frac{-1210}{V_o^2}$$

$$\Rightarrow -10 = \frac{-1210}{V_o^2} \Rightarrow V_o^2 = \frac{1210}{10} = 121 \Rightarrow V_o = 11 \text{ m/s}$$

دینامیک

فصل دوم

تمرین ۲- ۱ (صفحه ۳۹)

با مراجعه به آن چه در فیزیک ۲ و آزمایشگاه خوانده‌اید، جمله‌های زیر را کامل کنید:

۱- تغییر بردار سرعت در اثر است.

۲- اگر در اثر اعمال نیرو، جسم ساکنی به حرکت درآید، در شروع حرکت بردارهای سرعت و هم جهت‌اند.

۳- در مسیر خمیده بردارهای سرعت و نیرو

۴- اگر جسمی بر روی خط راستی در حرکت باشد و بر آن نیرویی هم راستا و هم سو با سرعت حرکت آن وارد شود، حرکت جسم خواهد شد.

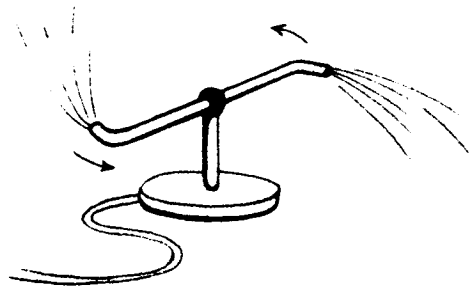
۵- در صورتی که جسم بر روی خط راستی در حرکت باشد و بر آن نیرویی در خلاف جهت سرعت اعمال شود حرکت جسم خواهد شد.

ک ۱- وارد کردن نیرو ۲- نیرو ۳- غیرهم راستااند ۴- تندشونده ۵- کند شونده

تمرین ۲ - ۲ (صفحه ۳۹)

توضیح دهید چرا هنگامی که:

- ۱- با پا به دیواری ضربه می‌زنید پای شما درد می‌گیرد؟
- ۲- قایق ران پارو می‌زند، قایق در آب حرکت می‌کند؟
- ۳- چمدان را از زمین بلند می‌کنید، دست شما به طرف پایین کشیده می‌شود؟
- ۴- آب از فواره مطابق شکل ۱-۲ خارج می‌شود و فواره می‌چرخد؟



- ک ۱- طبق قانون سوم نیوتن (عمل و عکس‌العمل) به همان اندازه که ما به دیوار ضربه وارد می‌کنیم دیوار نیز به پای ما ضربه وارد می‌کند (از نظر اندازه برابر ولی از نظر جهت مخالف جهت ضربه ما)
- ۲- طبق قانون سوم نیوتن (عمل و عکس‌العمل) وقتی با پارو آب را به عقب برانیم آب نیز نیرویی بطرف جلو و هم اندازه با نیروی ما وارد می‌کند و قایق رو به جلو می‌رود.
- ۳- طبق قانون سوم نیوتن (عمل و عکس‌العمل) با دست نیروی رو به بالایی به چمدان وارد می‌کنیم چمدان نیز به اندازه همان نیرو ولی رو به پایین به دست ما وارد می‌کند.
- ۴- طبق قانون سوم نیوتن (عمل و عکس‌العمل) از طرف آب نیرویی به فواره در خلاف جهت جریان آب وارد می‌شود و باعث چرخش فواره می‌شود.



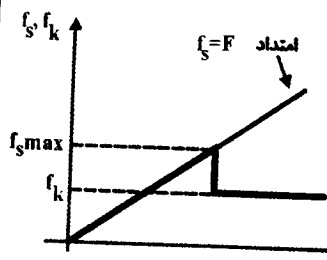
فعالیت ۲ - ۱ (صفحه ۴۰)

در شکل ۲-۲ ص ۴۰ تصویر یک شاتل را که با استفاده از دو موشک به فضا پرتاب می‌شود، مشاهده می‌کنید. براساس قانون سوم نیوتن چگونگی حرکت آن را شرح دهید.

ک گاز با فشار و گرمای زیاد از انتهای موشک خارج می‌شود و طبق قانون سوم نیوتن، از طرف گاز به موشک نیرویی برخلاف جهت خروج گاز وارد می‌شود و باعث حرکت رو به جلو موشک می‌شود.

فعالیت ۲ - ۲ (صفحه ۴۲)

جسمی را روی سطح افقی قرار دهید و آن را با یک نیروی افقی بکشید و به تدریج نیروی کشش را افزایش دهید تا این که جسم در آستانه حرکت قرار گیرد و سپس حرکت کند. حال، به طور کیفی، نمودار تغییر نیروی اصطکاک را، برحسب نیروی کششی، رسم کنید. $f_s = F$ وقتی جسم ساکن است، نیروی اصطکاک در هر لحظه با نیروی وارده به جسم برابر است (شیب نمودار برابر یک است) یعنی: $1 = \text{شیب}$



$f_s = F \Rightarrow$ در حالی که جسم در حرکت است، نیروی اصطکاک لغزشی کمتر از نیروی اصطکاک آستانه حرکت است و با افزایش نیروی وارده بر جسم و ثابت بودن مقدار نیروی اصطکاک لغزشی، جسم حرکت شتابدار دارد.

تمرین ۲ - ۳ (صفحه ۴۹)

توضیح دهید که آیا می توان با استفاده از مثال ۲-۵ ص ۴۹ ضریب اصطکاک ایستایی جسم و سطح را محاسبه کرد؟ μ_s از سطح شیب داری با زاویه قابل تنظیم استفاده می کنیم، وقتی جسم بر روی سطح شیب دار ساکن است، زاویه شیب را افزایش می دهیم تا جسم در آستانه حرکت قرار گیرد. از قانون دوم نیوتن:

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow mgsin\alpha - \mu_s mgcos\alpha = 0 \Rightarrow \mu_s = \frac{sin\alpha}{cos\alpha} = tan\alpha$$

بنابراین با اندازه گیری زاویه ی سطح شیب دار و $\mu_s, tan\alpha$ بدست می آید.

فعالیت ۲ - ۳ (صفحه ۴۹)

آزمایشی برای تعیین ضریب اصطکاک ایستایی سطح های مختلف با استفاده از سطح شیب دار طراحی کنید. $\mu_s = tan\alpha$ بدست آورد. بنابراین: هرچه جرم بیشتر و یا سرعت جسم بیشتر باشد، نیروی لازم برای متوقف کردن متحرک بیشتر است. یا به عبارت دیگر هر چه تکانه جسم بیشتر باشد، نیروی لازم برای متوقف کردن متحرک بیشتر است.

فعالیت ۲ - ۴ (صفحه ۵۲)

فرض کنید در مثال بالا، جرم خودرو و کامیون یکسان، ولی سرعت یکی $20m/s$ و دیگری $15m/s$ باشد. نیروی لازم برای متوقف کردن هر کدام از آن ها را محاسبه و با هم مقایسه کنید. نتیجه های این فعالیت و مثال قبل را در گروه خود، تجزیه و تحلیل و به کلاس گزارش کنید.

$$F = ma = m \left| \frac{V_f^2 - V_i^2}{2x} \right|$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m_1 = m_2 = 1000 \text{ kg} \\ V_1 = 20 \text{ m/s: } \text{سرعت خودرو} \\ V_2 = 15 \text{ m/s: } \text{سرعت کامیون} \end{array} \right. \Rightarrow \begin{array}{l} F_1 = 1000 \times \frac{400}{2 \times 50} = 4000 \text{ N} \\ F_2 = 1000 \times \frac{225}{2 \times 50} = 2250 \text{ N} \end{array}$$

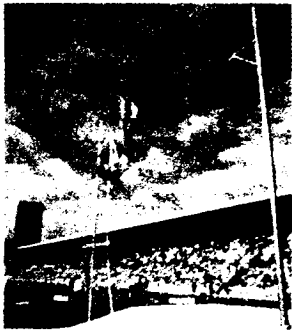
تمرین ۲ - ۴ (صفحه ۵۴)

دو خودروی A و B دارای مشخصات فنی متفاوت‌اند. جرم خودروی A برابر ۱ تن و جرم خودروی B برابر ۸۰۰ kg. سرعت خودروی A حداقل پس از ۱۱/۷ s از صفر به ۹۶ $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ می‌رسد ولی سرعت خودروی B حداقل پس از ۱۲/۱ s، همین مقدار افزایش پیدا می‌کند. حداکثر برآیند نیروهای وارد بر هر کدام از خودروهای A و B را حساب کنید.

$$\left\{ \begin{array}{l} m_A = 1 \text{ ton} = 1000 \text{ kg} \\ \Delta t_A = 11/7 \text{ s} \\ V_{1A} = 0 \\ V_{2A} = 96 \text{ km/h} = \frac{96}{3/6} \approx 26 \text{ m/s} \end{array} \right\} \Rightarrow F_A = \frac{\Delta P}{\Delta t_A} = \frac{m(V_{2A} - V_{1A})}{11/7} = \frac{1000 \times 26/7}{11/7} = 2282 \text{ N}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m_B = 800 \text{ kg} \\ \Delta t_B = 12/1 \text{ s} \\ V_{1B} = 0 \\ V_{2B} = 26 \text{ m/s} \end{array} \right\} \Rightarrow F_B = \frac{\Delta P}{\Delta t_B} = \frac{mV_{2B} - mV_{1B}}{12/1} = \frac{800 \times (26/7)}{12/1} = 1760 \text{ N}$$

فعالیت ۲ - ۵ (صفحه ۵۵)



در یک مسابقه‌ی پرش با نیزه، ورزشکاری از مانع پرش با ارتفاع ۶ متر بدون خطا عبور می‌کند. نقش تشک را در جلوگیری از آسیب رسیدن به ورزشکار مورد بحث و بررسی قرار دهید. $F = \frac{\Delta P}{\Delta t}$ هر چه مخرج (Δt) یعنی مدت اثر نیرو بیشتر باشد، نیروی مؤثر کوچکتر است. فنرهای تشک مدت زمان تغییر تکانه ورزشکاران را طولانی می‌کنند در نتیجه نیروی کمتری به ورزشکار وارد می‌شود.

تمرین ۲ - ۵ (صفحه ۵۸)

مکان زاویه‌ای ذره‌ای که روی مسیر دایره‌ای حرکت می‌کند، با رابطه‌ی $\theta = 2t^2 + 6t$ بیان شده است. (t برحسب ثانیه و θ برحسب رادیان)

الف) سرعت زاویه‌ای متوسط ذره را بین لحظه‌های $t_1 = 1 \text{ s}$ و $t_2 = 2 \text{ s}$

ب) سرعت زاویه‌ای آن را در لحظه‌ی $t_3 = 3 \text{ s}$ حساب کنید.

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = 2t^2 + 6t \\ t_1 = 1 \text{ s} \Rightarrow \theta_1 = 2 \times 1 + 6 \times 1 = 8 \text{ rad} \\ t_2 = 2 \text{ s} \Rightarrow \theta_2 = 2 \times 4 + 6 \times 2 = 20 \text{ rad} \end{array} \right\} \Rightarrow \bar{\omega} = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{20 - 8}{2 - 1} = 12 \text{ rad/s} \quad \text{الف)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega = \frac{d}{dt} \theta = \frac{d}{dt} (2t^2 + 6t) = 4t + 6 \\ t_3 = 3 \text{ s} \end{array} \right\} \Rightarrow \omega = 4 \times 3 + 6 = 18 \text{ rad/s} \quad \text{ب)}$$

تمرین ۲ - ۶ (صفحه ۵۹)

سرعت زاویه‌ای گردش ماه به دور زمین را محاسبه کنید (دوره‌ی گردش ماه به دور زمین را ۲۹ روز و حرکت آن را دایره‌ای یکنواخت فرض کنید).

$$T = 29 \text{ day} \xrightarrow{\text{تبدیل به}} s$$

$$T = 29 \times 24 \times 3600 \approx 2/5 \times 10^6 s$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{2/5 \times 10^6} = 8\pi \times 10^{-7} \text{ rad/s}$$

تمرین ۲ - ۷ (صفحه ۶۲)

طول عقربه‌های ساعت شمار، دقیقه شمار و ثانیه شمار یک ساعت دیواری به ترتیب ۱۲cm، ۱۲cm، ۸cm است. سرعت خطی نوک هر یک از عقربه‌های این ساعت را محاسبه کنید.

$$\begin{cases} r = 8 \text{ cm} = \frac{8}{100} = 0.08 \text{ m} \\ T = 12 \times 3600 = 43200 \text{ s} \end{cases} \Rightarrow v = r\omega = r \times \frac{2\pi}{T} = 0.08 \times \frac{2\pi}{43200} = 3/7\pi \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

ک ساعت شمار:

$$\begin{cases} r = 12 \text{ cm} = \frac{12}{100} = 0.12 \text{ m} \\ T = 3600 \text{ s} \end{cases} \Rightarrow v = r \times \frac{2\pi}{T} = 0.12 \times \frac{2\pi}{3600} = 6/6\pi \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

دقیقه شمار:

$$\begin{cases} r = 12 \text{ cm} = 0.12 \text{ m} \\ T = 60 \text{ s} \end{cases} \Rightarrow v = 0.12 \times \frac{2\pi}{60} = 4\pi \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

ثانیه شمار:

تمرین ۲ - ۸ (صفحه ۶۴)

شتاب مرکز گرای ماه به دور زمین را محاسبه کنید. فاصله‌ی ماه از زمین $4/8 \times 10^8 \text{ m}$ و دوره‌ی ماه را ۲۹ روز فرض کنید.

$$\begin{cases} r = 4/8 \times 10^8 \text{ m} \\ T = 29 \text{ day} = 29 \times 24 \times 3600 \approx 2/5 \times 10^6 \text{ s} \end{cases} \Rightarrow \text{چون } a = r\omega^2 = r \times \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$$

$$= 4/8 \times 10^8 \times \frac{4\pi^2}{2/5^2 \times 10^{12}} \Rightarrow a = 3\pi^2 \times 10^{-4} \text{ m/s}^2$$

تمرین ۲ - ۹ (صفحه ۶۶)

در هر یک از موارد زیر چه نیرویی مرکزگرا است؟

۱- در حرکت لباس‌هایی که در ماشین لباسشویی می‌چرخند.

۲- در چرخش الکترون به دور هسته.

۳- در گردش سیاره‌ها به دور خورشید.

ک ۱- نیروی عکس العمل سطح داخلی لگن ماشین لباسشویی، تامین کننده نیروی جانب مرکز حرکت دایره‌ای لباس‌ها می‌باشد.

۲- نیروی الکتریکی بین الکترون و پروتون‌های هسته تامین کننده نیروی جانب مرکز حرکت الکترون به دور هسته می‌باشد.

۳- نیروی گرانشی بین خورشید و سیاره تامین کننده نیروی جانب مرکز حرکت سیاره به دور خورشید می‌باشد.

تمرین ۲ - ۱۰ (صفحه ۶۷)

در پیچ جاده‌ای حداکثر سرعت مجاز را $40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ نوشته‌اند، اگر شعاع انحنای این پیچ 50 m باشد، زاویه‌ی شیب عرضی جاده را با افق محاسبه کنید.
 کج طبق فرمول بدست آمده در مثال (۲-۱۳):

$$\left\{ \begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{V^2}{rg} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{(11/1)^2}{50 \times 10} = \frac{123/21}{500} \approx 0.247 \Rightarrow \alpha \approx 14^\circ \\ V &= 40 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{40}{3.6} = 11.1 \text{ m/s} \\ r &= 50 \text{ m} \end{aligned} \right.$$

تمرین ۲ - ۱۱ (صفحه ۷۳)

دوره‌ی حرکت پلوتو چند برابر دوره‌ی تیر است؟

$$\left(\frac{T_p}{T_t} \right)^2 = \left(\frac{r_p}{r_t} \right)^3 \Rightarrow \frac{T_p}{T_t} = \left(\frac{5/9 \times 10^{12}}{5/79 \times 10^{10}} \right)^{3/2} \Rightarrow \frac{T_p}{T_t} \approx \frac{205/37 \times 10^{36}}{194/10 \times 10^{30}}$$

$$\frac{T_p}{T_t} \approx 1/0.58 \times 10^6 \Rightarrow T_p \approx 1/0.29 \times 10^3 T_t$$

T_p : دوره حرکت پلوتو

T_t : دوره حرکت تیر

تمرین‌های فصل دوم (صفحه ۷۳)

۱- براساس قانون سوم نیوتن، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

الف) نیروهای وارد بر یک شخص، هنگامی که جسمی را هل می‌دهد، و همچنین نیروهای وارد بر جسم چگونه است؟

ب) نقش نیروهای مختلف در هنگام راه رفتن ما بر روی زمین چگونه است؟

به شخص نیز ۳ نیرو وارد می‌شود:

کج الف) به جسم ۳ نیرو وارد می‌شود:

نیروی وزن شخص w

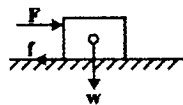
نیروی وزن جسم w

F نیرویی که جسم به شخص وارد می‌کند

F نیرویی که شخص به جسم وارد می‌کند

F'' نیرویی که از طرف سطح زمین رو به جلو به شخص وارد می‌شود

f_k اصطکاک لغزشی در مقابل حرکت



شخص نیز دو نیرو وارد می‌کند:

۱- نیرویی رو به عقب به سطح زمین که باعث جلو رفتن او می‌شود.

۲- نیروی وارده به جسم

ب) هنگام راه رفتن فرد با پاهای خود زمین را به عقب هل می‌دهد. زمین نیز نیرویی رو به جلو به پاهای فرد وارد می‌کند.

۲- به جسمی به جرم 100 kg نیروی ثابت F در راستای قائم به طرف بالا وارد می‌شود. جسم از حال سکون با شتاب 5 m/s^2 به طرف بالا حرکت می‌کند و پس از 2 s نیروی F حذف می‌شود. الف) مقدار نیروی F را تعیین کنید.

ب) جسم تا چه ارتفاعی بالا می‌رود؟ $g = 10 \text{ m/s}^2$ (از مقاومت هوا چشم‌پوشی کنید).

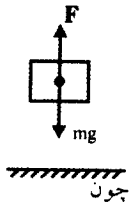
الف) نیروهای وارده به جسم در راستای قائم‌اند بنابراین:

$$F = 100 \times (10 + 5) = 1500 \text{ N}$$

ب) حرکت متحرک ۲ مرحله‌ای است:

۱- قبل از حذف نیروی F که حرکت با شتاب 5 m/s^2 بوده است (رو به بالا)

۲- بعد از حذف نیروی F که حرکت با شتاب g ، رو به بالا و کندشونده بوده است.



$$\begin{cases} a = 5 \text{ m/s}^2 \\ V_0 = 0 \Rightarrow y_1 = \frac{1}{2} at^2 + V_0 t \Rightarrow y_1 = \frac{1}{2} \times 5 \times 2^2 + 0 = 1000 \text{ m} \\ t = 2 \text{ s} \end{cases} \quad \text{مرحله ۱:}$$

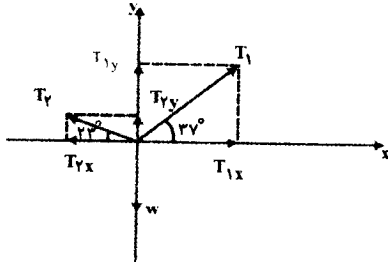
$$V = at + V_0 \Rightarrow V = 5 \times 2 + 0 = 1000 \text{ m/s} \Rightarrow \begin{cases} \text{سرعت نهایی مرحله ۱} \\ \text{و سرعت اولیه مرحله ۲} \end{cases}$$

$$\begin{cases} a = -g = -10 \text{ m/s}^2 \\ V_0 = 1000 \text{ m/s} \Rightarrow V^2 - V_0^2 = -2gy \Rightarrow V = 0 \end{cases} \quad \text{مرحله ۲:}$$

$$0 - 1000^2 = -2 \times 10 \times y \Rightarrow y = 5000 \text{ m}$$

$$\text{حداکثر ارتفاع} = y_1 + y_2 = 1000 + 5000 = 1500 \text{ m}$$

۳- یک بازیگر سیرک به وزن 600 N روی طنابی مطابق شکل ۲-۲۶ ص ۷۱، در حال تعادل است. نیروهای کشش طناب را محاسبه کنید.



$$\cos 37^\circ \approx 0.8 \quad \cos 23^\circ \approx 0.9$$

$$\sin 37^\circ \approx 0.6 \quad \sin 23^\circ \approx 0.4$$

W وزن شخص

T_1 و T_2 کشش طناب

مؤلفه‌های T_1 و T_2 را روی محورهای مختصات مشخص می‌کنیم.

$$\begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T_{1x} - T_{2x} = 0 \\ T_{1y} + T_{2y} - W = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T_1 \cos 37^\circ - T_2 \cos 23^\circ = 0 \\ T_1 \sin 37^\circ + T_2 \sin 23^\circ - 600 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0.8T_1 - 0.9T_2 = 0 \\ 0.6T_1 + 0.4T_2 - 600 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 8T_1 - 9T_2 = 0 \\ 6T_1 + 4T_2 = 600 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -4/8T_1 + 5/4T_2 = 0 \\ 4/8T_1 + 3/2T_2 - 480 = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow 8/6T_2 = 480 \Rightarrow T_2 = \frac{480 \times 6}{8} = 360 \text{ N}$$

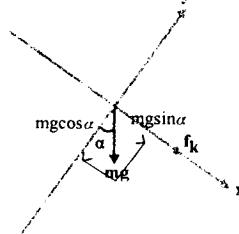
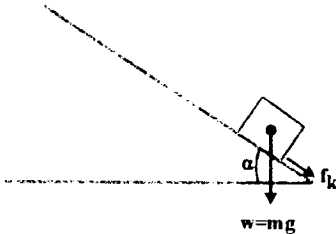
$$0.8T_1 - 0.9 \times 360 = 0 \Rightarrow T_1 = \frac{0.9 \times 360}{0.8} = 324 \text{ N}$$

۴- جسمی را با سرعت اولیه ی V در امتداد سطح شیب داری که با افق زاویه ی α می سازد به بالا پرتاب می کنیم. ضریب اصطکاک جنبشی جسم و سطح را μ_k بگیرید:

الف) این جسم تا چه مسافتی روی سطح شیب دار بالا می رود؟ (برحسب V ، α و μ_k)

ب) اگر جسم دوباره به پایین حرکت کند، سرعت آن را هنگام رسیدن به پایین سطح شیب دار برحسب V ، α و μ_k محاسبه کنید.

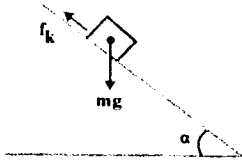
ک (الف) هنگام بالا رفتن



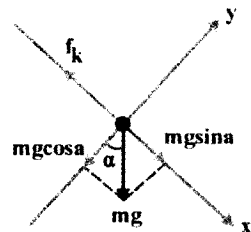
$$\text{حداکثر مسافتی که بالا می رود} \quad V = 0 \quad \Rightarrow \quad \sum F_x = ma_x \Rightarrow \begin{cases} mgsin\alpha + f_k = ma \\ f_k = \mu_k N = \mu_k mgcos\alpha \end{cases} \Rightarrow mgsin\alpha + \mu_k mgcos\alpha = ma \Rightarrow$$

$$m \text{ حذف} \Rightarrow a = g(\sin\alpha + \mu_k \cos\alpha)$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow V^2 - V_0^2 &= -2ax \Rightarrow V^2 = -2(g(\sin\alpha + \mu_k \cos\alpha))x \Rightarrow x = \frac{V_0^2}{2g(\sin\alpha + \mu_k \cos\alpha)} \\ -V_0^2 &= -2(g(\sin\alpha + \mu_k \cos\alpha))x \Rightarrow x = \frac{V_0^2}{2g(\sin\alpha + \mu_k \cos\alpha)} \end{aligned}$$



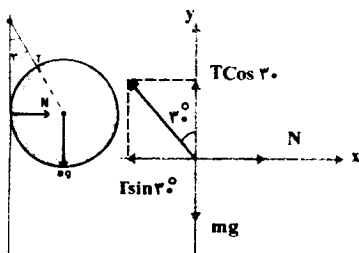
ب) هنگام پائین آمدن: $\sum F_x = ma_x \Rightarrow mgsin\alpha - f_k = ma$
 $mgsin\alpha - \mu_k mgcos\alpha = ma \Rightarrow a = g(\sin\alpha - \mu_k \cos\alpha)$



شروع به حرکت رو به پایین: $V_1 = 0$

$$x = \frac{V_0^2}{2g(\sin\alpha + \mu_k \cos\alpha)}$$

$$V^2 - V_0^2 = 2ax \Rightarrow V^2 = 2g(\sin\alpha - \mu_k \cos\alpha) \left[\frac{V_0^2}{2g(\sin\alpha + \mu_k \cos\alpha)} \right] \Rightarrow V = V_0 \sqrt{\frac{\sin\alpha - \mu_k \cos\alpha}{\sin\alpha + \mu_k \cos\alpha}}$$



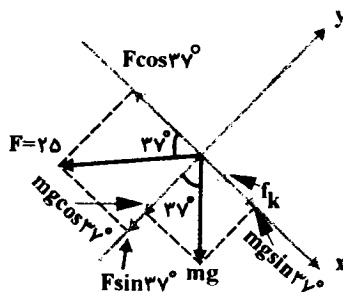
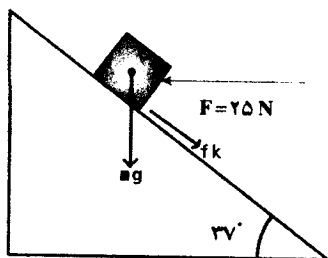
۵- کره ای به جرم 20 kg را، مطابق شکل ۲-۲۷ ص ۷۲، به وسیله ی کابلی به دیوار قائم و بدون اصطکاک آویزان می کنیم. نیروی کشش کابل و واکنش دیوار را محاسبه کنید.

ک ۳ نیروی وزن - کشش کابل و نیروی عمودی از طرف سطح به جسم وارد می شود.

$$\begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} N - T \sin 37^\circ = 0 \\ T \cos 37^\circ - mg = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} N - \frac{T}{2} = 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} T - 200 = 0 \end{cases} \Rightarrow T = \frac{200 \times 2}{\sqrt{3}} = \frac{400\sqrt{3}}{3} \text{ N}$$

$$N - \frac{400\sqrt{3}}{2} = 0 \Rightarrow N = \frac{200\sqrt{3}}{3} \text{ N}$$

۶- جسمی به جرم 2 kg روی سطح شیب داری با زاویه 37° درجه نسبت به افق، توسط نیروی افقی $F = 25 \text{ N}$ مطابق شکل ۲-۲۸ ص ۷۲ به بالا رانده می شود. ضریب اصطکاک جنبشی جسم با سطح 0.2 است. شتاب حرکت را محاسبه کنید.



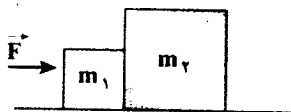
$$\begin{aligned} \sin 37^\circ &\approx 0.6 \\ \cos 37^\circ &\approx 0.8 \end{aligned}$$

$$\sum F = ma \Rightarrow \begin{cases} F \cos \alpha - mg \sin 37^\circ - f_k = ma \\ f_k = \mu_k N = \mu_k (F \sin 37^\circ + mg \cos 37^\circ) \end{cases} \Rightarrow$$

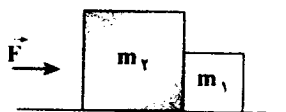
$$F \cos \alpha - mg \sin 37^\circ - \mu_k (F \sin 37^\circ + mg \cos 37^\circ) = ma$$

$$\Rightarrow 25 \times 0.8 - 20 \times 0.6 - 0.2(25 \times 0.6 + 20 \times 0.8) = 2a \Rightarrow a = 0.9 \text{ m/s}^2$$

۷- دو جسم به جرم های $m_1 = 1 \text{ kg}$ و $m_2 = 2 \text{ kg}$ مطابق شکل ۲-۲۹ روی سطح افقی صافی قرار دارند. نیروی افقی F باعث می شود که دو جسم با شتاب 3 m/s^2 به حرکت درآیند. اندازه ی نیروی F و نیروی تماسی ای که دو جسم بر یکدیگر وارد می کنند را در هر یک از دو شکل «الف» و «ب» محاسبه کنید.



(ب)



(الف)

$$F = (m_1 + m_2)a$$

$$F = (1 + 2) \times 3$$

$$F = 9 \text{ N}$$

شکل الف:

$$F - F_1 = m_2 a$$

$$9 - F_1 = 2 \times 3$$

$$F_1 = 3 \text{ N}$$



$$F_1 = 3 \text{ N}$$

$$F - F_2 = m_1 a$$

$$9 - F_2 = 1 \times 3$$

$$F_2 = 6 \text{ N}$$



شکل ب: مشابه شکل الف

۸- کتابی را مانند شکل ۲-۳، ص ۷۳ به دیوار فشرده و ثابت نگه داشته‌ایم.

الف) آیا نیروی اصطکاک با نیروی وزن برابر است؟ چرا؟

ب) اگر کتاب را بیش تر به دیوار بفشاریم آیا نیروی اصطکاک تغییر می‌کند؟ با این کار چه

نیروی افزایش می‌یابد؟

کتاب الف) بله، در حالی که کتاب ساکن است برآیند نیروهای وارده بر آن صفر است. بنابراین:

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow f_s - mg = 0 \Rightarrow f_s = mg$$

ب) خیر. چون کتاب باز هم ساکن است و تعادل برقرار است.

فقط نیرویی که از طرف کتاب به دستان ما وارد می‌شود افزایش می‌یابد.

۹- از یک لوله‌ی آتش نشانی آب با آهنگ 5 kg/s با سرعت 5 m/s به دیوار مقابل برخورد می‌کند. نیروی متوسط

وارد بر دیوار توسط آب را حساب کنید. (از برگشت آب از روی دیوار چشم پوشی کنید).

$$\Delta V = 5 \text{ m/s}$$

$$\left\{ \begin{aligned} F &= \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m(\Delta V)}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{m}{\Delta t} \times \Delta V = 5 \times 5 = 25 \text{ N} \\ \frac{m}{\Delta t} &= 5 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \end{aligned} \right.$$



۱۰- پره‌های یک بالگرد (هلیکوپتر) در هر دقیقه ۹۰۰ دور می‌گردد. کمیت‌های زیر را برای پره‌ها محاسبه کنید.

الف) دوره، بسامد و سرعت زاویه‌ای؛

ب) سرعت خطی و شتاب مرکز گرای نقطه‌ای که فاصله‌ی آن از محور دوران ۳m است.

$$\left\{ \begin{aligned} v &= \frac{n}{t} = \frac{900}{60} = 15 \text{ Hz} \\ T &= \frac{1}{v} = \frac{1}{15} \text{ s} \end{aligned} \right. \Rightarrow \omega = 2\pi v = 2\pi \times 15 = 30\pi \text{ rad/s}$$

$$\left\{ \begin{aligned} r &= 3 \text{ m} \\ V &= r\omega = 3 \times 30\pi = 90\pi \text{ m/s} \\ a &= r\omega^2 = 3 \times (30\pi)^2 = 2700\pi^2 \text{ m/s}^2 \end{aligned} \right.$$

(ب)

۱۱- یک ماهواره در چه فاصله‌ای از مرکز زمین باید قرار گیرد تا همواره در یک نقطه در بالای خط استوا باشد؟

جرم زمین $M_e = 5/98 \times 10^{24} \text{ kg}$ و $G = 6/67 \times 10^{-11} \frac{\text{N.m}^2}{\text{kg}^2}$

که شرط بالا بودن از خط استوا: $(T = 24\text{h} = 86400\text{s} = \text{دوره‌ی زمین} = \text{دوره‌ی ماهواره})$

$$W = F \Rightarrow \frac{GM_em}{r^2} = m\omega^2 r \Rightarrow \begin{cases} r^3 = \frac{GM_e}{\omega^2} \Rightarrow r^3 = \frac{GMT^2}{4\pi^2} \\ \omega = \frac{2\pi}{T} \end{cases}$$

$$\Rightarrow r^3 = \frac{6/67 \times 10^{-11} \times 5/98 \times 10^{24} \times (86400)^2}{4 \times (3/14)^2} \Rightarrow r = 4/2 \times 10^7 \text{ m}$$

۱۲- برای این که خودرویی بتواند در پیچ جاده‌ای به شعاع 120m در شرایطی که اصطکاک در عرض جاده ناچیز

است با سرعت $54 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ حرکت کند، شیب عرضی جاده چه قدر باید باشد؟

$$\begin{aligned} V &= 54 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{54}{3/6} = 15 \text{ m/s} \\ \tan \alpha &= \frac{V^2}{rg} = \frac{15^2}{120 \times 10} = \frac{225}{1200} \approx 0/188 \Rightarrow \alpha \approx 11^\circ \end{aligned}$$

۱۳- ماهواره‌ای روی مدار دایره‌ای به دور زمین می‌گردد. اگر جرم ماهواره $m = 250 \text{ kg}$ ، جرم زمین

$M_e = 5/98 \times 10^{24} \text{ kg}$ ، ثابت جهانی گرانش $G = 6/67 \times 10^{-11} \frac{\text{N.m}^2}{\text{kg}^2}$ ، فاصله‌ی ماهواره از سطح زمین

2600 km و شعاع زمین 6400 km باشد، کمیت‌های زیر را محاسبه کنید:

الف) نیروی گرانش بین ماهواره و زمین (ب) سرعت ماهواره (پ) دوره‌ی گردش ماهواره

$$F = \frac{GM_em}{(R_e+h)^2} = \frac{6/67 \times 10^{-11} \times 5/98 \times 10^{24} \times 250}{(6/4 \times 10^6 + 2/6 \times 10^6)^2} = 1231 \text{ N} \quad (\text{که الف})$$

$$\begin{cases} F = m \frac{V^2}{(R_e+h)} \Rightarrow 1231 = \frac{250 \times V^2}{9 \times 10^6} \Rightarrow V = 6/65 \times 10^3 \text{ m/s} \\ F = 1231 \text{ N} \end{cases} \quad (\text{ب})$$

$$\begin{cases} V = r\omega = (R_e+h) \times \frac{2\pi}{T} \Rightarrow 6/65 \times 10^3 = 9 \times 10^6 \times \frac{2 \times 3/14}{T} \\ V = 6/65 \times 10^3 \text{ m/s} \end{cases} \Rightarrow T = \frac{18 \times 3/14 \times 10^6}{6/65 \times 10^3} = 7/49 \times 10^3 \text{ s}$$

حرکت نوسانی

فصل سوم

فعالیت ۳ - ۱ (صفحه‌ی ۷۹)

دیدیم در لحظه‌ای که فنر بیش‌ترین فشردگی را پیدا می‌کند سرعت نوسانگر به صفر می‌رسد. اکنون باتوجه به شکل‌های ۳-۳ - ج تا خ نیروی وارد بر نوسانگر و همچنین مکان، سرعت و شتاب نوسانگر را پس از لحظه‌ی

مذکور بررسی کنید.

۱۱- یک ماهواره در چه فاصله‌ای از مرکز زمین باید قرار گیرد تا همواره در یک نقطه در بالای خط استوا باشد؟

جرم زمین $M_e = 5/98 \times 10^{24} \text{ kg}$ و $G = 6/67 \times 10^{-11} \frac{\text{N.m}^2}{\text{kg}^2}$

که شرط بالا بودن از خط استوا: $(T = 24\text{h} = 86400\text{s} = \text{دوره‌ی زمین} = \text{دوره‌ی ماهواره})$

$$W = F \Rightarrow \frac{GM_em}{r^2} = m r \omega^2 \Rightarrow \begin{cases} r^3 = \frac{GM_e}{\omega^2} \Rightarrow r^3 = \frac{GMT^2}{4\pi^2} \\ \omega = \frac{2\pi}{T} \end{cases}$$

$$\Rightarrow r^3 = \frac{6/67 \times 10^{-11} \times 5/98 \times 10^{24} \times (86400)^2}{4 \times (3/14)^2} \Rightarrow r = 4/2 \times 10^7 \text{ m}$$

۱۲- برای این که خودرویی بتواند در پیچ جاده‌ای به شعاع 120m در شرایطی که اصطکاک در عرض جاده ناچیز

است با سرعت $54 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ حرکت کند، شیب عرضی جاده چه قدر باید باشد؟

$$\begin{aligned} V &= 54 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{54}{3/6} = 15 \text{ m/s} \\ \tan \alpha &= \frac{V^2}{rg} = \frac{15^2}{120 \times 10} = \frac{225}{1200} \approx 0/188 \Rightarrow \alpha \approx 11^\circ \end{aligned}$$

۱۳- ماهواره‌ای روی مدار دایره‌ای به دور زمین می‌گردد. اگر جرم ماهواره $m = 250 \text{ kg}$ ، جرم زمین

$M_e = 5/98 \times 10^{24} \text{ kg}$ ، ثابت جهانی گرانش $G = 6/67 \times 10^{-11} \frac{\text{N.m}^2}{\text{kg}^2}$ ، فاصله‌ی ماهواره از سطح زمین

2600 km و شعاع زمین 6400 km باشد، کمیت‌های زیر را محاسبه کنید:

الف) نیروی گرانش بین ماهواره و زمین ب) سرعت ماهواره پ) دوره‌ی گردش ماهواره

$$F = \frac{GM_em}{(R_e+h)^2} = \frac{6/67 \times 10^{-11} \times 5/98 \times 10^{24} \times 250}{(6/4 \times 10^6 + 2/6 \times 10^6)^2} = 1231 \text{ N} \quad \text{که الف)}$$

$$\begin{cases} F = m \frac{V^2}{(R_e+h)} \Rightarrow 1231 = \frac{250 \times V^2}{9 \times 10^6} \Rightarrow V = 6/65 \times 10^3 \text{ m/s} \\ F = 1231 \text{ N} \end{cases} \quad \text{ب)}$$

$$\begin{cases} V = r\omega = (R_e+h) \times \frac{2\pi}{T} \Rightarrow 6/65 \times 10^3 = 9 \times 10^6 \times \frac{2 \times 3/14}{T} \\ V = 6/65 \times 10^3 \text{ m/s} \end{cases} \Rightarrow T = \frac{18 \times 3/14 \times 10^6}{6/65 \times 10^3} = 8/49 \times 10^3 \text{ s}$$

حرکت نوسانی

فصل سوم

فعالیت ۳ - ۱ (صفحه‌ی ۷۹)

دیدیم در لحظه‌ای که فنر بیش‌ترین فشردگی را پیدا می‌کند سرعت نوسانگر به صفر می‌رسد. اکنون باتوجه به شکل‌های ۳-۳ - ج تا خ نیروی وارد بر نوسانگر و همچنین مکان، سرعت و شتاب نوسانگر را پس از لحظه‌ی

مذکور بررسی کنید.

شرح	نوع حرکت	شتاب	سرعت	مکان	نیرو	کمیت / مرحله
چون سرعت و شتاب هم علامت هستند	تندشونده	مثبت	مثبت در جهت + محور x ها	منفی سمت چپ مبدأ	مثبت در جهت + محور x ها	ج
————	————	صفر	Max و در جهت +	صفر روی مبدأ	صفر	چ
چون سرعت و شتاب غیر هم علامت هستند	کندشونده	منفی	مثبت	مثبت سمت راست مبدأ	منفی در جهت - محور x ها	ح
————	————	منفی و Max	صفر	مثبت x=A (حداکثر فاصله)	منفی و Max در جهت - محور x ها	خ

تمرین ۳ - ۱ (صفحه ۸۸)

الف) به کمک رابطه‌های ۳-۴ و ۳-۱۰ کتاب درسی نشان دهید که $V = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$ است.

ب) به کمک رابطه‌ی اخیر معلوم کنید که در چه مکانی سرعت نوسانگر صفر و یا بیشینه است؟

(الف)

$$x = A \sin(\omega t + \phi_0)$$

$$V = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} x = \frac{d}{dt} (A \sin(\omega t + \phi_0)) = A \omega \cos(\omega t + \phi_0) \Rightarrow$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{x}{A} = \sin(\omega t + \phi_0) \\ \frac{V}{A\omega} = \cos(\omega t + \phi_0) \end{array} \right. \xrightarrow{\text{طرفین به توان ۲}} \left\{ \begin{array}{l} \frac{x^2}{A^2} = \sin^2(\omega t + \phi_0) \\ \frac{V^2}{A^2 \omega^2} = \cos^2(\omega t + \phi_0) \end{array} \right. \xrightarrow{\text{طرفین تساوی با هم جمع می‌شوند}}$$

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{V^2}{A^2 \omega^2} = \sin^2(\omega t + \phi_0) + \cos^2(\omega t + \phi_0) \Rightarrow \text{طرف چپ} = 1$$

$$\Rightarrow \frac{x^2}{A^2} + \frac{V^2}{A^2 \omega^2} = 1 \Rightarrow \frac{\omega^2 x^2 + V^2}{A^2 \omega^2} = 1 \Rightarrow \omega^2 x^2 + V^2 = A^2 \omega^2 \Rightarrow$$

$$V^2 = A^2 \omega^2 - \omega^2 x^2 \Rightarrow V^2 = \omega^2 (A^2 - x^2) \Rightarrow V = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V = 0 \\ x = ? \end{array} \right. \Rightarrow 0 = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2} \Rightarrow A^2 - x^2 = 0 \Rightarrow x = \pm A$$

$$V = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$$

(ب)

$$\left\{ \begin{array}{l} V = V_{\max} = A\omega \\ x = ? \end{array} \right. \Rightarrow V = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2} \Rightarrow A\omega = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2} \Rightarrow A^2 = A^2 - x^2 \Rightarrow x = 0$$

تمرین ۳ - ۲ (صفحه ۹۱)

الف) رابطه‌ی انرژی جنبشی نوسانگر ساده را برحسب مکان نوسانگر (x) به دست آورید و با استفاده از آن و همچنین رابطه‌ی انرژی پتانسیل نوسانگر نشان دهید که انرژی مکانیکی آن به مکان بستگی ندارد.

(ب) با استفاده از رابطه‌ای که به دست آوردید، مشخص کنید که در چه مکانی انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی نوسانگر صفر و یا بیشینه است. الف

$$\left\{ \begin{array}{l} K = \frac{1}{2} m V^2 \\ V = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2} \end{array} \right. \Rightarrow K = \frac{1}{2} m \omega^2 (A^2 - x^2) \quad (I)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} U_e = \frac{1}{2} k x^2 \\ \omega^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow k = m \omega^2 \end{array} \right. \Rightarrow U_e = \frac{1}{2} m \omega^2 x^2 \quad (II)$$

$$(I), (II) \Rightarrow E = K + U_e \Rightarrow E = \frac{1}{2} m \omega^2 (A^2 - x^2) + \frac{1}{2} m \omega^2 x^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 - \cancel{\frac{1}{2} m \omega^2 x^2} + \cancel{\frac{1}{2} m \omega^2 x^2}$$

$$\Rightarrow E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$$

$$K = \frac{1}{2} m \omega^2 (A^2 - x^2)$$

(ب) در این مکانها انرژی جنبشی صفر است.

$$\left\{ \begin{array}{l} U_e = \frac{1}{2} m \omega^2 x^2 \\ k = 0 \end{array} \right. \Rightarrow 0 = \frac{1}{2} m \omega^2 (A^2 - x^2) \Rightarrow A^2 - x^2 = 0 \Rightarrow x = \pm A$$

$$\left\{ \begin{array}{l} U_e = \frac{1}{2} m \omega^2 x^2 \\ x = \pm A \end{array} \right. \Rightarrow U_e = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$$

که max است.

$$\left\{ \begin{array}{l} K = \frac{1}{2} m \omega^2 (A^2 - x^2) \\ \text{برای اینکه } k \text{ max باشد باید } x=0 \text{ مرکز نوسان باشد} \end{array} \right. \Rightarrow k = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$$

k_{Max}

$$\left\{ \begin{array}{l} U_e = \frac{1}{2} m \omega^2 x^2 \\ x=0 \end{array} \right. \Rightarrow U_e = 0$$

مرکز نوسان

تمرین ۳ - ۳ (صفحه ۹۲)

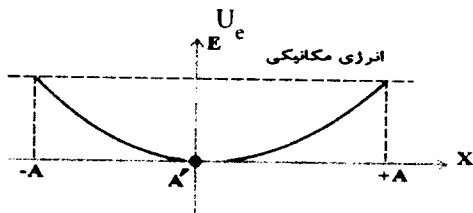
نمودار تغییرات U_e و K و E را نسبت به مکان برای یک دوره‌ی نوسانگر ساده رسم کنید.

$$\left\{ \begin{array}{l} U_e = \frac{1}{2} m \omega^2 x^2 \\ x=0 \end{array} \right. \Rightarrow U_e = 0$$

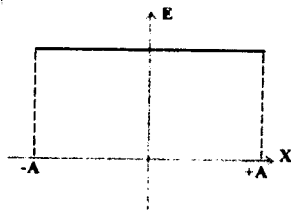
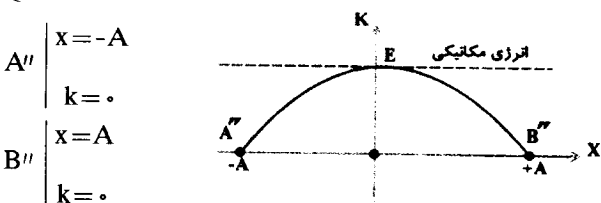
چون U_e نسبت به x درجه دوم است، سهمی است.

در $x = \pm A$ ، U_e بیشینه است.

$$A' \left\{ \begin{array}{l} x=0 \\ U_e=0 \end{array} \right.$$



$$\left\{ \begin{array}{l} K = \frac{1}{2} m \omega^2 (A^2 - x^2) \\ x = \pm A \end{array} \right. \Rightarrow K = 0$$



در غیاب نیروهای بازدارنده انرژی مکانیکی همواره ثابت است. در $x=0$ k بیشینه است.

فعالیت ۳ - ۲ (صفحه ۹۳)

فنر سبکی انتخاب کنید و با آویختن یک وزنه به آن ثابت نیروی فنر را اندازه‌گیری کنید. سپس با خارج کردن وزنه از وضع تعادل آن را به نوسان درآورید. دوره‌ی نوسان را یک بار با شمارش تعداد نوسان‌ها در یک زمان معین و



بار دیگر با استفاده از رابطه‌ی $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ محاسبه نموده و نتایج حاصل را با یکدیگر مقایسه کنید. روش کار گروه و نتیجه‌ی آن را به کلاس گزارش کنید. $\frac{1}{100}$ گرمی را توسط فنری آویزان می‌کنیم و تغییر طول فنر (تفاضل طول ثانویه و اولیه فنر) را اندازه می‌گیریم.

$$\begin{cases} F = mg = 0.1 \times 10 = 1\text{N} \\ m = 100\text{g} = \frac{100}{1000} = 0.1\text{kg} \\ \Delta y = 0.04\text{m} = 4\text{cm} \end{cases} \quad F = k\Delta y \Rightarrow 1 = k \times 0.04 \Rightarrow k = 25\text{N/m}$$

حال فنر را از حال تعادل خارج کرده و رها می‌کنیم و تعداد نوسان در 30° ثانیه را بدست می‌آوریم. مثلاً در 30° ثانیه، 60 نوسان انجام شده است.

$$\begin{cases} n = 60 \\ t = 30\text{s} \\ T = \frac{t}{n} = \frac{30}{60} = 0.5\text{s} \end{cases} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \approx 0.5\text{s} \quad \text{داریم: } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

نتیجه: $T \propto \sqrt{\frac{1}{k}}$

فعالیت ۳ - ۳ (صفحه ۹۶)

۱- به کمک یک گلوله و قطعه نخ به طول 40cm آونگ ساده‌ای بسازید و دوره‌ی آن را به ترتیب با زاویه‌های انحراف 4° ، 6° و 20° درجه اندازه بگیرید.

۲- گلوله‌ی آونگی را که ساخته‌اید به ترتیب با چند گلوله دیگر تعویض کنید. سپس دوره‌ی هر یک را با زاویه‌ی انحراف 6° درجه اندازه بگیرید.

۳- طول آونگ‌هایی را که ساخته‌اید تغییر دهید و دوره‌ی نوسان آن‌ها را با زاویه‌ی انحراف 6° درجه اندازه بگیرید. نتیجه‌ی فعالیت گروه را در کلاس به بحث بگذارید.

ک ۱- برای زوایای $\alpha \leq 60^\circ$ حرکت آونگ نوسانی ساده است بنابراین:

$$\text{روش اول: } \begin{cases} T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{0.4}{10}} = 2\pi \times \frac{2}{10} = 1/25\text{s} \\ L = 40\text{cm} = \frac{40}{100} = 0.4\text{m} \end{cases}$$

از طریق شمارش نوسان در مدت زمان

$$T = \frac{t}{n} \quad \text{معنی و رابطه}$$

برای زوایای $\alpha > 60^\circ$ رابطه $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ صادق نیست و فقط می‌توان از رابطه $T = \frac{t}{n}$ و شمارش نوسان در زمان معین، دوره را بدست آورد.

۲- با تعویض گلوله آونگ در نتایج فوق تغییری حاصل نمی شود بنابراین زمان تناوب و شکل گلوله بستگی ندارد.

$$T \propto \sqrt{L} \quad \left| \quad T \propto \frac{1}{\sqrt{g}} \right. \quad \text{و به جرم. جنس}$$

$$\begin{cases} L = 250 \text{ cm} = \frac{250}{100} = 2.5 \text{ m} \\ T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{2.5}{10}} = 2\pi \times \frac{5}{10} = \pi \text{ s} \end{cases} \quad \begin{cases} L = 40 \text{ cm} = \frac{40}{100} = 0.4 \text{ m} \\ T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{0.4}{10}} = 2\pi \times \frac{2}{10} \Rightarrow T = 0.4\pi \text{ s} \end{cases}$$

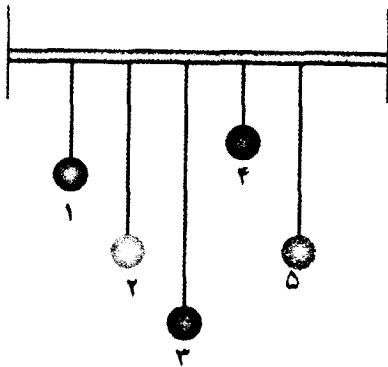
فعالیت ۳ - ۴ (صفحه ۹۶)

به کمک یک آونگ ساده شتاب گرانش را در محل سکونت خود اندازه گیری کنید. روش کار و نتیجه ای اندازه گیری را به کلاس گزارش کنید. کله آونگی به طول ۴۰ cm را از مکانی آویزان کرده و با زاویه $\alpha \leq 6^\circ$ به نوسان درآورده و تعداد نوسان در مثلاً ۹۰ ثانیه را بدست می آوریم.

$$\begin{cases} n = 72 \\ t = 90 \text{ s} \end{cases} \quad \begin{cases} L = 40 \text{ cm} = \frac{40}{100} = 0.4 \text{ m} \\ T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow 1/25 = 2\pi \sqrt{\frac{0.4}{g}} \Rightarrow \end{cases}$$

$$\frac{1/25^2}{4\pi^2} = \frac{0.4}{g} \Rightarrow g = \frac{0.4 \times 4\pi^2}{1/25^2} = \frac{15/15625}{1/5625} = 9/7 \text{ m/s}^2$$

فعالیت ۳ - ۵ (صفحه ۹۷)



مطابق شکل ۳-۱۴ به یک میله ای افقی آونگ های ساده ای با طول های متفاوت ولی جرم یکسان بیاویزید، به طوری که طول آونگ های شماره ۲ و ۵ با یکدیگر برابر باشد. اکنون آونگ شماره ۵ را از وضع تعادل خارج و آن را رها کنید. حرکت چهار آونگ دیگر را به دقت مشاهده و تجزیه و تحلیل کنید و نتیجه ای کار گروه را به کلاس گزارش دهید. کله چون طول آونگ های ۲ و ۵ برابر است دوره ی نوسان آنها یکسان است. و اگر آونگ شماره ۵ از وضع تعادل خارج و رها شود فقط آونگ شماره ۲ نوسان می کند. این آزمایش پدیده تشدید را در یک دستگاه نشان می دهد زیرا بسامد نیروی اعمال شده با بسامد نوسانگر یکسان بوده است.

پرسش ۳-۱ (صفحه ۹۸)

اگر نیروی اتلافی به نوسانگر وارد نشود، پیش بینی می کنید، در اثر تشدید، نوسانگر چگونه رفتار کند؟ کله اگر نیروی اتلافی در نوسانگر وجود نداشته باشد، نوسانگر با دامنه ثابت به حرکت نوسانی ادامه می دهد. اگر نیروی اتلافی در نوسانگر وجود نداشته باشد، و پدیده تشدید رخ دهد، دامنه حرکت رو به افزایش خواهد بود.

تمرین های فصل سوم (صفحه ۹۹)

۱- توضیح دهید در حرکت هماهنگ سادهی وزنه - فنر اگر دامنهی نوسان دو برابر شود چه تغییری در دوره، بیشینهی سرعت و انرژی مکانیکی نوسانگر ایجاد می شود؟ $\hookrightarrow$ باتوجه به رابطه $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ دورهی نوسان به دامنه بستگی ندارد بنابراین، دوره نوسان تغییری نمی کند. چون $V_m = A\omega$ بنابراین، بیشینهی سرعت دو برابر می شود. $(V_m \propto A)$. رابطه $E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$ نشان می دهد که $E \propto A^2$ یعنی با دو برابر شدن دامنه، انرژی مکانیکی، چهار برابر می شود.

۲- جهت سرعت و شتاب را در حرکت هماهنگ ساده، در دو حالت الف و ب، با هم مقایسه کنید و دربارهی نتیجهی این مقایسه توضیح دهید.

الف) نوسانگر به مبدأ نزدیک می شود. $\hookrightarrow$ در حرکت به سمت وضع تعادل بردارهای شتاب و سرعت هم علامت هستند و حرکت نوسانگر تندشونده است.

ب) نوسانگر از مبدأ دور می شود. $\hookrightarrow$ در حرکت دورشونده از مبدأ، بردارهای شتاب و سرعت هم علامت نیستند و حرکت کندشونده است.

۳- آیا در حرکت هماهنگ ساده اندازه و جهت نیروی بازگرداننده ثابت است؟ آیا امکان دارد این نیرو با بردار مکان جسم از مبدأ هم جهت باشد؟ توضیح دهید. $\hookrightarrow$ خیر. زیرا اندازه اش از صفر تا بیشینه تغییر می کند و جهت نیز به سمت نقطه تعادل است. بردار نیرو همواره مخالف جهت بردار جابجایی است زیرا:

$$\begin{cases} F = ma = m \frac{d^2 x}{dt^2} = m \frac{d}{dt} \left(\frac{dx}{dt} \right) \Rightarrow F = m \frac{d}{dt} (A\omega \cos \omega t) = -m A \omega^2 \sin \omega t = -m \omega^2 x \\ x = A \sin \omega t \end{cases}$$

علامت منفی نشان دهنده مخالف بودن جهت بردارهای نیرو و جابجایی است.

۴- اگر بیشینهی سرعت نوسانگر وزنه - فنری دو برابر شود، انرژی کل آن چند برابر می شود؟ $\hookrightarrow$ $E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \Rightarrow E = \frac{1}{2} m V_{\max}^2 \Rightarrow E \propto V_{\max}^2$ بنابراین با ۲ برابر شدن $V_{\max}$ انرژی کل چهار برابر می شود. $(E \propto 2^2)$

۵- در لحظه ای که انرژی جنبشی یک نوسانگر وزنه - فنر ۳ برابر انرژی پتانسیل آن است مکان نوسانگر چند برابر دامنهی نوسان آن است؟ سرعت و شتاب نوسانگر در این لحظه به ترتیب چند برابر بیشینهی سرعت و بیشینهی شتاب نوسانگر است؟ $\hookrightarrow$

$$\begin{cases} k = 3U_e \Rightarrow \frac{1}{2} m \omega^2 (A^2 - x^2) = 3 \times \left(\frac{1}{2} m \omega^2 x^2 \right) \Rightarrow A^2 - x^2 = 3x^2 \Rightarrow A^2 = 4x^2 \Rightarrow x = \pm \frac{A}{2} \\ x = ? A \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_{\max} = A\omega \\ V = ? V_m \\ a = ? a_m \end{cases} \quad \begin{cases} V = \omega \sqrt{A^2 - x^2} \Rightarrow \frac{V_{\max}}{V} = \frac{A}{\sqrt{A^2 - x^2}} \Rightarrow \frac{V_{\max}}{V} = \frac{A}{\sqrt{A^2 - \frac{A^2}{4}}} \\ x = \pm \frac{A}{2} \end{cases}$$

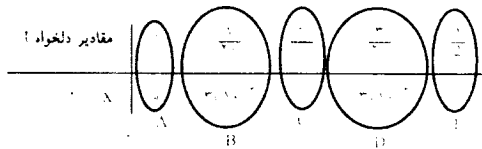
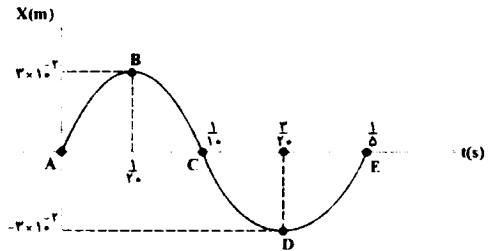
$$\Rightarrow \frac{V_{\max}}{V} = \frac{A}{A \sqrt{\frac{4}{4} - \frac{1}{4}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{3}{4}}} \Rightarrow V = \frac{\sqrt{3}}{2} V_{\max}$$

$$\begin{cases} a = \omega^2 x \\ a_{\max} = \omega^2 A \\ x = \pm \frac{A}{2} \end{cases} \quad \frac{a}{a_{\max}} = \frac{\omega^2 x}{\omega^2 A} = \frac{\frac{A}{2}}{A} = \frac{1}{2} \Rightarrow a = \frac{1}{2} a_{\max}$$

۶- دامنه‌ی نوسان یک حرکت هماهنگ ساده $3 \times 10^{-2} \text{ m}$ و بسامد آن ۵ هرتز است. معادله‌ی این حرکت را در دو حالت زیر بنویسید و در هر یک از دو حالت نمودار مکان - زمان را در یک دوره رسم کنید.

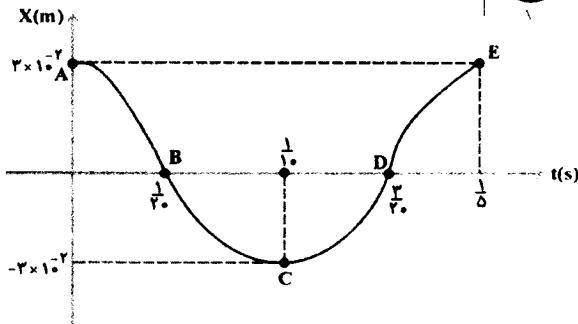
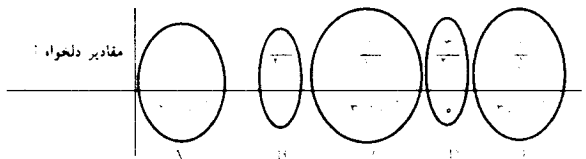
(الف) در لحظه‌ی صفر نوسانگر در مبدأ قرار دارد.
(ب) در لحظه‌ی صفر مکان نوسانگر $3 \times 10^{-2} \text{ m}$ است.

$$\left\{ \begin{array}{l} A = 3 \times 10^{-2} \text{ m} \quad \omega = 2\pi\nu \\ \nu = 5 \text{ Hz} \\ \phi_0 = 0 \\ x = A \sin(\omega t + \phi_0) \Rightarrow x = 3 \times 10^{-2} \sin(10\pi t + 0) \end{array} \right.$$



$$\left\{ \begin{array}{l} A = 3 \times 10^{-2} \text{ m} \\ \omega = 2\pi\nu = 10\pi \\ \nu = 5 \text{ Hz} \\ \left\{ \begin{array}{l} t = 0 \\ x_0 = 3 \times 10^{-2} \text{ m} \end{array} \right. \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} x = A \sin(\omega t + \phi_0) \Rightarrow 3 \times 10^{-2} = 3 \times 10^{-2} \sin(0 + \phi_0) \\ t = 0 \\ x_0 = 3 \times 10^{-2} \Rightarrow 1 = \sin \phi_0 \Rightarrow \phi_0 = \frac{\pi}{2} \end{array} \right. \quad (ب)$$

$$x = 3 \times 10^{-2} \sin(10\pi t + \frac{\pi}{2})$$



۷- وزنه‌ای به جرم m به دو فنر با ضریب ثابت k_1 و k_2 به دو روش مختلف که در شکل‌های ۳-۱۶ الف و ب نشان داده شده است بسته شده و روی سطح افقی دارای حرکت هماهنگ ساده است. نشان دهید که اگر از اصطکاک چشم‌پوشی کنید دوره‌ی نوسان‌های وزنه - فنر از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}} \quad (ب) \quad T = 2\pi \sqrt{m \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right)} \quad (الف)$$



الف



ب

$$\begin{cases} F_1 = k_1 x_1 \Rightarrow x_1 = \frac{F_1}{k_1} \\ F_2 = k_2 x_2 \Rightarrow x_2 = \frac{F_2}{k_2} \end{cases} \quad \begin{cases} \text{کل } x = x_1 + x_2 \Rightarrow \frac{F}{k} = \frac{F_1}{k_1} + \frac{F_2}{k_2} \\ F = F_1 = F_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \quad (\text{الف})$$

$$\text{چون } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{m \times \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right)}$$

$$\begin{cases} F_1 = k_1 x_1 \\ F_2 = k_2 x_2 \\ F = F_1 + F_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} F = kx = k_1 x_1 + k_2 x_2 \\ x = x_1 = x_2 \end{cases} \Rightarrow k = k_1 + k_2 \quad \begin{aligned} T &= 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \\ T &= 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}} \end{aligned} \quad (\text{ب})$$

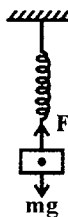
۸- وزنه‌ای را به انتهای فنر سبکی می‌آویزیم، طول فنر به اندازه‌ی d زیاد می‌شود. نشان دهید که اگر وزنه را از وضع تعادل خارج و رها کنیم دوره‌ی نوسان آن از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{d}{g}}$$

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow F - mg = 0 \Rightarrow kd - mg = 0$$

$$\Rightarrow kd = mg \Rightarrow \frac{m}{k} = \frac{d}{g}$$

$$\text{چون } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{d}{g}}$$



۹- وزنه‌ای به جرم $400g$ به فنر سبکی آویخته شده است. اگر وزنه را به اندازه‌ی $3cm$ از وضع تعادل خارج و رها کنیم با دوره‌ی $T = 0.628s$ به نوسان درمی‌آید. ($g = 10 \frac{m}{s^2}$)

(الف) ثابت فنر، اندازه و جهت سرعت نوسانگر را وقتی وزنه در $1/5$ سانتی متری بالای وضع تعادل قرار دارد و سرعت آن رو به افزایش است تعیین کنید.

(ب) انرژی پتانسیل کشسانی فنر را در حالت الف به دست آورید.

$$\begin{aligned} m &= 400g = \frac{400}{1000} = 0.4 \text{ kg} \\ T &= 0.628s \\ A &= 3cm = \frac{3}{100} = 0.03m \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \frac{4\pi^2}{(0.628)^2} = \frac{k}{0.4} \Rightarrow k = 4. \frac{N}{m} \quad (\text{الف})$$

$$\begin{aligned} x &= 1/5cm = \frac{1/5}{100} = 0.015m \\ \omega &= \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.628} = 10. \frac{rad}{s} \end{aligned}$$

$$V = \omega \sqrt{A^2 - x^2} \Rightarrow V = 10 \sqrt{(0/0.3)^2 - (0/0.15)^2} \Rightarrow$$

$$V = 10 \sqrt{9 \times 10^{-4} - 2/25 \times 10^{-4}} = 10 \sqrt{6/25 \times 10^{-4}} \Rightarrow v \approx 0/26 \text{ m/s}$$

جهت سرعت به طرف پایین و با علامت منفی است.

$$U_e = \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} \times 40 \times (0/0.15)^2 = 20 \times 2/25 \times 10^{-4} = 4/5 \times 10^{-3} \text{ J} \quad (\text{ب})$$

۱۰- فنر سبکی در امتداد قائم آویزان است. وزنه‌ای را به انتهای فنر می‌بندیم و آن را طوری نگه می‌داریم که طول فنر تغییر نکند. اگر در این حال وزنه را رها کنیم تا ۲۰ سانتی متر پایین رفته و برمی‌گردد و با حرکت هماهنگ ساده به نوسان ادامه می‌دهد. دامنه، دوره و سرعت آن را هنگام عبور از وضع تعادل محاسبه کنید.

$$2A = \Delta y \Rightarrow 2A = 20 \Rightarrow A = 10 \text{ cm} = \frac{10}{100} = 0/1 \text{ m}$$

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow F - mg = 0 \Rightarrow kA = mg \Rightarrow k \times 0/1 = m \times 10 \Rightarrow \frac{m}{k} = \frac{0/1}{10} = 10^{-2}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{10^{-2}} = 0/2\pi = 0/628 \text{ s}$$

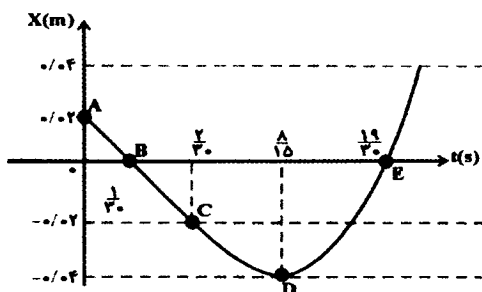
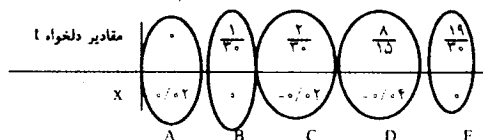
$$\begin{cases} V_{\max} = A\omega \\ A = 0/1 \text{ m} \\ T = 0/628 \text{ s} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_{\max} = A\omega = 0/1 \times \frac{2\pi}{0/628} = 1 \text{ m/s} \\ \omega = \frac{2\pi}{T} \end{cases}$$

۱۱- معادله‌ی حرکت هماهنگ ساده‌ای را بنویسید که دامنه‌ی آن ۴ cm و دوره‌ی آن ۰/۴ s و در لحظه‌ی صفر در ۲ سانتی‌متری مبدأ قرار دارد و سرعت آن منفی است. نمودار مکان - زمان این حرکت را در یک دوره رسم کنید.

$$\begin{cases} A = 4 \text{ cm} = 0/04 \text{ m} \\ T = 0/4 \text{ s} \\ x_0 = 0/02 \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_0 = 0/02, x = A \sin(\omega t + \phi_0) \\ t = 0 \end{cases} \Rightarrow 0/02 = 0/04 \sin(0 + \phi_0) \\ \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0/4} = 5\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} \Rightarrow \sin \phi_0 = \frac{1}{2} \Rightarrow \phi_0 = \frac{\pi}{6} \text{ یا } \frac{5\pi}{6}$$

چون سرعت منفی است (در $t = 0$) بنابراین، شروع حرکت در ربع دوم دایره مرجع است و فاز اولیه حرکت $\phi = \frac{5\pi}{6}$ است. بنابراین:

$$x = A \sin(\omega t + \phi_0) \Rightarrow x = 0/04 \sin(5\pi t + \frac{5\pi}{6}) \quad \text{معادله مکان - زمان}$$



۱۲- معادله‌ی نیروی وارد بر یک نوسانگر (وزنه - فنر) به جرم 0.5 kg که در امتداد قائم نوسان می‌کند در SI به صورت $F = -200y$ است. سرعت این نوسانگر هنگام عبور از وضع تعادل 10 m/s است. در لحظه‌ی صفر فاصله‌ی آن تا مبدأ $\frac{\sqrt{2}}{2}$ برابر دامنه و سرعت آن در جهت مثبت است. شتاب

حرکت را در لحظه‌ی $t = \frac{T}{4}$ حساب کنید (T دوره‌ی حرکت است).

$$\begin{cases} m = 0.5 \text{ kg} \\ F = -200y \\ V_{\max} = 10 \text{ m/s} \\ y_0 = \frac{\sqrt{2}}{2} A \end{cases} \quad \text{چون} \quad \begin{cases} F = -m\omega^2 y = -ky = -200y \Rightarrow m\omega^2 = 200 \Rightarrow \omega^2 = \frac{200}{0.5} \\ k = m\omega^2 \end{cases} \Rightarrow \omega^2 = 400 \Rightarrow \omega = 20 \text{ rad/s}$$

$$V_{\max} = A\omega \Rightarrow 10 = A \times 20 \Rightarrow A = 0.5 \text{ m}$$

$$\sin \phi_0 = \frac{y_0}{A} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2} A}{A} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \phi_0 = \frac{\pi}{4}$$

در لحظه $t=0$ مکان نوسانگر +
سرعت نوسانگر +
شروع حرکت در ربع اول است

$$\begin{cases} a = A\omega^2 \sin(\omega t + \phi_0) \\ t = \frac{T}{4} \end{cases} \Rightarrow a = 0.5 \times 400 \times \sin\left(20t + \frac{\pi}{4}\right) = 200 \times \sin\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{4}\right) = 200 \times \sin \frac{\pi}{2}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow 20 = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{\pi}{10} \text{ s}$$

$$\Rightarrow t = \frac{\pi}{40}$$

$$a = 200 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 100\sqrt{2} \text{ m/s}^2$$

۱۳- معادله‌ی حرکت هماهنگ ساده‌ی یک نوسانگر در SI به صورت $x = 0.05 \sin(20\pi t + \frac{2\pi}{3})$ است.

الف) در چه زمانی، پس از لحظه‌ی صفر، برای اولین بار سرعت نوسانگر به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسد؟
ب) در چه فاصله‌ای از مبدأ انرژی جنبشی نوسانگر برابر با انرژی پتانسیل آن خواهد شد؟

در فاز اولیه $\phi_0 = \frac{2\pi}{3}$ نوسانگر شروع به حرکت می‌کند.

$$x = 0.05 \sin(20\pi t + \frac{2\pi}{3})$$

$$V = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} (0.05 \sin(20\pi t + \frac{2\pi}{3})) = 0.05 \times 20\pi \cos(20\pi t + \frac{2\pi}{3})$$

$$\text{شرط max سرعت در } \cos(20\pi t + \frac{2\pi}{3}) = -1 = \cos \pi \Rightarrow 20\pi t + \frac{2\pi}{3} = \pi \Rightarrow 20t + \frac{2}{3} = 1$$

$$\Rightarrow 20t = 1 - \frac{2}{3} \Rightarrow 20t = \frac{1}{3} \Rightarrow t = \frac{1}{60} \text{ s}$$

اولین بار در ربع دوم

ب)

$$k = \frac{1}{2} m \omega^2 (A^2 - x^2) = \frac{1}{2} m \omega^2 x^2 = U_e \Rightarrow A^2 - x^2 = x^2 \Rightarrow A^2 = 2x^2 \Rightarrow x = \frac{A\sqrt{2}}{2} = 0.05 \times \frac{\sqrt{2}}{2}$$

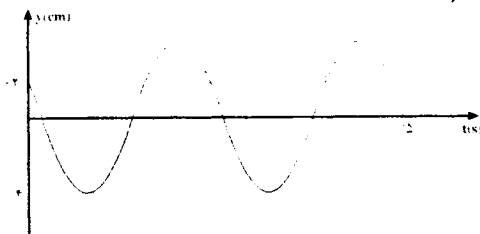
$$\Rightarrow x = 0.025\sqrt{2} \text{ m}$$

۱۴- نمودار مکان - زمان نوسانگر مطابق شکل

۱۷-۳ است:

الف) معادله‌های حرکت و سرعت و شتاب این نوسانگر را بنویسید.

ب) چه زمانی، پس از لحظه‌ی صفر، برای اولین بار، به ترتیب، سرعت و شتاب آن بیشینه می‌شود؟



$$\begin{aligned} t &= 0 \\ y_0 &= 2 \text{ cm} = 0.02 \text{ m} \Rightarrow \sin \phi_0 = \frac{y_0}{A} = \frac{0.02}{0.04} = 0.5 \Rightarrow \phi_0 = \frac{\pi}{6} \text{ یا } \frac{5\pi}{6} \quad (\text{الف}) \\ A &= 4 \text{ cm} = 0.04 \text{ m} \end{aligned}$$

غ ق ق چون نوسانگر از ربع دوم شروع به حرکت کرده است.

$$\frac{0.05}{T} = \frac{4\pi + \frac{\pi}{6}}{2\pi} \Rightarrow T = \frac{\pi}{\frac{25\pi}{6}} = \frac{6}{25} = 0.24 \text{ s}$$

نوسانگر در مدت ۰/۵ ثانیه، $(4\pi + \frac{\pi}{6})$ را طی کرده است.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.24} = \frac{25\pi}{3} \text{ rad/s}$$

$$y = A \sin(\omega t + \phi_0) \Rightarrow y = 0.04 \sin\left(\frac{25\pi}{3} t + \frac{5\pi}{6}\right) \quad \text{معادله حرکت:}$$

$$V = \frac{dy}{dt} = 0.04 \times \frac{25\pi}{3} \cos\left(\frac{25\pi}{3} t + \frac{5\pi}{6}\right) = \frac{\pi}{3} \cos\left(\frac{25\pi}{3} t + \frac{5\pi}{6}\right) \quad \text{معادله سرعت:}$$

$$a = -A\omega^2 \sin(\omega t + \phi_0) \Rightarrow a = -0.04 \times \frac{25^2 \pi^2}{9} \sin\left(\frac{25\pi}{3} t + \frac{5\pi}{6}\right)$$

$$a = -\frac{25\pi^2}{9} \sin\left(\frac{25\pi}{3} t + \frac{5\pi}{6}\right)$$

معادله شتاب:

$$\begin{cases} V = \frac{\pi}{3} \cos\left(\frac{25\pi}{3} t + \frac{5\pi}{6}\right) \end{cases} \quad (\text{ب})$$

$$\begin{cases} \text{شرط} \\ \text{سرعت} \end{cases} \cos\left(\frac{25\pi}{3} t + \frac{5\pi}{6}\right) = -1 \Rightarrow \frac{25\pi}{3} t + \frac{5\pi}{6} = \pi \Rightarrow \frac{25}{3} t + \frac{5}{6} = 1$$

$$\Rightarrow \frac{25}{3} t = \frac{1}{6} \Rightarrow t = \frac{1}{50} \text{ s}$$

$$\begin{cases} a = -\frac{25\pi^2}{9} \sin\left(\frac{25\pi}{3} t + \frac{5\pi}{6}\right) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{شرط} \\ \text{شتاب} \end{cases} \sin\left(\frac{25\pi}{3} t + \frac{5\pi}{6}\right) = \sin \frac{3\pi}{2} \Rightarrow \frac{25\pi}{3} t + \frac{5\pi}{6} = \frac{3\pi}{2} \Rightarrow \frac{25}{3} t = \frac{3}{2} - \frac{5}{6}$$

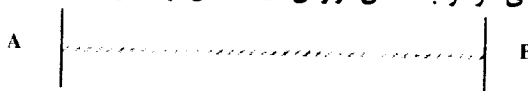
$$\Rightarrow t = \frac{4}{50} \text{ s}$$

موج های مکانیکی (۱)

فصل چهارم

فعالیت ۴ - ۱ (صفحه ۱۰۴)

طنابی را مطابق شکل ۴-۱ - الف، کشیده و بین دو نقطه‌ی A و B، محکم کنید. اکنون با دست جزیی از طناب را پایین بکشید و رها کنید (شکل ۴-۱ - ب). به این ترتیب تغییر شکلی در آن ایجاد می‌کنید. رفتار بعدی طناب را مشاهده و نتیجه‌ی مشاهده‌های خود را به کلاس گزارش کنید. همین آزمایش را با یک فنر تکرار کنید.



آشفتگی ایجاد شده، به علت وجود نیروی کشسانی بین نقاط طناب در طول طناب منتشر می‌شود. در فنر نیز با ایجاد آشفتگی، آشفتگی در طول فنر منتشر می‌شود.

$$\begin{aligned} t &= 0 \\ y_0 &= 2 \text{ cm} = 0.02 \text{ m} \Rightarrow \sin \phi_0 = \frac{y_0}{A} = \frac{0.02}{0.04} = 0.5 \Rightarrow \phi_0 = \frac{\pi}{6} \quad \text{یا} \quad \frac{5\pi}{6} \\ A &= 4 \text{ cm} = 0.04 \text{ m} \end{aligned}$$

غ ق ق چون نوسانگر از ربع دوم شروع به حرکت کرده است.

$$\frac{0.05}{T} = \frac{4\pi + \frac{\pi}{6}}{2\pi} \Rightarrow T = \frac{\pi}{\frac{25\pi}{6}} = \frac{6}{25} = 0.24 \text{ s}$$

نوسانگر در مدت ۰/۵ ثانیه، $(4\pi + \frac{\pi}{6})$ را طی کرده است.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.24} = \frac{25\pi}{3} \text{ rad/s}$$

$$y = A \sin(\omega t + \phi_0) \Rightarrow y = 0.04 \sin\left(\frac{25\pi}{3} t + \frac{\omega\pi}{6}\right) \quad \text{معادله حرکت:}$$

$$V = \frac{dy}{dt} = 0.04 \times \frac{25\pi}{3} \cos\left(\frac{25\pi}{3} t + \frac{\omega\pi}{6}\right) = \frac{\pi}{3} \cos\left(\frac{25\pi}{3} t + \frac{\omega\pi}{6}\right) \quad \text{معادله سرعت:}$$

$$a = -A\omega^2 \sin(\omega t + \phi_0) \Rightarrow a = -0.04 \times \frac{25^2 \pi^2}{9} \sin\left(\frac{25\pi}{3} t + \frac{\omega\pi}{6}\right)$$

$$a = -\frac{25\pi^2}{9} \sin\left(\frac{25\pi}{3} t + \frac{\omega\pi}{6}\right)$$

معادله شتاب:

$$\begin{cases} V = \frac{\pi}{3} \cos\left(\frac{25\pi}{3} t + \frac{\omega\pi}{6}\right) \end{cases} \quad \text{(ب)}$$

$$\begin{cases} \text{شرط} \\ \text{سرعت} \end{cases} \cos\left(\frac{25\pi}{3} t + \frac{\omega\pi}{6}\right) = -1 \Rightarrow \frac{25\pi}{3} t + \frac{\omega\pi}{6} = \pi \Rightarrow \frac{25}{3} t + \frac{5}{6} = 1$$

$$\Rightarrow \frac{25}{3} t = \frac{1}{6} \Rightarrow t = \frac{1}{50} \text{ s}$$

$$\begin{cases} a = -\frac{25\pi^2}{9} \sin\left(\frac{25\pi}{3} t + \frac{\omega\pi}{6}\right) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{شرط} \\ \text{شتاب} \end{cases} \sin\left(\frac{25\pi}{3} t + \frac{\omega\pi}{6}\right) = \sin \frac{3\pi}{2} \Rightarrow \frac{25\pi}{3} t + \frac{\omega\pi}{6} = \frac{3\pi}{2} \Rightarrow \frac{25}{3} t = \frac{3}{2} - \frac{5}{6}$$

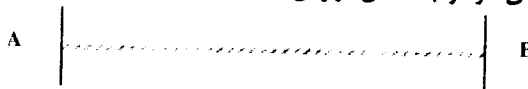
$$\Rightarrow t = \frac{4}{50} \text{ s}$$

موج های مکانیکی (۱)

فصل چهارم

فعالیت ۴ - ۱ (صفحه ۱۰۴)

طنابی را مطابق شکل ۴-۱ - الف، کشیده و بین دو نقطه‌ی A و B، محکم کنید. اکنون با دست جزیی از طناب را پایین بکشید و رها کنید (شکل ۴-۱ - ب). به این ترتیب تغییر شکلی در آن ایجاد می‌کنید. رفتار بعدی طناب را مشاهده و نتیجه‌ی مشاهده‌های خود را به کلاس گزارش کنید. همین آزمایش را با یک فنر تکرار کنید.



آشفتگی ایجاد شده، به علت وجود نیروی کشسانی بین نقاط طناب در طول طناب منتشر می‌شود. در فنر نیز با ایجاد آشفتگی، آشفتگی در طول فنر منتشر می‌شود.

فعالیت ۴ - ۲ (صفحه ۱۰۵)

سنگ کوچکی را از بالای سطح آب آرام استخر یا برکه‌ای رها کنید و آن چه را که رخ می‌دهد به دقت مشاهده کنید. نتیجه‌ی مشاهده‌ی خود را به کلاس گزارش کنید. کجای آشفته‌گی ایجاد شده بوسیله سنگ به دلیل وجود نیروی کشسانی بین اجزاء آب، در آب منتشر می‌شود.

فعالیت ۴ - ۳ (صفحه ۱۰۹)

در فعالیت ۴-۱ مشاهده‌ی انتقال تپ، به دلیل آن که سرعت انتشار آن در طناب زیاد است، مشکل است. چه راه‌هایی پیشنهاد می‌کنید تا بتوان با کاهش سرعت انتشار، انتقال تپ را مشاهده کرد؟ پیشنهادهای خود را در کلاس به بحث بگذارید. کجای با توجه به رابطه $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ سرعت انتشار موج در طول طناب با جذر نیروی کششی طناب متناسب است یعنی $v \propto \sqrt{F}$ و سرعت انتشار موج در طول طناب با جذر عکس جرم واحد طول متناسب است یعنی: $v \propto \frac{1}{\sqrt{\mu}}$. بنابراین هر چه نیروی کششی طناب کمتر، شتاب حرکت کمتر و در نتیجه سرعت انتشار کوچکتر است و هر چه جرم طناب بیشتر باشد ($\mu = \frac{m}{L}$) جرم واحد طول بیشتر، در نتیجه سرعت انتشار کمتر است.

پرسش ۴-۱ (صفحه ۱۱۱)

روی شکل ۴-۸ نقطه‌هایی را که هم فازند و نقطه‌هایی را که در فاز مخالفند پیدا کنید. کجای طبق تعریف: نقطه‌هایی از محیط که فاصله‌ی آنها از یکدیگر مضرب صحیحی از طول موج یا مضرب زوجی از نصف طول موج باشد، هم فازند یعنی:

$$\Delta x = n\lambda = 2n \frac{\lambda}{2}$$

$\nwarrow$ مضرب زوج
 $\swarrow$ مضرب صحیح

نقاط A و B و C و D با هم هم‌فازند و نقاط A' و B' و C' و D' با هم مخالفند. نقطه‌هایی از محیط که فاصله‌ی آنها از یکدیگر مضرب فردی از نصف طول موج می‌باشد، در فاز مخالفند. یعنی $\Delta x = \frac{(2n-1)\lambda}{2}$. نقاط A، B، C و D با نقاط A'، B'، C' و D' در فاز مخالفند. مضرب فرد

تمرین ۴ - ۱ (صفحه ۱۱۶)

تابع موجی که در جهت محور x منتشر می‌شود برحسب یکاهای SI به صورت $U = 0.2 \sin(2.0\pi t - 4\pi x)$ است. دامنه، بسامد، طول موج و سرعت انتشار این موج را محاسبه کنید.

$$\begin{cases} U = A \sin(\omega t - kx) = A \sin(2\pi vt - \frac{2\pi}{\lambda} x) \end{cases}$$

$$U = 0.2 \sin(2.0\pi t - 4\pi x) = 0.2 \sin(2.0\pi t - 4\pi x)$$

$$A = 0.2 \text{ m} \quad 2\pi v = 2.0\pi \Rightarrow v = 1.0 \text{ Hz} \quad \frac{2\pi}{\lambda} = 4\pi \Rightarrow \lambda = 0.5 \text{ m}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{V} \Rightarrow 4\pi = \frac{2\pi}{V} \Rightarrow V = 0.5 \text{ m/s}$$

تمرین ۴ - ۲ (صفحه ۱۱۷)

نشان دهید که در تابع‌های $u = A\sin(\omega t + kx)$ و $u = A\sin(\omega t - kx)$ به ترتیب سرعت‌های انتشار موج مثبت و منفی است، یعنی این تابع‌ها، موج‌هایی را نشان می‌دهند که در جهت محور x و در خلاف جهت آن منتشر می‌شوند. **کج** چون شکل موج در هنگام انتشار تغییر نمی‌کند، فاز آن هم با گذشت زمان و انتشار موج ثابت می‌ماند بنابراین:

فاز موج ϕ_1 در زمان t_1

$$\begin{cases} u = A\sin(\omega t_1 - kx_1) & \text{در جهت محور } x \text{ منتشر می‌شود} \\ u = A\sin(\omega t_2 + kx_2) & \text{در جهت مخالف محور } x \text{ منتشر می‌شود} \end{cases}$$

فاز موج ϕ_2 در زمان t_2

$$\phi_1 = \phi_2 \Rightarrow \omega t_1 - kx_1 = \omega t_2 + kx_2 \Rightarrow \omega(t_1 - t_2) = k(x_2 + x_1) \Rightarrow \omega \Delta t = k \Delta x$$

$$\text{چون } \begin{cases} k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{V} \\ \omega \Delta t = k \Delta x \Rightarrow \omega \Delta t = \frac{\omega}{V} \Delta x \Rightarrow V = \frac{\Delta x}{\Delta t} \end{cases}$$

چون $\Delta t > 0$ و $\Delta x > 0$ پس V مثبت و در جهت محور x است.
برای $U = A\sin(\omega t + kx)$ چون $\Delta x < 0$ در نتیجه $V < 0$ است و در خلاف جهت محور x است.

تمرین ۴ - ۳ (صفحه ۱۱۷)

نشان دهید که:

الف) اختلاف فاز دو نقطه‌ی هم فاز محیط مضرب زوجی از π است.

ب) اختلاف فاز دو نقطه‌ی محیط که در فاز مخالف‌اند مضرب فردی از π است.

کج الف) وضعیت نوسانی دو نقطه هم‌فاز یکسان است و برای ۲ نقطه هم‌فاز $U_1 = U_2$

$$U_1 = U_2 \Rightarrow A\sin(\omega t + kx_1) = A\sin(\omega t - kx_2) \Rightarrow \phi_2 = \phi_1 + 2n\pi \Rightarrow \Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 = 2n\pi$$

مضرب زوج
 $n = 0, 1, 2, \dots$

ب) برای ۲ نقطه‌ی در فاز مخالف

$$U_2 = -U_1 \Rightarrow \phi_2 = \phi_1 + (2n - 1)\pi \Rightarrow \Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 = (2n - 1)\pi, n = 1, 2, 3, \dots$$

مضرب فرد

تمرین ۴ - ۴ (صفحه ۱۱۸)

چشمه‌ی موجی نوسان‌هایی با بسامد 20 Hz و دامنه‌ی 5 cm در یک محیط کشسان و در راستای محور y انجام می‌دهد. اگر این نوسان‌ها در خلاف جهت محور x و با سرعت 10 m/s در این محیط منتشر شوند:

الف) طول موج و عدد موج را محاسبه کنید.

ب) تابع این موج را بنویسید.

پ) کم‌ترین فاصله‌ی نقطه‌ی M از چشمه‌ی موج چه اندازه باشد تا با چشمه‌ی موج در فاز مخالف قرار گیرد.

$$\begin{cases} \nu = 2 \text{ Hz} \\ A = 5 \text{ cm} = \frac{5}{100} = 0.05 \text{ m} \\ V = 10 \text{ m/s} \end{cases} \quad \begin{cases} \lambda = \frac{V}{\nu} = \frac{10}{2} = 0.05 \text{ m} \\ k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{0.05} = 40\pi \frac{\text{rad}}{\text{m}} \\ \omega = 2\pi\nu = 40\pi \end{cases}$$

(الف)

$$U = A \sin(\omega t + kx) \Rightarrow U = 0.05 \sin(40\pi t + 40\pi x) \quad (\text{ب})$$

(پ) $n = 1 \Rightarrow$ اولین نقطه‌ای که در فاز مخالف است

$$\begin{cases} \Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 = (2n - 1)\pi = \pi \\ n = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Delta\phi = \pi \\ \Delta\phi = k\Delta x \end{cases} \Rightarrow k\Delta x = \pi$$

$$\begin{cases} k\Delta x = \pi \\ k = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x = \pi \Rightarrow \Delta x = \frac{\lambda}{2} = \frac{0.05}{2} = 0.025 \text{ m} \end{cases}$$

فعالیت ۴ - ۴ (صفحه ۱۲۰)

با استدلال توضیح دهید که چرا در مثال ۴-۵، Δx کمترین فاصله‌ی دو نقطه از محیط است که در یک جهت انتشار موج واقع‌اند. فرض: در محیطی موجی در حال انتشار است. دو نقطه این موج در جهت انتشار برابر: ($x_A > x_B$)

$$\begin{cases} U_A = A \sin(\omega t - kx_A) \\ U_B = A \sin(\omega t - kx_B) \end{cases}$$

$$\Delta\phi = k |x_B - x_A| \Rightarrow \Delta\phi = k\Delta x$$

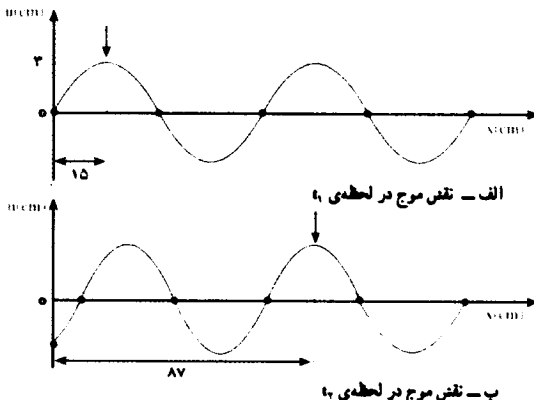
توابع سینوسی دوره تناوب 2π دارند پس می‌توان $2\pi n$ را به آنها اضافه کرد.

$$\begin{cases} \Delta\phi + 2n\pi = k\Delta x \\ n = 0 \end{cases} \Rightarrow \Delta\phi = k\Delta x$$

برای کمترین مقدار:

تمرین ۴ - ۵ (صفحه ۱۲۰)

شکل‌های ۴-۱۴ الف و ب، شکل یک موج را، در دو لحظه‌ی t_1 و t_2 نشان می‌دهند که در یک محیط و در جهت محور x در حال انتشار است. علامت پیکان، یک قله‌ی موج را در این دو لحظه نشان می‌دهد. اگر $t_2 - t_1 = 0.06 \text{ s}$ باشد، تابع این موج را بنویسید.



$$A = 3 \text{ cm} = 0.03 \text{ m} \quad \frac{\lambda}{4} = 15 \Rightarrow \lambda = 60 \text{ cm} = 0.6 \text{ m}$$

$$x_1 = 15 \text{ cm} \quad \Delta t = t_2 - t_1 = 0.06 \text{ s}$$

$$x_2 = 87 \text{ cm} \Rightarrow \Delta x = 87 - 15 = 72 \text{ cm} = 0.72 \text{ m} \quad \Rightarrow V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0.72}{0.06} = 12 \text{ m/s}$$

$$\begin{cases} k = \frac{2\pi}{\lambda} \\ \lambda = 0.6 \text{ m} \end{cases} \Rightarrow k = \frac{2\pi}{0.6} = \frac{20}{6} \pi \text{ rad/m}$$

$$k = \frac{1}{3} \pi$$

$$\begin{cases} \lambda = \frac{V}{\nu} \\ \lambda = 0.6 \text{ m} \\ V = 12 \text{ m/s} \end{cases} \Rightarrow 0.6 = \frac{12}{\nu} \Rightarrow \nu = \frac{12}{0.6} = 20 \text{ Hz}$$

$$\omega = 2\pi\nu = 40\pi \text{ rad/s}$$

$$u = A \sin(\omega t - kx) \Rightarrow u = 0.03 \sin(40\pi t - \frac{10\pi}{3} x)$$

تمرین های فصل چهارم (صفحه ۱۲۱)

۱- موج طولی و عرضی را تعریف کنید. تحقیق کنید که چه نوع موجی می تواند در جامد، مایع و یا گاز منتشر شود.

کلمه موج طولی: موجی است که راستای انتشار و راستای ارتعاش یکی است.

موج عرضی: موجی است که راستای انتشار بر راستای ارتعاش عمود است.

در جامدات هر دو نوع موج منتشر می شود. در گازها فقط موج طولی منتشر می شود.

در مایعات فقط موج طولی منتشر می شود. در سطح آزاد مایع موج عرضی منتشر می شود.

۲- نوسان های حاصل از چشمه ی موجی با بسامد ۲۰۰ Hz با سرعت ۱۰۰ m/s در یک محیط منتشر می شود. اگر

چشمه ی موج دیگری با بسامد ۱۵۰ Hz را جایگزین چشمه ی اولی کنیم، نوسان های آن با چه سرعتی در این

محیط منتشر می شود؟ برای پاسخ خود دلیل بیاورید. کلمه سرعت انتشار در یک محیط به مشخصات چشمه ی موج

بستگی ندارد و به مشخصات فیزیکی محیط مرتبط است پس تغییر بسامد تأثیری بر سرعت انتشار ندارد.

۳- سرعت انتشار موج در طنابی به طول L با نیروی کشش F برابر V است. اگر طول طناب را نصف کنیم اما

نیروی کشش را ثابت نگه داریم سرعت انتشار آن چند برابر می شود؟

$$\begin{cases} V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{FL}{m}} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1} \times \frac{m_1}{m_2}} \\ \mu = \frac{m}{L} \end{cases}$$

$$\begin{cases} L_2 = \frac{L_1}{2} \\ m_2 = \frac{m_1}{2} \end{cases} \quad \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{\frac{L_1}{2}}{L_1} \times \frac{m_1}{\frac{m_1}{2}}} = \sqrt{\frac{1}{2} \times 2} = 1 \Rightarrow V_2 = V_1$$

۴- سیمی به چگالی ۷/۸ g/cm^۳ و سطح مقطع ۰/۵ mm^۲ بین دو نقطه با نیروی ۱۵۶ N کشیده شده است.

سرعت انتشار موج را در این سیم محاسبه کنید.

$$\rho = 7/8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 7/8 \times 1000 = 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$A = 0.5 \text{ mm}^2 = 0.5 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$F = 156 \text{ N}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{AL} = \frac{\mu}{A}$$

$$\frac{7800}{1} = \frac{\mu}{0.5 \times 10^{-6}} \Rightarrow \mu = 39 \times 10^{-4} \text{ kg/m}$$

$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{156}{39 \times 10^{-4}}} = \sqrt{4 \times 10^4} = 200 \text{ m/s}$$

۵- دو موج با بسامدهای ۵۰ Hz و ۷۵ Hz در یک محیط منتشر می‌شوند.

(الف) سرعت انتشار موج دوم چند برابر سرعت انتشار موج اول است؟

(ب) طول موج برای موج دوم چند برابر طول موج برای موج اول است؟

ک (الف) سرعت هر دو موج یکسان است چون سرعت به بسامد بستگی ندارد.

$$\lambda_2 = \frac{v}{\nu_2} = \frac{v_1}{\nu_2} = \frac{\lambda_1}{\nu_2} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{\lambda_1}{\nu_2} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{2}{3} \lambda_1 \quad (\text{ب})$$

۶- تابع یک موج در یک محیط، در SI، به صورت $U_y = 2 \times 10^{-2} \sin(\omega \cdot \pi t - \frac{\pi}{4} x)$ است.

(الف) این موج طولی است یا عرضی؟

(ب) دامنه، بسامد، طول موج و سرعت انتشار را به دست آورید.

(پ) معادله‌ی نوسان نقطه‌های واقع در $x = \pm 0.5 \text{ m}$ را تعیین کنید.

ک (الف) موج عرضی است چون انتشار در راستای x است و ارتعاش در راستای y

$$\begin{cases} U_y = 0.02 \sin(\omega \cdot \pi t - \frac{\pi}{4} x) \\ U_y = A \sin(\omega t - kx) \end{cases} \Rightarrow A = 0.02 \text{ m}$$

$$\omega = 2\pi\nu = 50 \cdot \pi \Rightarrow \nu = 25 \text{ Hz}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\pi}{4} \Rightarrow \lambda = 8 \text{ m}$$

$$k = \frac{\omega}{V} \Rightarrow \frac{\pi}{4} = \frac{50 \cdot \pi}{V} \Rightarrow V = 200 \text{ m/s}$$

$$\begin{cases} U_y = 0.02 \sin(50 \cdot \pi t - \frac{\pi}{4} x) \\ x_1 = 0.5 \text{ m} \\ x_2 = -0.5 \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \begin{aligned} U_y &= 0.02 \sin(50 \cdot \pi t - \frac{\pi}{4} \times 0.5) = 0.02 \sin(50 \cdot \pi t - \frac{\pi}{8}) \\ U_y &= 0.02 \sin(50 \cdot \pi t - \frac{\pi}{4} \times (-0.5)) = 0.02 \sin(50 \cdot \pi t + \frac{\pi}{8}) \end{aligned}$$

۷- چشمه‌ی موجی با بسامد ۱۰ Hz در یک محیط که سرعت انتشار موج در آن ۱۰۰ m/s است، نوسان‌های

طولی ایجاد می‌کند. اگر دامنه‌ی نوسان‌ها ۴ cm باشد، تابع موجی را که در راستای محور y منتشر می‌شود بنویسید. ک چون موج طولی است باید راستای ارتعاش و راستای انتشار هر دو در راستای محور y باشد.

$$\begin{cases} \nu = 10 \text{ Hz} \\ V = 100 \text{ m/s} \\ A = 4 \text{ cm} = 0.04 \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \begin{aligned} \omega &= 2\pi\nu = 2\pi \times 10 = 20 \pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} \\ k &= \frac{\omega}{V} \Rightarrow k = \frac{20 \cdot \pi}{100} = \frac{\pi}{5} \text{ rad/m} \end{aligned}$$

$$U_y = A \sin(\omega t - ky) \Rightarrow U_y = 0.04 \sin(20 \cdot \pi t - \frac{\pi}{5} y)$$

۸- موجی در یک محیط در حال انتشار است. معادله‌ی نوسان دو نقطه‌ی A و B از این محیط، که در یک جهت

انتشار واقع‌اند، به صورت زیر است:

$$\begin{cases} y_A = 0.2 \sin(50 \cdot \pi t - \frac{\pi}{\lambda}) \\ y_B = 0.2 \sin(50 \cdot \pi t - \frac{\pi}{12}) \end{cases}$$

فاصله‌ی این دو نقطه را از یکدیگر، به دست آورید. سرعت انتشار موج در محیط را ۲۰۰ m/s فرض کنید.

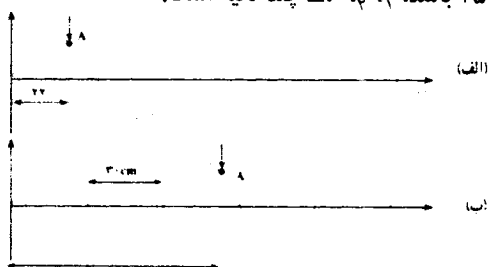
$$\begin{cases} y_A = 0.2 \sin(50 \cdot \pi t - \frac{\pi}{\lambda}) \\ y_B = 0.2 \sin(50 \cdot \pi t - \frac{\pi}{12}) \\ V = 200 \text{ m/s} \end{cases} \Rightarrow \Delta\phi = \phi_B - \phi_A = -\frac{\pi}{12} - (-\frac{\pi}{\lambda}) = -\frac{\pi}{12} + \frac{\pi}{\lambda} \Rightarrow \Delta\phi = \frac{-2\pi + 3\pi}{12} = \frac{\pi}{12} \text{ rad}$$

$$2n\pi + \Delta\phi = k\Delta x \Rightarrow \Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x - 2n\pi \Rightarrow \frac{\pi}{24} = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x - 2n\pi \Rightarrow \Delta x = (n + \frac{1}{48})\lambda$$

$$\begin{cases} \Delta x = (n + \frac{1}{48})\lambda \\ n = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Delta x = \frac{\lambda}{48} \Rightarrow \Delta x = \frac{\lambda}{48} = \frac{1}{6} \text{ m} \\ \lambda = \frac{V}{\nu} = \frac{V}{\frac{\omega}{2\pi}} = \frac{200}{\frac{250\pi}{2\pi}} = \frac{200}{25} = 8 \text{ m} \end{cases}$$

۹- شکل‌های ۴-۱۵-الف و ب، نقش یک موج را در دو لحظه‌ی t_1 و t_2 نشان می‌دهد که در امتداد محور x منتشر می‌شود. علامت پیکان، یک نقطه از موج را در این دو لحظه نشان می‌دهد. موردهای زیر را محاسبه کنید:

الف) این موج طولی است یا عرضی و عدد موج آن چه اندازه است؟
ب) اگر بسامد نوسان‌ها 25 Hz باشد، $\Delta t = t_2 - t_1$ چند ثانیه است؟



الف) چون راستای انتشار منطبق بر راستای ارتعاش است موج طولی است.

ب) طبق شکل $\frac{\lambda}{6} = 30 \Rightarrow \lambda = 60 \text{ cm} = 0.6 \text{ m}$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{0.6} = \frac{10\pi}{3} \text{ rad/m}$$

$$\nu = 25 \text{ Hz}$$

$$x_1 = 28 \text{ cm} \Rightarrow \Delta x = x_2 - x_1 = 88 - 28 = 60 \text{ cm} = 0.6 \text{ m}$$

(ب)

$$x_2 = 88 \text{ cm}$$

$$\begin{cases} \lambda = \frac{V}{\nu} \\ V = \frac{\Delta x}{\Delta t} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V = \lambda \nu \\ V = \frac{\Delta x}{\Delta t} \end{cases} \Rightarrow \frac{\Delta x}{\Delta t} = \lambda \nu \Rightarrow \frac{0.6}{\Delta t} = 0.6 \times 25 \Rightarrow \Delta t = \frac{1}{25} = 0.04 \text{ s}$$

فیزیک ۲:

موج‌های مکانیکی (۲)

فصل اول

تمرین ۱-۱ (صفحه ۱۲۸)

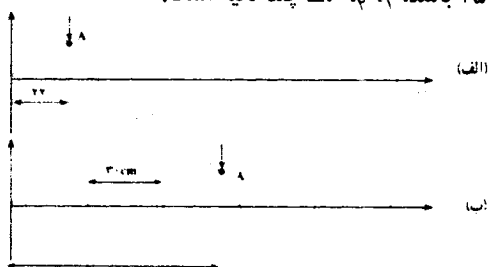
در شکل ۱-۷ تپی روی طنابی در حال انتشار است. شکل تپ بازتاب آن را از انتهای ثابت طناب، رسم کنید.
چون انتهای طناب ثابت است. در بازتاب از انتهای ثابت. تپ مانند یک چشمه‌ی موج عمل می‌کند و یک تپ در خلاف جهت. تپ تابشی در طناب ایجاد می‌کند که برجستگی را به فرو رفتگی و فرو رفتگی را به برجستگی تبدیل می‌کند.

$$2n\pi + \Delta\phi = k\Delta x \Rightarrow \Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x - 2n\pi \Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x - 2n\pi \Rightarrow \Delta x = (n + \frac{1}{4\lambda})\lambda$$

$$\begin{cases} \Delta x = (n + \frac{1}{4\lambda})\lambda \\ n = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Delta x = \frac{\lambda}{4\lambda} \Rightarrow \Delta x = \frac{\lambda}{4\lambda} = \frac{1}{4}m \\ \lambda = \frac{V}{\nu} = \frac{V}{\frac{\omega}{2\pi}} = \frac{200}{\frac{50\pi}{2\pi}} = \frac{200}{25} = 8m \end{cases}$$

۹- شکل‌های ۴-۱۵-الف و ب، نقش یک موج را در دو لحظه‌ی t_1 و t_2 نشان می‌دهد که در امتداد محور x منتشر می‌شود. علامت پیکان، یک نقطه از موج را در این دو لحظه نشان می‌دهد. موردهای زیر را محاسبه کنید:

الف) این موج طولی است یا عرضی و عدد موج آن چه اندازه است؟
ب) اگر بسامد نوسان‌ها ۲۵Hz باشد، $\Delta t = t_2 - t_1$ چند ثانیه است؟



الف) چون راستای انتشار منطبق بر راستای ارتعاش است موج طولی است.

ب) طبق شکل $\frac{\lambda}{2} = 3 \Rightarrow \lambda = 6 \text{ cm} = 0.06 \text{ m}$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{0.06} = \frac{10\pi}{3} \text{ rad/m}$$

$$\nu = 25 \text{ Hz}$$

$$x_1 = 2 \text{ cm} \Rightarrow \Delta x = x_2 - x_1 = 8 - 2 = 6 \text{ cm} = 0.06 \text{ m}$$

(ب)

$$x_2 = 8 \text{ cm}$$

$$\begin{cases} \lambda = \frac{V}{\nu} \\ V = \frac{\Delta x}{\Delta t} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V = \lambda \nu \\ V = \frac{\Delta x}{\Delta t} \end{cases} \Rightarrow \frac{\Delta x}{\Delta t} = \lambda \nu \Rightarrow \frac{0.06}{\Delta t} = 0.06 \times 25 \Rightarrow \Delta t = \frac{1}{25} = 0.04 \text{ s}$$

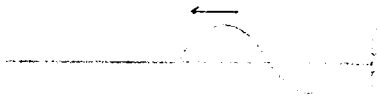
فیزیک ۲:

موج‌های مکانیکی (۲)

فصل اول

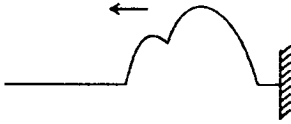
تمرین ۱ - ۱ (صفحه ۱۲۸)

در شکل ۱-۷ تپی روی طنابی در حال انتشار است. شکل تپ بازتاب آن را از انتهای ثابت طناب، رسم کنید.
چون انتهای طناب ثابت است. در بازتاب از انتهای ثابت. تپ مانند یک چشمه‌ی موج عمل می‌کند و یک تپ در خلاف جهت. تپ تابشی در طناب ایجاد می‌کند که برجستگی را به فرو رفتگی و فرو رفتگی را به برجستگی تبدیل می‌کند.



تمرین ۱-۲ (صفحه ۱۲۹)

تپی مانند شکل ۹-۱ در طنابی در حال انتشار است. شکل تب بازتابی آن را از انتهای آزاد طناب، رسم کنید. کج در بازتاب از انتهای آزاد، برجستگی به صورت برجستگی و فرورفتگی به صورت فرورفتگی بازتاب می‌شود.



پرسش ۱-۱ (صفحه ۱۳۳)

در شکل ۱۳-۱ گره‌های دیگری نیز وجود دارند. آن‌ها را مشخص کنید. کج نقاطی که با نقطه A فاصله $\frac{\lambda}{4}$ یا $\frac{3\lambda}{4}$ و به طور کلی $\begin{cases} n\frac{\lambda}{2} \\ n=1,2,\dots \end{cases}$ دارند گره هستند.

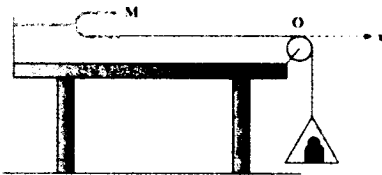
پرسش ۲-۱ (صفحه ۱۳۳)

آیا در حالت‌های مختلف شکل ۱۳-۱ شکم دیگری نیز وجود دارد؟ اگر پاسخ مثبت است، آن را مشخص کنید.

کج نقاطی که با نقطه B فاصله $\frac{\lambda}{4}$ یا $\frac{3\lambda}{4}$ و به طور کلی $\begin{cases} n\frac{\lambda}{2} \\ n=1,2,\dots \end{cases}$ دارند شکم هستند.

فعالیت ۱-۱ (صفحه ۱۳۹)

اگر در آزمایشگاه دیبرستان شما، دیاپازونی با نوسان پایدار (مانند آن چه که پیشتر توضیح داده شد) موجود است، آزمایش زیر را انجام دهید و موج ایستاده را در طناب مشاهده کنید.



مطابق شکل ۲۴-۱ یک سر طناب نازکی را به دیاپازون وصل کنید و سر دیگر آن را از روی قرقره‌ی ثابتی بگذرانید و به آن کفه‌ای آویزان کنید. وزن کفه و وزنه‌ی درون آن، نیروی کشش را در طناب ایجاد می‌کند. وقتی دیاپازون را به نوسان درمی‌آورید، در طناب موج ایجاد می‌شود. موج‌ها از انتهای

ثابت O بازتاب می‌یابند و با موج‌های فرودی، بر هم نهاده می‌شوند. با تغییر وزنه‌ی درون کفه، می‌توانید نیروی کشش طناب و در نتیجه سرعت انتشار موج را در آن تغییر دهید. با این کار، بیش‌ترین مقدار وزنه را که به ازای آن در نقطه‌های O و M گره و در وسط آن‌ها شکم تشکیل می‌شود، به دست آورید. با کاهش وزنه‌ی درون کفه، حالت‌هایی را به وجود آورید که تعداد گره و شکم‌ها بیش‌تر شوند. با جایگزین کردن دیاپازونی که بسامد دیگری دارد چه تغییری در آزمایش رخ می‌دهد؟ نتیجه‌ی این آزمایش را چگونه توجیه می‌کنید؟

با تغییر وزنه‌ی درون کفه، نیروی کشش طناب تغییر کرده در با توجه به نتیجه سرعت تغییر می‌کند و بنابراین طول موج تغییر می‌کند که تغییر طول موج باعث تغییر تعداد گره‌ها و شکم‌ها در طول طناب می‌شود.

$$\begin{cases} v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \\ \lambda = \frac{v}{\nu} \Rightarrow v = \lambda \nu \end{cases} \quad \text{روابط}$$

با تغییر دیاپازون، تعداد گره‌ها و شکم‌ها تغییر می‌کند. اگر بسامد دیاپازون بیشتر باشد تعداد گره‌ها و شکم‌ها زیاد می‌شود.

فعالیت ۱ - ۲ (صفحه ۱۴۵)

مثال هایی از انتشار صوت در مایع ها و جامدها ذکر کنید. کجای عبور قایقی از کنار شناگری که برای چند ثانیه در زیر آب است. عبور صوت از دیوارها، شنیدن صدای قطار وقتی گوش خود را به ریل بچسبانیم.

پرسش ۱-۳ (صفحه ۱۴۵)

مثال هایی ذکر کنید که نشان دهد امواج صوتی در هوا در تمام جهتها منتشر می شوند. کجای اگر فردی در مرکز دایره ای به شعاع ۵ متر بایستد و افرادی را که روی محیط این دایره قرار دارند، صدا بزند همه افراد صدایش را می شنوند که نشان می دهد صوت در همه جهات منتشر شده است.

تمرین ۱ - ۳ (صفحه ۱۴۸)

با استفاده از اطلاعات جدول زیر (جدول ۱-۲) سرعت صوت را در گازهای اکسیژن، نیتروژن و هلیوم در دمای صفر درجه ی سلسیوس محاسبه و نتیجه ی به دست آمده را با مقادیر جدول ۱-۱ مقایسه کنید.

جدول ۱-۲: ظرفیت گرمایی مولی در حجم و فشار ثابت
M, γ

M	γ	C _{mp}	C _{mv}	گاز	
g		J/mol.k	J/mol.k		
۴	۱/۶۷	۲۰/۸	۱۲/۵	He	تک اتمی
۴۰	۱/۶۷	۲۰/۸	۱۲/۵	Ar	
۲	۱/۴۱	۲۸/۸	۲۰/۴	H _۲	دو اتمی
۲۸	۱/۴۰	۲۹/۱	۲۰/۸	N _۲	
۳۲	۱/۳۹	۲۹/۴	۲۱/۱	O _۲	

جدول ۱-۱: سرعت صوت در
ماده های مختلف

سرعت m/s	دمای C°		
۳۱۶	۰	اکسیژن	گازها
۳۳۱	۰	هوا	
۳۴۳	۲۰	هوا	
۳۳۴	۰	نیتروژن	
۹۶۵	۰	هلیوم	
۱۴۵۰	۲۵	جیوه	مایع ها
۱۴۹۸	۲۵	آب	
۱۵۳۱	۲۵	آب دریا	
۲۱۰۰	-	سرب	جامدها
۳۰۰۰	-	طلا	
۵۰۰۰-۶۰۰۰	-	آهن	
۵۰۰۰-۶۰۰۰	-	شیشه	

$$\begin{aligned}
 & \text{برای } O_2 \left\{ \begin{aligned} & \gamma = 1/39 \\ & M = 32g = 32 \times 10^{-3} kg \\ & T = 273^{\circ}K = 0^{\circ}C \end{aligned} \right. \Rightarrow V = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} = \sqrt{\frac{1/39 \times 8.314 \times 273}{32 \times 10^{-3}}} \approx 315 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{برای } N_2 \quad & \left\{ \begin{array}{l} \gamma = 1/40 \\ M = 28g = 28 \times 10^{-3} kg \\ T = 273K = 0^\circ C \end{array} \right. \Rightarrow V = \sqrt{\frac{1/40 \times 8/3 \times 273}{28 \times 10^{-3}}} \approx 335 \text{ m/s} \\ \text{برای } He \quad & \left\{ \begin{array}{l} \gamma = 1/67 \\ M = 4g = 4 \times 10^{-3} kg \\ T = 273K = 0^\circ C \end{array} \right. \Rightarrow V = \sqrt{\frac{1/67 \times 8/3 \times 273}{4 \times 10^{-3}}} \approx 967 \text{ m/s} \end{aligned}$$

تمرین ۱ - ۴ (صفحه ۱۵۳)

بسامد صوت اصلی و هماهنگ‌های دوم و سوم را در یک لوله‌ی صوتی به طول ۱m که هر دو انتهای آن باز است تعیین کنید. (سرعت صوت را در هوا ۳۴۰m/s فرض کنید)

$$v = \frac{nv}{2L}$$

$$V = 340 \text{ m/s}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

n صوت اصلی ۱

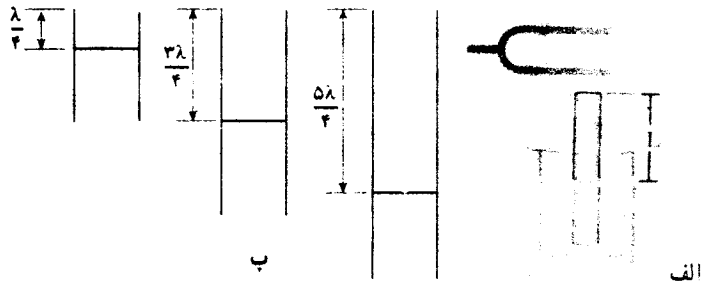
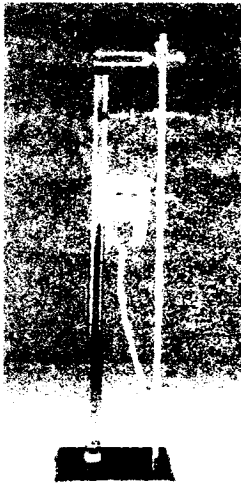
$$v_1 = \frac{V}{2L} \Rightarrow v_1 = \frac{340}{2 \times 1} = 170 \text{ Hz}$$

$$v_2 = 2v_1 = 2 \times 170 = 340 \text{ Hz} \quad \text{هماهنگ دوم}$$

$$v_3 = 3v_1 = 3 \times 170 = 510 \text{ Hz} \quad \text{هماهنگ سوم}$$

فعالیت ۱ - ۳ (صفحه ۱۵۴)

در شکل ۱-۳۹-الف و ب می‌توان با تغییر مکان لیوان یا لوله، طول لوله‌ی صوتی را تغییر داد. با توجه به شکل پ توضیح دهید که در هر یک از سه حالت شکل پ چگونه موج ایستاده تشکیل می‌شود؟



کمی وقتی دیافازون به نوسان در می‌آید موج صوتی منتشر می‌شود سطح مایع مانند لوله صوتی یک انتها بسته عمل می‌کند و موج را بازتاب می‌کند. از بر هم نهی موج‌های فرودی و بازتابیده موج ایستاده تشکیل می‌شود. به عبارت دیگر هوای داخل لوله را با اعمال یک نیروی دوره‌ای به آن، به نوسان در آورده‌ایم. برای این کار کافی است که یک دیافازون را در نزدیکی دهانه‌ی لوله به نوسان در آوریم. اگر بسامد نوسان این دیافازون با هر یک از بسامدهای طبیعی لوله‌ی صوتی برابر باشد، تشدید رخ خواهد داد. بدین وسیله می‌توان موج ایستاده با بسامد مورد نظر را در لوله‌ی صوتی ایجاد کرد. در شکل فوق با تغییر طول لوله هماهنگ‌های فرد صوت اصلی ایجاد می‌شود.

فعالیت ۱ - ۴ (صفحه ۱۵۴)

با استفاده از یک لوله صوتی، آزمایشی را برای اندازه گیری سرعت صوت در هوا طراحی کنید.
 مطابق شکل ۱-۱۰ فعالیت ۲-۱ با ارتعاش دیافراژن با بسامد ν در نزدیکی لوله و تغییر مکان لیوان و یا لوله، هنگامی که $L = \frac{\lambda}{4}$ است، شدت صوت بیشینه می شود. از آن به بعد شدت در فاصله های $\frac{\lambda}{4}$ و $\frac{3\lambda}{4}$ و غیره از $L = -\frac{\lambda}{4}$ به بیشینه می رسد.

شدت صوت موقعی بیشینه می شود که ستون هوا با دیافراژن تشدید کند. و با توجه به اینکه بسامد چشمه ثابت است و سرعت صوت در ستون هوا مقدار معینی دارد، تشدید در طول موج خاصی که از رابطه زیر به دست می آید رخ می دهد:

$$\lambda = \frac{V}{\nu} \quad (I)$$

فاصله d بین دو وضعیت تشدید متوالی، همان فاصله بین دو گره مجاور است. پس

$$d = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2d \quad (II)$$

$$(I), (II) \Rightarrow 2d = \frac{V}{\nu} \Rightarrow V = 2d\nu$$

اگر بسامد دیافراژن $\nu = 1080 \frac{\text{cycles}}{\text{s}}$ مقدار $d = 15/3 \text{ cm}$ بدست آمده است. پس:

$$V = 2d\nu = 2 \times 0/153 \times 1080 = 330 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$d = 15/3 \text{ cm} = \frac{15/3}{100} = 0/153 \text{ m}$$

فعالیت ۱ - ۵ (صفحه ۱۵۵)

یک لوله صوتی باز بسازید که بسامدی برابر با 435 Hz هرتز تولید کند. اگر سرعت صوت در محل آزمایش 340 m/s باشد، طول لوله را از رابطه $\nu = \frac{V}{2L}$ می توان به دست آورد.

$$\nu = 435 \text{ Hz}$$

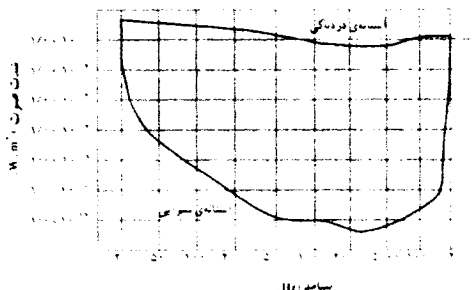
$$V = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\nu = \frac{V}{2L} \Rightarrow L = \frac{V}{2\nu}$$

$$L = \frac{340}{2 \times 435} = 0/391 \text{ m}$$

پرسش ۴-۱ (صفحه ۱۶۱)

با استفاده از نمودار شکل ۱-۴۴ تعیین کنید که آستانه شنوایی و دردناکی در بسامد 10000 هرتز تقریباً چقدر است؟ با توجه به نمودار در بسامد 10000 هرتز آستانه شنوایی حدود $10^{-11} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ است و آستانه دردناکی حدود $1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ است.



تمرین ۱-۵ (صفحه ۱۶۵)

در مثال ۸-۱ فرض کنید که خودروی پلیس با همان سرعت از عابر دور می‌شود. عابر چه بسامدی را می‌شنود؟

$$\begin{cases} v_s = 4000 \text{ Hz} \\ v_o = ? \\ V = 34 \text{ m/s} \\ V_s = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 20 \text{ m/s} \end{cases} \Rightarrow v_o = \frac{V}{V+V_s} v_s \Rightarrow v_o = \frac{34}{34+20} \times 4000$$

$$\Rightarrow v_o = \frac{34}{36} \times 4000 \approx 3777.7 \text{ Hz}$$

تمرین ۱-۶ (صفحه ۱۶۶)

شخصی یک سوت را با بسامد ۷۰۰ هرتز به صدا در می‌آورد. سرنشین خودرویی که با سرعت $36 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ ، الف: به او نزدیک می‌شود. ب) از او دور می‌شود، چه بسامدی را می‌شنود؟

$$\begin{cases} v_s = 700 \text{ Hz} \\ V_s = 36 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ V = 34 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ v_o = ? \end{cases}$$

الف) $v_o = \frac{V}{V-V_s} v_s = \frac{34}{34-10} \times 700 \Rightarrow v_o = \frac{34}{24} \times 700$

$$\Rightarrow v_o \approx 991.7 \text{ Hz}$$

ب) دور شدن $v_o = \frac{V}{V+V_s} v_s = \frac{34}{34+10} \times 700 \Rightarrow v_o = \frac{34}{44} \times 700$

$$\Rightarrow v_o \approx 545.5 \text{ Hz}$$

پرسش ۱-۵ (صفحه ۱۶۶)

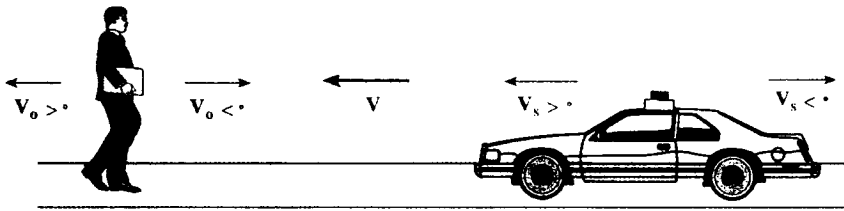
در رابطه $v_o = \frac{V-V_s}{V} v_s$ اگر $V > V_s$ باشد، v_o منفی می‌شود. این نتیجه را چگونه می‌توان تحلیل کرد؟

$$\begin{cases} v_o = \frac{V-V_s}{V} v_s \Rightarrow v_o < 0 \Rightarrow \text{صوت به گوش ناظر نمی‌رسد} \\ V_s > V \text{ اگر} \end{cases}$$

تمرین ۱-۷ (صفحه ۱۶۷)

با توجه به قراردادهای زیر، رابطه‌های $v_o = \frac{V}{V+V_s} v_s$ و $v_o = \frac{V-V_s}{V} v_s$ را از رابطه $v_o = \frac{V-V_s}{V-V_s} v_s$ به دست آورید.

قراردادها: V سرعت صوت به طرف ناظر را مثبت فرض کرده‌ایم. علامت V_s در مقایسه با V مشخص می‌شود. اگر V_s یا V با هم جهت باشند، مثبت و در غیر اینصورت منفی خواهند بود.



(الف) چشمه صوت به ناظر ساکن نزدیک می‌شود.

$$\left\{ \begin{array}{l} v_o = \frac{V - V_s}{V - V_s} v_s \\ V_o = 0 \text{ ناظر ساکن} \\ V_s > 0 \end{array} \right. \Rightarrow v_o = \frac{V}{V - V_s} v_s$$

(ب) چشمه صوت از ناظر ساکن دور می‌شود.

$$\left\{ \begin{array}{l} v_o = \frac{V - V_s}{V - V_s} v_s \\ V_o = 0 \text{ ناظر ساکن} \\ V_s < 0 \end{array} \right. \Rightarrow v_o = \frac{V}{V - (-V_s)} v_s = \frac{V}{V + V_s} v_s$$

(پ) ناظر A به چشمه ساکن نزدیک می‌شود.

$$\left\{ \begin{array}{l} v_o = \frac{V - V_s}{V - V_s} v_s \\ V_s = 0 \text{ چشمه ساکن} \\ V_o < 0 \end{array} \right. \Rightarrow v_o = \frac{V - (-V_o)}{V} v_s = \frac{V + V_o}{V} v_s$$

(د) ناظر A از چشمه ساکن دور می‌شود.

$$\left\{ \begin{array}{l} v_o = \frac{V - V_s}{V - V_s} v_s \\ V_s = 0 \text{ چشمه ساکن} \\ V_o > 0 \end{array} \right. \Rightarrow v_o = \frac{V - V_o}{V} v_s$$

تمرین‌های فصل اول (صفحه ۱۶۷)

۱- جرم یک سیم پیانو به طول ۰/۸ متر برابر ۶ گرم و نیروی کشش آن ۴۳۲N است. این سیم به گونه‌ای مرتعش می‌شود که در طول آن دو شکم تشکیل می‌شود، بسامد صوتی را که ایجاد می‌کند محاسبه کنید. بسامد اصلی این سیم چند هرتز است؟

$$\left\{ \begin{array}{l} L = 0.8 \text{ m} \\ m = 6 \text{ g} = \frac{6}{1000} = 0.006 \text{ kg} \\ F = 432 \text{ N} \\ v_n = \frac{nV}{2L} \Rightarrow \text{V باید بدست آید} \end{array} \right.$$

$$V = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{FL}{m}} = \sqrt{\frac{432 \times 0.8}{0.006}} = \sqrt{57600} = 240 \text{ m/s}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} v_n = \frac{n \times 240}{2 \times 0.8} = 150 \text{ Hz} \\ n = 2 \end{array} \right. \Rightarrow v_n = 2v_1 \Rightarrow 300 = 2v_1 \Rightarrow v_1 = 150 \text{ Hz}$$

۲- در سطح آب درون یک تشتک، دو چشمه‌ی موج، S_1 و S_2 ، ارتعاش‌هایی با بسامد 20 Hz ایجاد می‌کنند. فاصله‌ی یک نقطه‌ی M در سطح آب از دو چشمه $d_1 = 12.5\text{ cm}$ و $d_2 = 5.0\text{ cm}$ است. اگر سرعت انتشار موج در سطح آب 5 m/s باشد، دو موجی که با هم به این نقطه می‌رسند، نسبت به هم در چه وضعی خواهند بود؟

$$\begin{cases} \nu = 20\text{ Hz} \\ V = 5\text{ m/s} \\ d_1 = 12.5\text{ cm} = 0.125\text{ m} \Rightarrow \lambda = \frac{V}{\nu} = \frac{5}{20} = 0.25\text{ m} \\ d_2 = 5.0\text{ cm} = 0.05\text{ m} \end{cases}$$

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) = \frac{2\pi}{0.25} (0.05 - 0.125) = 3\pi \text{ rad}$$

چون اختلاف فاز مضرب فردی از π است در نتیجه موج در فاز مقابل‌اند.

۳- انرژی جزئی از طناب به جرم m از رابطه $E = \frac{1}{2} \pi^2 m \nu^2 A^2$ به دست می‌آید. نشان دهید اگر سرعت انتشار در طناب برابر V باشد، انرژی موج در صوتی از طناب که برابر یک خون موج است از رابطه‌ی $E = \frac{1}{2} \pi^2 \mu V \nu A^2$ به دست می‌آید. اگر دامنه 5 cm و بسامد آن 4 Hz ، سرعت انتشار 2 m/s و جرم واحد طول طناب 0.2 kg/m باشد،

انرژی موج را در یک خون موج محاسبه کنید. ($\pi^2 \approx 10$)

$$\begin{cases} L = \lambda \\ \mu = \frac{m}{L} \Rightarrow L = \frac{m}{\mu} \Rightarrow \frac{V}{\nu} = \frac{m}{\mu} \Rightarrow \begin{cases} m = \mu \frac{V}{\nu} \\ E = \frac{1}{2} \pi^2 m \nu^2 A^2 \end{cases} \Rightarrow E = \frac{1}{2} \pi^2 \mu \frac{V}{\nu} \nu^2 A^2 \\ \lambda = \frac{V}{\nu} \end{cases} \Rightarrow E = \frac{1}{2} \pi^2 \mu V \nu A^2$$

طبق صورت تحریر:

$$\begin{cases} E = \frac{1}{2} \pi^2 \mu V \nu A^2 \\ A = 5\text{ cm} = 0.05\text{ m} \\ \nu = 4\text{ Hz} \\ V = 2\text{ m/s} \\ \mu = 0.2\text{ kg/m} \\ \pi^2 \approx 10 \end{cases} \Rightarrow E = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.2 \times 2 \times 4^2 \times 0.05^2 = 0.1\text{ J}$$

۴- کدام یک از عامل‌های زیر بر سرعت صوت در هوا مؤثر است؟

الف) شکل موج ب) دامنه‌ی موج پ) بسامد موج ت) دمای هوا

طبق فرمول $V = \sqrt{\frac{RT}{M}}$ سرعت صوت در هوا با جذر دمای هوا رابطه‌ی مستقیم دارد. ($V \propto \sqrt{T}$) بنابراین به شکل موج - دامنه‌ی موج و بسامد موج بستگی ندارد.

۵- آزمایش برای اندازه‌گیری سرعت صوت در آب طراحی کنید. چشمه صوتی را در عمق معلومی از استخری قرار می‌دهیم. گوش خود را بر سطح آب قرار می‌دهیم. در لحظه‌ای که چشمه صوت را منتشر می‌کند زمان رسیدن به گوش را اندازه می‌گیریم و از رابطه‌ی $d = Vt$ می‌توان سرعت صوت در آب را به دست آورد.

توجه: هر چه d بزرگتر باشد آزمایش با دقت بیشتری انجام می‌شود.

۶- دلفین، مانند خفاش از خود فراصوت گسیل می‌کند. طول موج صوت دلفین با بسامد $4 \times 10^5\text{ Hz}$ در آب چقدر

است؟ طبق جدول صفحه ۱۴۴ کتاب درسی

$$\begin{cases} \nu = 4 \times 10^5\text{ Hz} \\ \lambda = ? \end{cases} \Rightarrow \lambda = \frac{V}{\nu} = \frac{1450}{4 \times 10^5} = 3.625 \times 10^{-3}\text{ m}$$

۷- ناظری در سطح زمین ایستاده است، صدای رعد ۵ ثانیه پس از مشاهده ی برق به گوش او می رسد. اگر دمای هوا ۲۷°C باشد، فاصله ی ناظر از محل ایجاد رعد و برق چقدر است؟

$$T = 27^{\circ}\text{C} + 273 = 300^{\circ}\text{K}$$

$$\gamma = 1/4$$

$$m = 29\text{g} = 29 \times 10^{-3}\text{kg}$$

$$t = 5\text{s}$$

$$\Rightarrow V = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}} = \sqrt{\frac{1/4 \times 8/314 \times 300}{29 \times 10^{-3}}} \Rightarrow V = 347/4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$x = Vt = 347/4 \times 5 = 433.75\text{m}$$

۸- دانش آموزی بین دو صخره ی قائم ایستاده است و فاصله ی او از صخره ی نزدیک تر ۴۸۰ متر است. دانش آموز فریاد می زند و اولین پژواک صدای خود را پس از ۳ ثانیه و صدای پژواک دوم را ۲ ثانیه بعد از پژواک اول می شنود: الف) سرعت صوت را در هوا به دست آورید. ب) فاصله ی بین دو صخره را محاسبه کنید.

$$x_1 = 480\text{m}$$

$$x_2 = ?$$

$$V = ?$$

$$x = ?$$

الف) پس از فریاد زدن دانش آموز، ۳ ثانیه طول می کشد تا صوت فاصله $480 + 480$ را بپیماید. بنابراین:

$$x = Vt = 960 = V \times 3 \Rightarrow V = 320 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$x_1 + x_2 = 2x_2 = Vt \Rightarrow 2x_2 = 320 \times (3 + 2) \Rightarrow x_2 = \frac{1600}{2} = 800\text{m}$$

$$x = x_1 + x_2 = 480 + 800 = 1280\text{m}$$

۹- یک انتهای یک لوله ی صوتی، باز و انتهای دیگر بسته است. الف) طول لوله برای این که هوای داخل لوله در بسامد اصلی ۶۰ Hz به تشدید درآید چقدر است؟ ب) با رسم شکل، هماهنگ اصلی و هماهنگ های سوم و پنجم آن را نمایش دهید. پ) طول موج صوت اصلی و هماهنگ های سوم و پنجم آن را تعیین کنید. سرعت صوت را $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ در نظر بگیرید.

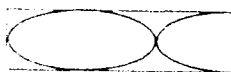
$$\left\{ \begin{array}{l} \gamma = 60\text{Hz} \\ \text{الف) } V = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}} \end{array} \right.$$

$$\text{الف) } L = \frac{(2n-1)V}{4f} \Rightarrow 60 = \frac{(2 \times 1 - 1) \times 340}{4L} \Rightarrow L = \frac{340}{4} \Rightarrow L \approx 1/4\text{m}$$

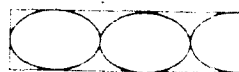
در بسامد اصلی $n=1$



هماهنگ اصلی



هماهنگ سوم



هماهنگ پنجم

ب)

$$\left\{ \begin{array}{l} L = (2n-1) \frac{\lambda}{4} \\ L = 1/4 \end{array} \right. \Rightarrow 1/4 = \frac{(2 \times 1 - 1)\lambda}{4} \Rightarrow \lambda = 1/1\text{m}$$

صوت اصلی یا هماهنگ اول $n=1$

$$n=2 \text{ هماهنگ سوم یا دومین صوت } \Rightarrow 1/4 = \frac{(2 \times 2 - 1)\lambda}{4} \Rightarrow \lambda = \frac{2/6}{3} \approx 1/8\text{m}$$

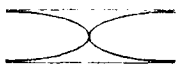
$$n=3 \text{ هماهنگ پنجم یا سومین صوت } \Rightarrow 1/4 = \frac{(2 \times 3 - 1)\lambda}{4} \Rightarrow \lambda = \frac{2/6}{5} \approx 1/12\text{m}$$

پ)

۱۰- تمرین ۹ را در حالتی که هر دو انتهای لوله‌ی صوتی باز است حل کنید.

$$\begin{cases} v = 340 \text{ Hz} \\ V = 340 \frac{m}{s} \\ n = 1 \end{cases} \quad \text{در بسامد اصلی } n=1$$

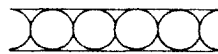
$$v = \frac{nV}{2L} \Rightarrow 340 = \frac{1 \times 340}{2L} \Rightarrow L = \frac{340}{120} \Rightarrow L = 2/83 m$$



هماهنگ اصلی



هماهنگ سوم



هماهنگ پنجم

(ب)

(پ)

$$L = n \frac{\lambda}{2}$$

$$n=1 \Rightarrow L = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow 2/83 = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 5/66 m$$

$$n=3 \Rightarrow L = \frac{3\lambda}{2} \Rightarrow 2/83 = \frac{3\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{5/66}{3} = 1/85 m$$

$$n=5 \Rightarrow L = \frac{5\lambda}{2} \Rightarrow 2/83 = \frac{5\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{5/66}{5} \Rightarrow \lambda \approx 1/13 m$$

۱۱- طول یک لوله‌ی صوتی که هر دو انتهای آن باز است. $1/7 m$ است. بسامد هماهنگ سوم این لوله را محاسبه کنید. سرعت صوت را $340 \frac{m}{s}$ در نظر بگیرید.

$$\begin{cases} L = 1/7 m \\ V = 340 \frac{m}{s} \\ v = ? \end{cases}$$

$$v = \frac{nV}{2L} \Rightarrow v = \frac{3 \times 340}{2 \times 1/7} = 300 \text{ Hz}$$

$n=3$ هماهنگ سوم

۱۲- یک چشمه‌ی صوت موج‌های کروی در هوا گسیل می‌کند. الف) نسبت شدت صوت در دو نقطه که فاصله‌ی آنها از چشمه‌ی صوت d_1 و $2d_1$ است چقدر است؟ ب) کاهش شدت صوت گسیل شده از چشمه عملاً بیشتر از آن

است که در قسمت الف) به دست می‌آید. علت چیست؟

$$I_1 = \frac{P}{4\pi r_1^2} \quad I_2 = \frac{P}{4\pi r_2^2} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{P}{4\pi r_1^2} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{2d_1}{d_1}\right)^2 = 4$$

الف) $\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$

ب) به علت وجود هوا و مقاومت هوا مقداری از انرژی تلف شده است.

۱۳- دو نفر به فاصله‌های d_1, d_2 از یک چشمه‌ی صوت ایستاده‌اند. تراز شدت صوت برای این دو نفر به ترتیب 20 db و 10 db است. نسبت $\frac{d_2}{d_1}$ را حساب کنید.

$$\beta_1 = 20 \text{ db} \quad \beta_2 = 10 \text{ db}$$

$$\frac{d_2}{d_1} = ? \Rightarrow \beta_1 - \beta_2 = 10 \log \frac{I_1}{I_2} - 10 \log \frac{I_2}{I_1}$$

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 20 - 10 = 10 \log \frac{I_1}{I_2} \Rightarrow 1 = \log \frac{I_1}{I_2} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = 10 \quad (I)$$

$$\left\{ \frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \right\} \Rightarrow 10 = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{d_2}{d_1} = \sqrt{10}$$

(I)

۱۴- در فاصله‌ی ۲۰m از چشمه‌ی صوتی تراز شدت صوت ۶۰db است. با این فرض که جذب صوت به وسیله‌ی هوا قابل چشم پوشی است، در چه فاصله‌ای از این چشمه می‌توان صوت را به زحمت شنید. آیا به نظر شما پاسخ به دست آمده منطقی است؟ ~~که~~ حداقل آستانه‌ی شنوایی برای شنیدن صوت لازم است. بنابراین: $I_1 = I_0$

$$\beta_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} = 10 \log 1 = 0$$

$$\beta_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} = 10 \log \left[\left(\frac{d_0}{d_2} \right)^2 \right] \Rightarrow 60 = 10 \log \left[\left(\frac{d_0}{d_2} \right)^2 \right] \Rightarrow 10^6 = \frac{d_0^2}{d_2^2} \Rightarrow d_0 = 2 \times 10^4 \text{ m}$$

هر چند تراز شدت صوت صفر شده است (در فاصله دور) ولی به صورت ضعیف قابل شنیدن است.

۱۵- دو قطار با سرعت یکسان ۳۴m/s به طرف یکدیگر در حرکت‌اند، یکی از آن‌ها صوتی را با بسامد ۵۰۰Hz گسیل می‌کند. بسامد صوتی که مسافر قطار دیگر می‌شنود، چقدر است؟ سرعت صوت را ۳۳۴m/s فرض کنید.

$$\left\{ \begin{array}{l} v' = \frac{V - V_s}{V - V_o} v_s \\ V_s > 0 \text{ هم جهت با سرعت صوت} \\ V_s < 0 \text{ غیرهمجهت با سرعت صوت} \end{array} \right. \Rightarrow v' = \frac{334 + 34}{334 - 34} \times 500 \Rightarrow v' \approx 613/3 \text{ Hz}$$

۱۶- یک ماشین آتش نشانی با سرعت ۴۰m/s به یک اتومبیل که با سرعت ۲۰m/s در حرکت است نزدیک می‌شود و از آن سبقت می‌گیرد. بسامد صوتی را که راننده‌ی اتومبیل می‌شنود در دو حالت زیر حساب کنید. الف) قبل از رسیدن ماشین آتش نشانی به اتومبیل.

ب) بعد از عبور ماشین آتش نشانی از آن. بسامد آژیر ماشین آتش نشانی ۸۵۵Hz و سرعت صوت در هوا ۳۴۰m/s است.

$$\left\{ \begin{array}{l} V = 340 \frac{m}{s} \\ v_s = 855 \text{ Hz} \\ \left. \begin{array}{l} V_s = 40 \frac{m}{s} \\ V_o = 20 \frac{m}{s} \end{array} \right\} \text{ هر دو مثبت} \end{array} \right. \Rightarrow v' = \frac{V - V_s}{V - V_o} v_s \Rightarrow v' = \frac{340 - 20}{340 - 40} \times 855 \Rightarrow v' = \frac{320}{300} \times 855 = 912 \text{ Hz}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} v' = \frac{V - V_s}{V - V_o} v_s \\ V_s, V_o \text{ هر دو منفی} \end{array} \right. \Rightarrow v' = \frac{340 + 20}{340 + 40} \times 855 \Rightarrow v' = 810 \text{ Hz}$$

(ب)

۱۷- یک چشمه‌ی صوت با سرعت ۳۰m/s در حرکت است. بسامد چشمه‌ی صوت ۶۰۰Hz و سرعت صوت در هوا ۳۳۰m/s است. طول موج صوت را در جلو و عقب این چشمه حساب کنید.

$$\left\{ \begin{array}{l} V_s = 30 \frac{m}{s} \\ V = 330 \frac{m}{s} \\ v_s = 600 \text{ Hz} \\ \lambda = ? \end{array} \right. \Rightarrow \text{طول موج در جلو چشمه } \lambda = \frac{V}{\gamma} = \frac{330}{660} = 0.5 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \text{طول موج در عقب چشمه } \lambda = \frac{V}{\gamma} = \frac{330}{550} = 0.6 \text{ m}$$

۱۸- خودرویی با سرعت $۷۲ \frac{km}{h}$ در جاده‌ای در حال حرکت است. صدای آژیر خودرویی با بسامد $۶۸۰ Hz$ به صخره‌ای واقع در جلوی مسیر خودرویی برخورد می‌کند. صوت باز تاب شده با چه بسامدی به گوش راننده می‌رسد؟

$$\begin{cases} V_s = ۷۲ \frac{km}{h} = \frac{۷۲}{۳/۶} = ۲۰ \frac{m}{s} \\ v_s = ۶۸۰ Hz \\ V = ۳۴۰ \frac{m}{s} \\ v_o = ? \end{cases}$$

$$v_o = \frac{V}{V - V_s} v_s = \frac{۳۴۰}{۳۴۰ - ۲۰} \times ۶۸۰ = ۷۲۲/۵ Hz$$

پس از بازتاب، دیوار منبع صوت ساکن و راننده، ناظر متحرک است.

$$v_o = \frac{V + V_s}{V} v_s = \frac{۳۴۰ + ۲۰}{۳۴۰} \times ۷۲۲/۵ = ۷۶۵ Hz$$

۱۹- یک پرده‌ی صماخ به قطر $۰/۷۵$ سانتی‌متر به مدت ۲ ساعت، صوتی با تراز شدت $۹۰ dB$ را جذب می‌کند. در این مدت پرده‌ی گوش چه مقدار انرژی بر حسب ژول جذب کرده است؟

$$\beta = ۱۰ \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow ۹۰ = ۱۰ \log \frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow ۹ = \log \frac{I}{۱۰^{-۱۲}}$$

$$\Rightarrow I = ۱۰^۹ \times ۱۰^{-۱۲} \Rightarrow I = ۱۰^{-۳} \frac{W}{m^2}$$

$$I = \frac{E}{At} \Rightarrow ۱۰^{-۳} = \frac{E}{\frac{\pi \times (۰/۷۵)^2}{۴} \times ۱۰^{-۴} (۲ \times ۳۶۰۰)} \Rightarrow E \approx ۳۱/۷۹ \times ۱۰^{-۵} J$$

۲۰- سرعت صوت در بافت‌های بدن تقریباً مساوی سرعت صوت در آب دریاست، $(۱۵۰۰ m/s)$ قسمتی از یک موج فراصوت که به داخل خون فرستاده می‌شود، به وسیله‌ی گلوله‌های خون بازتابیده می‌شود. اگر بسامد پژواک برگشتی $۴۰۰ Hz$ بیش‌تر از بسامد $۲ MHz$ اولیه باشد، سرعت حرکت خون چه مقدار است؟ (توجه کنید که در این جا دو جابه‌جایی دوبری وجود دارد.)

$$\begin{aligned} v_o &= \frac{V - V_s}{V_s} \\ v_o &= \frac{۱۵۰۰ - V_s}{۱۵۰۰} \Rightarrow v_o = \frac{۳۰۰۰ - ۲V_s}{۱۵۰۰} \end{aligned}$$

$$\frac{۲/۰۰۰۴}{۳۰۰۰ - ۲V_s} = \frac{۱۵۰۰}{۱۵۰۰ - V_s} \Rightarrow ۰/۰۰۴ V_s = ۰/۶ \Rightarrow V_s = ۱۵۰۰ m/s$$

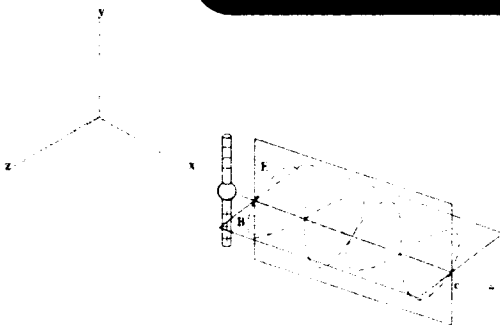
موج‌های الکترومغناطیسی

فصل دوم

پرسش ۱-۲ (صفحه ۱۷۶)

با توجه به شکل ۲-۵ توضیح دهید که موج‌های الکترومغناطیسی طولی‌اند یا عرضی؟

چون راستای انتشار و ارتعاش برهم عمودند موج عرضی هستند.



۱۸- خودرویی با سرعت $۷۲ \frac{km}{h}$ در جاده‌ای در حال حرکت است. صدای آژیر خودرویی با بسامد $۶۸۰ Hz$ به صخره‌ای واقع در جلوی مسیر خودرویی برخورد می‌کند. صوت باز تاب شده با چه بسامدی به گوش راننده می‌رسد؟

$$\begin{cases} V_s = ۷۲ \frac{km}{h} = \frac{۷۲}{۳/۶} = ۲۰ \frac{m}{s} \\ v_s = ۶۸۰ Hz \\ V = ۳۴۰ \frac{m}{s} \\ v_o = ? \end{cases}$$

پس از بازتاب، دیوار منبع صوت ساکن و راننده، ناظر متحرک است.

$$v_o = \frac{V+V_s}{V} v_s = \frac{۳۴۰+۲۰}{۳۴۰} \times ۷۲۲/۵ = ۷۶۵ Hz$$

۱۹- یک پرده‌ی صماخ به قطر $۰/۷۵$ سانتی‌متر به مدت ۲ ساعت، صوتی با تراز شدت $۹۰ dB$ را جذب می‌کند. در این مدت پرده‌ی گوش چه مقدار انرژی بر حسب ژول جذب کرده است؟

$$\beta = ۱۰ \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow ۹۰ = ۱۰ \log \frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow ۹ = \log \frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \quad \text{حل:}$$

$$\Rightarrow I = ۱۰^۹ \times ۱۰^{-۱۲} \Rightarrow I = ۱۰^{-۳} \frac{W}{m^2}$$

$$I = \frac{E}{At} \Rightarrow ۱۰^{-۳} = \frac{E}{\frac{\pi \times (۰/۷۵)^2}{۴} \times ۱۰^{-۴} (۲ \times ۳۶۰۰)} \Rightarrow E \approx ۳۱/۷۹ \times ۱۰^{-۵} J$$

۲۰- سرعت صوت در بافت‌های بدن تقریباً مساوی سرعت صوت در آب دریاست، $(۱۵۰۰ m/s)$ قسمتی از یک موج فراصوت که به داخل خون فرستاده می‌شود، به وسیله‌ی گلوله‌های خون بازتابیده می‌شود. اگر بسامد پژواک برگشتی $۴۰۰ Hz$ بیش‌تر از بسامد $۲ MHz$ اولیه باشد، سرعت حرکت خون چه مقدار است؟ (توجه کنید که در این جا دو جابه‌جایی دوپلری وجود دارد.)

$$\begin{aligned} v_o &= \frac{V-V_s}{V-V_s} \\ v_o &= \frac{۱۵۰۰-V_s}{۱۵۰۰} \Rightarrow v_o = \frac{۳۰۰۰-۲V_s}{۱۵۰۰} \end{aligned}$$

$$\frac{۲/۰۰۰۴}{۳۰۰۰-۲V_s} = \frac{۱۵۰۰}{۱۵۰۰-V_s} \Rightarrow ۰/۰۰۴ V_s = ۰/۶ \Rightarrow V_s = ۱۵۰۰ m/s$$

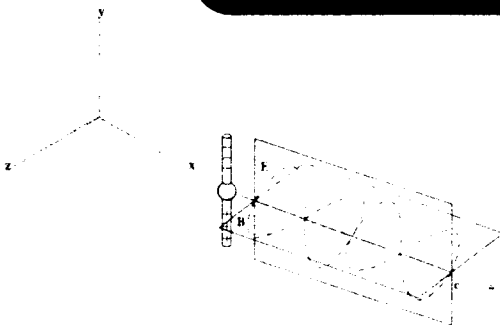
موج‌های الکترومغناطیسی

فصل دوم

پرسش ۱-۲ (صفحه ۱۷۶)

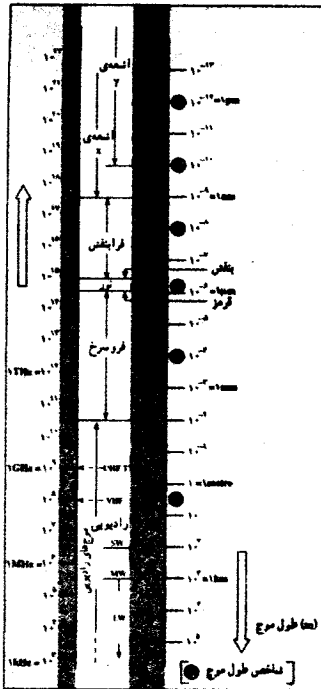
با توجه به شکل ۲-۵ توضیح دهید که موج‌های الکترومغناطیسی طولی‌اند یا عرضی؟

چون راستای انتشار و ارتعاش برهم عمودند موج عرضی هستند.



پرسش ۲-۲ (صفحه ۱۷۹)

با استفاده از شکل ۲-۹ موج‌های مختلف طیف الکترومغناطیسی را به ترتیب افزایش طول موج، نام ببرید.



اشعه γ ، اشعه X ، فرابنفش، نور مرئی، فروسرخ، رادیویی

فعالیت ۲ - ۱ (صفحه ۱۸۰)

جمله‌های زیر را کامل کنید.

۱. میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بر یکدیگر.....
۲. میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی هردو بر..... عمودند. بنابراین موج‌های الکترومغناطیسی از نوع موج‌های.....
۳. نوسان میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با یکدیگر.....
۴. موج‌های الکترومغناطیسی برای انتشار نیاز به..... و انرژی را از محلی به محل دیگر منتقل می‌کنند.
۵. همه موج‌های الکترومغناطیسی با سرعت..... منتشر می‌شوند.

۱. عمودند

۲. راستای انتشار - عرضی اند

۳. همفازند

۴. محیط مادی ندارند

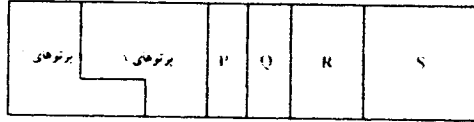
$$۵. ۳ \times ۱۰^۸ \frac{m}{s}$$

پرسش ۲-۳ (صفحه ۱۸۴)

به نظر شما اگر آزمایش ینگ را با نور سفید انجام دهیم، طرح تداخلی چگونه خواهد بود؟ $\hookrightarrow$ نوار مرکزی نوار سفید است و اولین نوار روشن بنفش است. به طور کلی دورترین نوار روشن از نوار مرکزی نوری با طول موج زیادتر و نزدیکترین نوار روشن از نوار مرکزی نوری با طول موج کمتر است.

تمرین‌های فصل دوم (صفحه ۱۸۵)

۱- شکل ۲-۱۴ طیف موج‌های الکترومغناطیسی را با یک مقیاس تقریبی نشان می‌دهد.



(الف) نام قسمت‌هایی از طیف را که تنها با حروف علامت‌گذاری شده‌اند، بنویسید.

(ب) اگر در طول طیف از چپ به راست (از پرتوهای γ به طرف S) حرکت کنیم، چه خاصیتی از پرتوها افزایش، کاهش و یا ثابت می‌ماند؟

ک (الف): S: رادیویی R: فروسرخ Q: مرئی P: فرابنفش

(ب) از پرتوهای γ به طرف S: بسامد کاهش - طول موج افزایش - انرژی کاهش - سرعت انتشار امواج ثابت.

۲- چهار وجه اشتراک و دو تفاوت برای نور فروسرخ و امواج رادیویی بیان کنید.

ک (وجه اشتراک: ۱. سرعت انتشار آن‌ها در خلا $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ است.

۲. حامل انرژی هستند.

۳. طول موج بلند دارند.

۴. در ارتباطات راه دور و ماهواره‌ای کاربرد دارند.

وجه تفاوت: ۱. بسامد فروسرخ بیشتر از بسامد رادیویی است.

۲. انرژی فروسرخ بیشتر از انرژی پرتوهای رادیویی است.

۳- دو دانش‌آموز به نور زرد نگاه می‌کنند. یکی از آنها نور زرد را ترکیب دو نور قرمز و سبز و دیگری آن را از یک

نوع رنگ می‌داند. آزمایش‌ی‌انگ چگونه می‌تواند ما را قادر سازد تا بین این دو نظر یکی را انتخاب کنیم؟

ک (آزمایش‌ی‌انگ را با نور زرد انجام می‌دهیم اگر نوارهای تاریک و روشن منظم باشند نور زرد تک رنگ است. ولی اگر نوارهای تاریک و روشن نامنظم باشند نور زرد ترکیبی از نور قرمز و سبز است.

۴- (الف) از یک ایستگاه رادیویی موج الکترومغناطیسی به طول موج $75m$ گسیل می‌شود. بسامد این موج را

حساب کنید. (ب) موج‌های رادیویی با بسامد $12MHz$ چه طول موجی دارند؟

$$\lambda = 75m$$

$$V = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$$

$$v = ?$$

$$\lambda = \frac{V}{v} \Rightarrow v = \frac{V}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{75} = 4 \times 10^6 Hz$$

ک

(الف)

$$\lambda = \frac{V}{v} \Rightarrow \lambda = \frac{3 \times 10^8}{12 \times 10^6} = 25m$$

$$v = 12MHz = 12 \times 10^6 Hz$$

(ب)

۵- (الف) طول موج نور نارنجی $6/42 \times 10^{-7}m$ است، بسامد این نور چند هرتز است؟

(ب) بسامد نور قرمز در حدود $4/28 \times 10^{12} Hz$ است، طول موج این نور در هوا و آب را حساب کنید. (سرعت نور را

در هوا $3 \times 10^8 m/s$ و در آب $2/25 \times 10^8 m/s$ فرض کنید.

$$\lambda = 6/42 \times 10^{-7}m$$

$$v = ?$$

$$V = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$$

$$\lambda = \frac{V}{v} \Rightarrow 6/42 \times 10^{-7} = \frac{3 \times 10^8}{v} \Rightarrow$$

$$v = 0/467 \times 10^{15} Hz$$

ک

(الف)

$$\left\{ \begin{array}{l} \nu = 4/28 \times 10^{14} \text{ Hz} \\ V_{\text{در هوا}} = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \end{array} \right. \Rightarrow \lambda = \frac{V}{\nu} = \frac{3 \times 10^8}{4/28 \times 10^{14}} = 0.7009 \times 10^{-6} \text{ m} \quad (\text{ب})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \nu = 4/28 \times 10^{14} \text{ Hz} \\ V_{\text{در آب}} = 2/25 \times 10^8 \text{ m/s} \end{array} \right. \Rightarrow \lambda = \frac{2/25 \times 10^8}{4/28 \times 10^{14}} = 0.5257 \times 10^{-6} \text{ m} \quad (\text{پ})$$

۶- گستره‌ی طول موج‌های رادیویی زیر را بدست آورید.

الف) باند AM در گستره‌ی بسامدی ۵۴۰ تا ۱۶۰۰ کیلوهرتز

ب) باند FM در گستره‌ی بسامدی ۸۸ تا ۱۰۸ مگاهرتز

$$\left\{ \begin{array}{l} \nu = 540 \text{ KHz} = 5/4 \times 10^5 \text{ Hz} \\ \lambda = \frac{V}{\nu} = \frac{3 \times 10^8}{5/4 \times 10^5} \approx 0.555 \times 10^3 \text{ m} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \nu = 1600 \text{ KHz} = 1/6 \times 10^6 \text{ Hz} \\ \lambda = \frac{3 \times 10^8}{1/6 \times 10^6} = 1/875 \times 10^2 \text{ m} \end{array} \right. \quad (\text{الف})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \nu = 88 \text{ MHz} = 88 \times 10^6 \text{ Hz} \\ \lambda = \frac{3 \times 10^8}{88 \times 10^6} \approx 3/409 \text{ m} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \nu = 108 \text{ MHz} = 108 \times 10^6 \text{ Hz} \\ \lambda = \frac{3 \times 10^8}{108 \times 10^6} \approx 2/777 \text{ m} \end{array} \right. \quad (\text{ب})$$

۷- آزمایش ینگ را با نور تک رنگ سبز انجام داده و نوارهای تداخلی بر روی پرده‌ی موازی با سطح شکاف‌ها

تشکیل داده‌ایم. برای این که فاصله‌ی دو نوار روشن متوالی را زیاد کنیم. می‌توانیم:

۱. به جای نور سبز از نور تک رنگ قرمز استفاده کنیم.

۲. به جای نور سبز از نور تک رنگ بنفش استفاده می‌کنیم.

۳. فاصله‌ی پرده از شکاف‌ها را زیاد کنیم.

۴. فاصله‌ی دو شکاف را از هم کم کنیم.

$$\left\{ \begin{array}{l} \gamma n \frac{\lambda}{\gamma} = \frac{ax}{D} \\ (\gamma n - 1) \frac{\lambda}{\gamma} = \frac{ax}{D} \end{array} \right. \quad \text{که با توجه به روابط طول موج نوار تاریک و روشن در آزمایش ینگ می‌توان نوشت:}$$

۱. چون طول موج نور قرمز < طول موج نور سبز و با توجه به روابط بالا می‌توان نوشت: $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{x_2}{x_1}$ در نتیجه باعث افزایش فاصله نوارهای تاریک و روشن از نوار مرکزی می‌شود.

۲. چون طول موج نور بنفش > طول موج نور سبز و با توجه به روابط بالا می‌توان نوشت: $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{x_2}{x_1}$ در نتیجه باعث کاهش فاصله نوارهای تاریک و روشن از نوار مرکزی می‌شود.

۳. با افزایش فاصله پرده از شکاف‌ها (D)، با فرض ثابت بودن طول موج در یک آزمایش، طبق رابطه $\frac{x_2}{x_1} = \frac{D_2}{D_1}$ فاصله نوارهای روشن و تاریک از نوار مرکزی افزایش می‌یابد.

۴. با کاهش فاصله دو شکاف (a)، با فرض ثابت بودن طول موج در یک آزمایش، طبق رابطه $\frac{x_2}{x_1} = \frac{a_1}{a_2}$ فاصله دو نوار روشن متوالی زیاد می‌شود.

۸- اگر آزمایش ینگ عیناً در آب انجام گیرد. چه تغییری در وضعیت نوارها نسبت به هوا حاصل می‌شود؟ توضیح

دهید. که چون ضریب شکست آب بیشتر از هوا است. بنابراین با انتقال آزمایش ینگ به آب طول موج نور در آب طبق رابطه $\lambda' = \frac{\lambda}{n}$ کاهش می‌یابد و با ثابت بودن سایر شرایط فاصله نوارهای روشن و تاریک از نوار مرکزی کاهش می‌یابد. (طبق روابط داده شده در تمرین ۷ می‌توان گفت $\lambda \propto x$ است.)

۹- یک صافی مقابل چراغ جیوه قرار می دهیم، به طوری که تمام طول موج ها به جز ناحیه ی سبز آن جذب می شود. با این نور سبز طرح تداخلی آزمایش یانگ را به فاصله ی دو شکاف $a = 0.6 \text{ mm}$ روی پرده ای به فاصله $D = 2/5 \text{ m}$ از دو شکاف تشکیل می دهیم. اگر فاصله ی دو نوار روشن پهلوی هم $2/27 \text{ mm}$ باشد، طول موج نور سبز را حساب کنید. $\Rightarrow$

$$\begin{aligned} a &= 0.6 \text{ mm} \\ D &= 2/5 \text{ m} = 250.0 \text{ mm} \\ n &= 1 \\ x &= 2/27 \text{ mm} \\ \lambda &=? \end{aligned} \Rightarrow n \frac{\lambda}{2} = \frac{ax}{D} \Rightarrow \lambda = \frac{0.6 \times 2/27}{250.0} = 5/44 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

۱۰- در آزمایش دو شکاف یانگ، فاصله ی دو شکاف 0.4 mm و فاصله ی پرده تا دو شکاف 80 cm است. اگر طول موج نور $0.6 \mu\text{m}$ باشد فاصله ی نوار دهم روشن از نوار مرکزی را حساب کنید. $\Rightarrow$

$$\begin{aligned} a &= 0.4 \text{ mm} \\ D &= 80 \text{ cm} = 800 \text{ mm} \\ \lambda &= 0.6 \mu\text{m} = 0.6 \times 10^{-3} \text{ mm} \\ n &= 10 \\ x &=? \end{aligned}$$

$$n \frac{\lambda}{2} = \frac{ax}{D} \Rightarrow 10 \times 10^{-3} \times 0.6 = \frac{0.4 \times x}{800} \Rightarrow x = \frac{4/8}{0.4} = 12 \text{ mm}$$

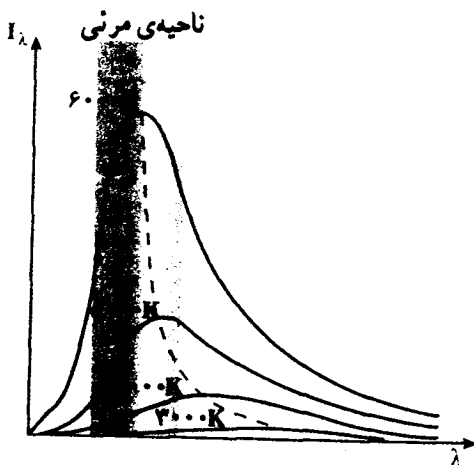
آشنایی با فیزیک اتمی

فصل سوم

پرسش ۳-۱ (صفحه ۱۹۰)

آیا می توانید بگویید در جایی که نشسته اید تابش گسیل شده از چه اجسامی بر شما می تابد (فرود می آید)؟ آیا از خود شما نیز در این حال تابش گسیل می شود؟ $\Rightarrow$ از سطح همه ی اجسام در هر دمایی موج های الکترومغناطیسی گسیل می شود. بله چون دمای بدن 37°C است و تابش گسیل شده دارای طول موج بلند در ناحیه فرو سرخ است.

فعالیت ۳-۱ (صفحه ۱۹۳)



با بررسی شکل ۳-۵ در گروه خود، الف) تابندگی جسم سیاه را برای یک طول موج معین، در دماهای مختلف، با یکدیگر مقایسه کنید. ب) مشخص کنید که آیا در یک دمای معین همه ی طول موج ها با تابندگی یکسان تابش می شوند یا نه؟ پ) اگر نتیجه ی دیگری از این بررسی به دست آورده اید به کلاس گزارش کنید. $\Rightarrow$ الف) یا توجه به شکل ۳-۵، هر چه دمای جسم سیاه بیشتر باشد، بیشینه ی منحنی، یعنی طول موجی که با بیشترین تابندگی گسیل می شود، به طرف طول موج های کوتاه تر می رود، علاوه بر این شدت تابشی کل گسیل شده نیز با افزایش دما بیشتر می شود. ب) خیر - زیرا اگر تابندگی یکسان بود باید منحنی در یک دمای معین موازی محور طول موج می شد در صورتی که این طور نیست.

۹- یک صافی مقابل چراغ جیوه قرار می دهیم، به طوری که تمام طول موج ها به جز ناحیه ی سبز آن جذب می شود. با این نور سبز طرح تداخلی آزمایش یانگ را به فاصله ی دو شکاف $a = 0.6 \text{ mm}$ روی پرده ای به فاصله $D = 2/5 \text{ m}$ از دو شکاف تشکیل می دهیم. اگر فاصله ی دو نوار روشن پهلوی هم $2/27 \text{ mm}$ باشد، طول موج نور سبز را حساب کنید. $\Rightarrow$

$$\begin{aligned} a &= 0.6 \text{ mm} \\ D &= 2/5 \text{ m} = 250.0 \text{ mm} \\ n &= 1 \\ x &= 2/27 \text{ mm} \\ \lambda &=? \end{aligned} \Rightarrow n \frac{\lambda}{2} = \frac{ax}{D} \Rightarrow \lambda = \frac{0.6 \times 2/27}{250.0} = 5/44 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

۱۰- در آزمایش دو شکاف یانگ، فاصله ی دو شکاف 0.4 mm و فاصله ی پرده تا دو شکاف 80 cm است. اگر طول موج نور $0.6 \mu\text{m}$ باشد فاصله ی نوار دهم روشن از نوار مرکزی را حساب کنید. $\Rightarrow$

$$\begin{aligned} a &= 0.4 \text{ mm} \\ D &= 80 \text{ cm} = 800 \text{ mm} \\ \lambda &= 0.6 \mu\text{m} = 0.6 \times 10^{-3} \text{ mm} \\ n &= 10 \\ x &=? \end{aligned}$$

$$n \frac{\lambda}{2} = \frac{ax}{D} \Rightarrow 10 \times 10^{-3} \times 0.6 = \frac{0.4 \times x}{800} \Rightarrow x = \frac{4/8}{0.4} = 12 \text{ mm}$$

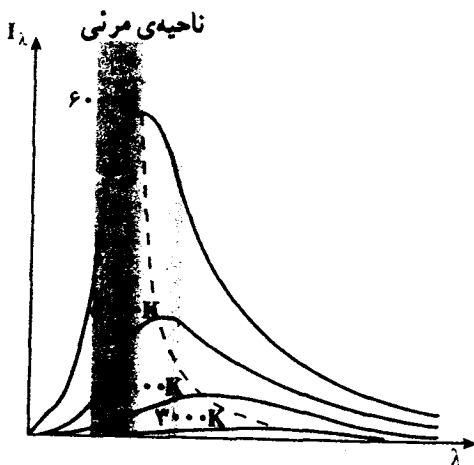
آشنایی با فیزیک اتمی

فصل سوم

پرسش ۳-۱ (صفحه ۱۹۰)

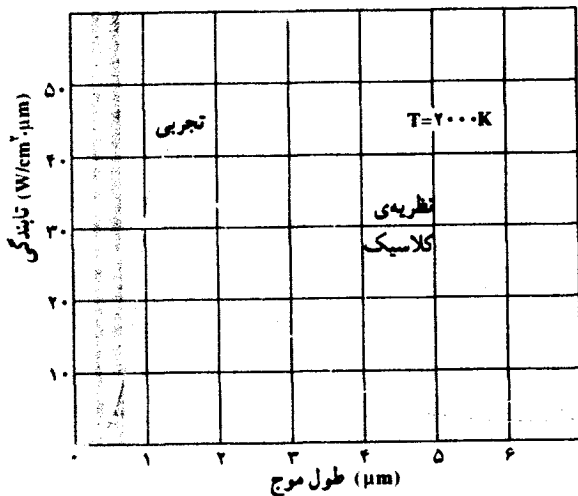
آیا می توانید بگویید در جایی که نشسته اید تابش گسیل شده از چه اجسامی بر شما می تابد (فرود می آید)؟ آیا از خود شما نیز در این حال تابش گسیل می شود؟ $\Rightarrow$ از سطح همه ی اجسام در هر دمایی موج های الکترومغناطیسی گسیل می شود. بله چون دمای بدن 37°C است و تابش گسیل شده دارای طول موج بلند در ناحیه فرو سرخ است.

فعالیت ۳-۱ (صفحه ۱۹۳)



با بررسی شکل ۳-۵ در گروه خود، الف) تابندگی جسم سیاه را برای یک طول موج معین، در دماهای مختلف، با یکدیگر مقایسه کنید. ب) مشخص کنید که آیا در یک دمای معین همه ی طول موج ها با تابندگی یکسان تابش می شوند یا نه؟ پ) اگر نتیجه ی دیگری از این بررسی به دست آورده اید به کلاس گزارش کنید. $\Rightarrow$ الف) یا توجه به شکل ۳-۵، هر چه دمای جسم سیاه بیشتر باشد، بیشینه ی منحنی، یعنی طول موجی که با بیشترین تابندگی گسیل می شود، به طرف طول موج های کوتاه تر می رود، علاوه بر این شدت تابشی کل گسیل شده نیز با افزایش دما بیشتر می شود. ب) خیر - زیرا اگر تابندگی یکسان بود باید منحنی در یک دمای معین موازی محور طول موج می شد در صورتی که این طور نیست.

فعالیت ۳ - ۲ (صفحه ۱۹۴)



در گروه خود دو منحنی شکل ۳-۶ را مورد بحث قرار دهید و موارد ناسازگاری بین آن دو را مشخص کنید. ~~که~~ در نمودار فوق، محاسبه‌های کلاسیکی پیش‌بینی می‌کند که مقدار انرژی گسیل شده با طول موج بسیار کوتاه باید نامتناهی باشد. اما همانطور که در نمودار تجربی می‌بینید مقدار این انرژی بسیار کوچک است. در نمودار تجربی، تابندگی در طول موج خاصی بیشینه است در صورتی که در نظریه کلاسیک این طور نیست.

تمرین ۳ - ۱ (صفحه ۱۹۶)

ثابت پلانک را بر حسب eVs به دست آورید.

$$\begin{cases} h = 6/63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \\ 1 \text{ eV} = 1/6 \times 10^{-19} \text{ J} \end{cases} \Rightarrow h = \frac{6/63 \times 10^{-34}}{1/6 \times 10^{-19}} \approx 4/143 \times 10^{-15} \text{ eVs}$$

تمرین ۳ - ۲ (صفحه ۱۹۶)

نور زرد با بسامد تقریبی $6 \times 10^{14} \text{ Hz}$ بسامد اصلی نور خورشید را تشکیل می‌دهد. انرژی ای که هر کوانتوم این نور (فوتون) حمل می‌کند بر حسب eV چقدر است؟

$$\begin{cases} \nu = 6 \times 10^{14} \text{ Hz} \\ h = 6/63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \end{cases} \Rightarrow E = h\nu = 6/63 \times 10^{-34} \times 6 \times 10^{14} = 39/78 \times 10^{-20} \text{ J}$$

$$\Rightarrow E = \frac{39/78 \times 10^{-20}}{1/6 \times 10^{-19}} \approx 24/86 \times 10^{-1} \text{ eV}$$

تمرین ۳ - ۳ (صفحه ۱۹۶)

انرژی یک کوانتوم رنگ معینی از نور مرئی، برابر $5 \times 10^{-19} \text{ J}$ است. رنگ این نور را مشخص کنید.

$$\begin{cases} E = 5 \times 10^{-19} \text{ J} \\ h = 6/63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \end{cases} \Rightarrow E = h\nu \Rightarrow \nu = \frac{E}{h} = \frac{5 \times 10^{-19}}{6/63 \times 10^{-34}} \Rightarrow \nu = 0/754 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

بسامد نور بنفش است.

تمرین ۳ - ۴ (صفحه ۱۹۶)

بیشترین طول موج گسیلی که از بدن انسان تابش می‌شود برابر $\lambda = 940 \text{ nm}$ است. الف) بسامد این تابش چقدر است؟

ب) نوع موج الکترومغناطیسی را تعیین کنید.

پ) انرژی ای که توسط هر کوانتوم این موج الکترومغناطیسی حمل می شود بر حسب eV چقدر است؟

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda = 94 \cdot \mu m = 94 \cdot 10^{-6} m \\ V = 3 \times 10^8 \frac{m}{s} \\ v = ? \end{array} \right. \Rightarrow \lambda = \frac{V}{v} \Rightarrow v = \frac{V}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{94 \cdot 10^{-6}} = 0.319 \times 10^{13} Hz \quad (\text{الف})$$

$$v = 3.19 \times 10^{11} Hz$$

ب) در محدوده فرو سرخ

$$E = hv = 6.63 \times 10^{-34} \times 3.19 \times 10^{11} \approx 2.115 \times 10^{-23} J \quad (\text{پ})$$

$$E = \frac{2.115 \times 10^{-23}}{1.6 \times 10^{-19}} \approx 13.22 \times 10^{-4} eV$$

فعالیت ۳ - ۳ (صفحه ۲۰۲)

با بحث و بررسی در گروه خود، نشان دهید که دو مشکلی که در تفسیر کلاسیکی نتیجه های تجربی پدیده ی فوتوالکتریک وجود داشت در رابطه ی $eV_0 = h\nu - w$ وجود ندارد.

$$eV_0 = h\nu - w \Rightarrow V_0 = \frac{h}{e}\nu - \frac{w}{e}$$

طبق رابطه روبرو شیب خط راست شکل V_0 بر حسب ν برابر با $\frac{h}{e}$ است.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{یشینه} = h\nu - w \\ h\nu = w \end{array} \right. \Rightarrow k = 0 \Rightarrow \text{نور بدون توجه به شدتش، از کندن الکترون ها عاجز است.}$$

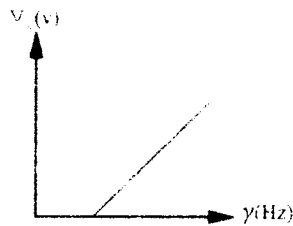
فعالیت ۴ - ۳ (صفحه ۲۰۲)

منحنی تغییرات V_0 بر حسب بسامد ν را با استفاده از رابطه ی $3-10$ رسم کنید، با بحث و بررسی در گروه خود مشخص کنید که شیب این خط و طول از مبدأ آن، هر یک چه کمیت هایی را مشخص می کنند؟

$$\left\{ \begin{array}{l} V_0 = \frac{h}{e}\nu - \frac{w}{e} \\ \text{شیب خط} = \frac{h}{e} \\ \text{طول از مبدأ} = \frac{w}{h} \end{array} \right.$$

$$\nu_0 = \frac{w}{h}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_0 = 0 \\ V_0 = \frac{h}{e}\nu - \frac{w}{e} \Rightarrow 0 = \frac{h}{e}\nu - \frac{w}{e} \Rightarrow \nu = \frac{w}{h} \end{array} \right.$$



طول از مبدأ، بسامد قطع را نشان می دهد و شیب خط $\frac{1}{e}$ ثابت پلانک است.

تمرین ۵ - ۳ (صفحه ۲۰۴)

طول موج قطع برای اثر فوتوالکتریک در یک فلز معین برابر $254 nm$ است.

الف) تابع کار این فلز بر حسب الکترون - ولت چقدر است؟

ب) آیا اثر فوتوالکتریک به ازای $254 nm > \lambda$ مشاهده خواهد شد یا به ازای $254 nm < \lambda$ ؟ چرا؟

$$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} = 4.14 \times 10^{-15} \text{ eVs}$$

$$\lambda = 254 \text{ nm} = 254 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$w_0 = ?$$

$$w_0 = h\nu_0 = h \frac{c}{\lambda_0} = 4.14 \times 10^{-15} \times \frac{3 \times 10^8}{254 \times 10^{-9}} \quad (\text{الف})$$

$$\Rightarrow w_0 \approx 4.88 \text{ eV}$$

(ب) طبق فرمول $w_0 = h \frac{c}{\lambda_0}$ می توان گفت $w_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$ بنابراین: اگر $\lambda > 254 \text{ nm}$ باشد $w_0 < 4.88 \text{ eV}$ می شود و پدیده فوتوالکتریک مشاهده نمی شود. پس باید $\lambda < 254 \text{ nm}$ باشد.

تمرین ۳ - ۶ (صفحه ۲۰۵)

تابع کار فلز روی 4.31 eV است. هرگاه نور بر سطحی از جنس روی بتابد و فوتو الکترون ها مشاهده شوند،

(الف) بلندترین طول موجی که سبب گسیل فوتوالکتریک ها می شود چقدر است؟

(ب) وقتی نور به طول موج 220 nm به کار گرفته شود ولتاژ متوقف کننده چقدر است؟

$$w_0 = 4.31 \text{ eV}$$

$$\lambda_{\max} = ?$$

$$h = 4.14 \times 10^{-15} \text{ eVs}$$

$$\Rightarrow w_0 = h \frac{c}{\lambda_0} \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{hc}{w_0} = \frac{4.14 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{4.31}$$

(الف)

$$\Rightarrow \lambda_{\max} = 2.88 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = 220 \text{ nm} = 220 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$eV_0 = h\nu - w_0 \Rightarrow V_0 = \frac{hc}{e\lambda} - \frac{w_0}{e} = \frac{hc}{e\lambda} - \frac{w_0}{e} \quad (\text{ب})$$

$$\Rightarrow V_0 = \frac{4.14 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{e \times 220 \times 10^{-9}} - \frac{4.31 \text{ eV}}{e} = 1.33 \text{ V}$$

فعالیت ۳ - ۵ (صفحه ۲۰۹)

با بحث در گروه خود مشخص کنید که چگونه می توان با استفاده از طیف جذبی خورشید به وجود عنصرهای مختلف در جو خورشید پی برد؟ ~~ک~~ طیف اتمی هر عنصر طول موج های ویژه خود را دارد، که با مطالعه و مقایسه ی طیف های تابشی و جذبی هر اتم با عناصر موجود می توان نوع اتم را مشخص نمود. با عبور نور خورشید از طیف نما، نور خورشید تجزیه شده و نوارهای تاریکی با طول موج های مختلف تشکیل می شود. با مقایسه طول موج های طیف جذبی خورشید و طیف جذبی عناصر موجود در زمین، عناصر موجود در جو خورشید شناسایی می شوند.

تمرین ۳ - ۷ (صفحه ۲۱۹)

مشخص کنید که برای خط های هر یک از رشته های دیگر طیف اتم هیدروژن الکترون باید از چه مدارهایی به چه

مدارهایی برود؟ ~~ک~~ از مدارهای $n_1 > 1$ به مدار $n_2 = 1$ رشته لیمان

از مدارهای $n_1 > 3$ به مدار $n_2 = 3$ رشته پاشن

از مدارهای $n_1 > 4$ به مدار $n_2 = 4$ رشته براکت

از مدارهای $n_1 > 5$ به مدار $n_2 = 5$ رشته پفوند

فعالیت ۳ - ۶ (صفحه ۲۱۹)

موضوع زیر را در گروه خود به بحث گذاشته و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.
به کمک الگوی اتمی بور برای اتم هیدروژن، نشان دهید که طول موج خط‌های طیف جذبی و طیف گسیلی اتم هیدروژن با یکدیگر برابرند.  نور سفید را از بخار هیدروژن عبور داده و نور حاصل را به وسیله منشور تجزیه می‌کنیم، طیف پیوسته‌ای از رنگ بنفش تا قرمز با نوارهای تاریکی بر روی پرده تشکیل می‌شود. این نوارهای تاریک طول موج‌های جذبی عنصر هیدروژن است.

بخار هیدروژن را به مقدار لازم گرم می‌کنیم که از خود نور گسیل می‌کند و اگر این نور را به وسیله منشور تجزیه کنیم، بر روی پرده نوارهای روشنی تشکیل می‌شود. که معرف طول موج‌های گسیلی عنصر هیدروژن است. مقایسه این دو نشان می‌دهد که اتم‌های هیدروژن همان طول موج‌هایی از نور سفید را جذب می‌کند که اگر به اندازه کافی گرم شود گسیل می‌کند.

در واقع الکترون اتم هیدروژن با جذب فوتون با انرژی معین از مدار پایین به مدار بالا می‌رود و نوارهای تاریک را در طیف جذبی ایجاد می‌کند و هرگاه اتم هیدروژن برانگیخته شود، الکترون انرژی را به صورت فوتون گسیل می‌کند و از مدار بالا به مدار پایین می‌رود و نوارهای روشن را در طیف گسیلی تشکیل می‌دهد.

تمرین ۳ - ۸ (صفحه ۲۲۰)

انرژی بستگی الکترون را در هر یک از حالت‌های برانگیخته‌ی E_1 و E_2 اتم هیدروژن به دست آورید. 

$$\begin{cases} z=1 \\ E_R = 13/6 \text{ ev} \\ n=2 \end{cases} \Rightarrow E_n = -E_R \frac{z^2}{n^2} \Rightarrow E_2 = -13/6 \times \frac{1^2}{2^2}$$

$$\Rightarrow E_2 = \frac{-13/6}{4} = -3/4 \text{ ev}$$

$$E_2 = -13/6 \times \frac{1^2}{2^2} = \frac{-13/6}{4} = -1/51 \text{ ev}$$

$$\text{حالت اول } E = E_\infty - E_2 = 0 - (-3/4) = 3/4 \text{ ev}$$

$$\text{حالت دوم } E = E_\infty - E_2 = 0 - (-1/51) = 1/51 \text{ ev}$$

فعالیت ۳ - ۷ (صفحه ۲۲۲)

به اتفاق دیگر اعضای گروه خود، فهرستی دیگر از کاربردهای لیزری در زندگی، صنعت و فناوری تهیه کنید و به کلاس درس ارائه دهید.  کاربرد لیزر در پزشکی، صنعت و نظامی مورد توجه است. در پزشکی به عنوان چاقوی جراحی، ترمیم انحنای عدسی چشم، برای نابودی غدد سرطانی، تشخیص پوسیدگی‌های پنهان دندان به کار می‌رود. در صنعت به عنوان برش دهنده و جوش دهنده فلزات، حکاکی روی فلزات، در فیبرهای نوری، برای خواندن و نوشتن CD و DVD و تهیه تصاویر سه بعدی به کار می‌رود و در نظامی برای فاصله‌یابی، نشانه روی دقیق روی هدف و... به کار می‌رود.

تمرین‌های فصل سوم (صفحه ۲۲۵)

۱- چند پدیده را نام ببرید که فیزیک کلاسیک قادر به توجیه آن نیست؟  تابش گرمایی جسم داغ، پدیده فوتوالکتریک و طیف اتمی.

۲- دمای سطح خورشید حدود 6000 K است.

الف) بیشینه تابندگی خورشید در چه طول موجی است؟

ب) انرژی هر فوتون در این طول موج چند الکترون ولت است؟

پ) این طول موج در چه ناحیه‌ای از طیف موج‌های الکترومغناطیسی است؟

$$\lambda_{\max} T = 2.9 \times 10^{-3} \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{2.9 \times 10^{-3}}{6000} = 0.483 \times 10^{-6} \text{ m} \quad (\text{الف})$$

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{4/14 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{0.483 \times 10^{-6}} \Rightarrow E = 25/72 \times 10^{-1} \text{ eV} \quad (\text{ب})$$

پ) نور مرئی و رنگ سبز

۳- توضیح دهید تغییر هر یک از کمیت‌های زیر چه تأثیری در نتیجه‌ی پدیده‌ی فوتوالکتریک دارد.

الف) دوبرابر کردن بسامد نور فرودی $\Rightarrow$ ولتاژ متوقف کننده نیز زیاد می‌شود (نه دو برابر)

ب) دو برابر کردن طول موج نور فرودی $\Rightarrow$ ولتاژ متوقف کننده نیز کم می‌شود (نه یک دوم برابر)

پ) دو برابر کردن شدت نور فرودی در یک بسامد معین $\Rightarrow$ ولتاژ متوقف کننده بدون تغییر است.

۴- طول موج قطع فوتو الکتریک یک سطح فلزی برای $225/6 \text{ nm}$ است. به ازای چه طول موجی، ولتاژ متوقف

کننده برابر 0.97 V است؟

$$\begin{aligned} V_0 &= 0.97 \text{ V} \\ \lambda &=? \\ \lambda_0 &= 225/6 \text{ nm} = 225/6 \times 10^{-9} \text{ m} \\ h\nu_0 &= h\nu - \phi \Rightarrow \phi = 4/14 \times 10^{-15} \times \frac{3 \times 10^8}{225/6 \times 10^{-9}} \\ &= 3/81 \text{ eV} \\ h\nu &= 4/14 \times 10^{-15} \text{ eVs} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} eV_0 &= h\nu - \phi \Rightarrow V_0 = \frac{hc}{e\lambda} - \frac{\phi}{e} \Rightarrow 0.97 = \frac{4/14 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{e \times \lambda} - \frac{3/81}{e} \\ \Rightarrow \lambda &= \frac{4/14 \times 10^{-15} \text{ eVs} \times 3 \times 10^8}{4/78e} \approx 2/6 \times 10^{-7} \text{ m} = 260 \text{ nm} \end{aligned}$$

۵- فوتون هایی به سطح یک قطعه سدیم که تابع کار آن $2/2 \text{ eV}$ است فرود می‌آید و موجب گسیل فوتو

الکترون هایی از سطح این فلز می‌شود. هرگاه ولتاژ متوقف کننده‌ای برابر 5 V اعمال شود، جریان ناشی از فوتو

الکترون ها قطع می‌شود. طول موج فوتون های فرودی چقدر است؟

$$\begin{aligned} \left\{ \begin{aligned} w_0 &= 2/2 \text{ eV} \\ V_0 &= 5 \text{ V} \end{aligned} \right. \quad V_0 = \frac{hc}{e\lambda} - \frac{w_0}{e} \Rightarrow 5 = \frac{4/14 \times 10^{-15} \text{ eVs} \times 3 \times 10^8}{e \times \lambda} - \frac{2/2}{e} \\ \Rightarrow \lambda &= 1/725 \times 10^{-7} \text{ m} = 172/5 \text{ nm} \end{aligned}$$

۶- انرژی لازم برای جدا کردن یک الکترون از سطح فلز سدیم برابر با $2/28 \text{ eV}$ است؟ الف) آیا فوتون هایی با

طول موج 680 nm قادر به جدا کردن الکترون از سطح این فلز هستند. ب) طول موج قطع برای گسیل

فوتوالکترون از سطح فلز سدیم چقدر است و این طول موج مربوط به چه رنگی است؟

$$\begin{aligned} \left\{ \begin{aligned} w_0 &= 2/28 \text{ eV} \\ \lambda &= 680 \text{ nm} \end{aligned} \right. \quad w_0 = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{w_0} = \frac{4/14 \times 10^{-15} \text{ eVs} \times 3 \times 10^8}{2/28 \text{ eV}} \\ \Rightarrow \lambda &= 5/44 \times 10^{-7} \text{ m} = 544 \text{ nm} \end{aligned}$$

چون $544 < 680 \text{ nm}$ و $w_0 \propto \frac{1}{\lambda}$ فوتونها با طول موج 680 nm قادر به کندن الکترون از سطح این فلز نیستند.

ب) در محاسبات قسمت الف) 544 nm بدست آمد. رنگ سبز

۷- در چه مواردی یک جسم، طیف پیوسته یا ناپیوسته گسیل می‌کند؟ $\Rightarrow$ اگر اتم های یک جسم به صورت جامد

گروهی یا مایع باشند و نور ساطع کنند، طیف نور تابشی به صورت پیوسته می‌باشد. و اگر اتم یک جسم به صورت بخار

یا گاز منفرد باشد و نور تابش کند، در طیف نور تابشی آن طول موج های ناپیوسته‌ی معینی ظاهر می‌شود که ناپیوسته

بودن طیف تابشی را نشان می‌دهد.

۸- آیا ممکن است به کمک طیف گسیلی پیوسته‌ی یک جسم، به جنس آن پی برد؟ به کمک چه طیفی می‌توان این کار را انجام داد؟ $\leftarrow$ خیر - در طیف گسیلی پیوسته‌ی یک جسم، طول موج‌های مشخصی وجود ندارد که بتوان دقیقاً به جنس اجسام پی برد. به کمک طیف ناپیوسته‌ی اجسام.

۹- آیا ممکن است به کمک طیف خورشید، عناصر موجود در خورشید را شناسایی کرد؟ توضیح دهید. $\leftarrow$ طیف اتمی هر عنصر طول موج‌های ویژه‌ی خود را دارد، که با مطالعه و مقایسه‌ی طیفهای تابشی و جذبی هر اتم با عناصر موجود می‌توان نوع اتم را مشخص نمود. با عبور نور خورشید از طیف نما، نور خورشید تجزیه شده و نوارهای تاریکی با طول موج‌های مختلف تشکیل می‌شود. با مقایسه طول موج‌های طیف جذبی نور خورشید و طیف جذبی عناصر موجود در زمین، عناصر موجود در جو خورشید شناسایی می‌شوند.

۱۰- ضعف مدل اتمی رادرفورد را در مورد پایداری اتم توضیح دهید. بور چگونه پایداری اتم هیدروژن را توضیح داد. $\leftarrow$ در الگوی اتمی رادرفورد همه‌ی بار مثبت اتم در یک ناحیه‌ی مرکزی با حجم بسیار کوچکی به نام هسته متمرکز شده است و اطراف آن را الکترون‌ها با بار منفی، در فاصله‌ای زیاد احاطه کرده‌اند، به گونه‌ای که می‌توان گفت فضای بین هسته و الکترون‌ها خالی است. اما با توجه به اینکه الکترون‌هایی که به دور هسته می‌گردند حرکت شتابدار دارند و امواج الکترومغناطیسی گسیل می‌کنند و با گسیل این امواج، از انرژی الکترون کاسته شده و نهایتاً الکترون به هسته برخورد می‌کند.

بنابراین الگوی رادرفورد برای اتم، اولاً نمی‌تواند پایداری حرکت الکترون‌ها در مدارهای اتمی و در نتیجه پایداری اتم‌ها را توضیح دهد و ثانیاً قادر به توجیه طیف گسسته‌ی اتمی نیست. بور برای حل ضعف‌های مدل اتمی رادرفورد، چهار اصل بیان کرد.

۱. الکترون، تنها روی مدارهای دایره‌ای با شعاع‌های معینی حرکت می‌کند، این مدارها، مدارهای مانا نامیده می‌شوند.
۲. الکترون در حین حرکت روی یک مدار مانا، بر خلاف نظریه‌ی الکترومغناطیسی کلاسیک، تابشی گسیل نمی‌کند.
۳. شعاع مدارهای مانا مقدارهای مشخص گسسته‌ای می‌تواند داشته باشند. اگر شعاع اولین مدار را برابر a_0 بگیریم. شعاع‌های مجاز از رابطه‌ی $r_n = a_0 n^2$ ، $n = 1, 2, 3, \dots$ به دست می‌آیند.

۴. الکترون تنها هنگامی می‌تواند تابش الکترومغناطیسی گسیل کند که از یک حالت مانا به انرژی E_n به حالت مانای دیگری با انرژی کمتر $E_{n'}$ برود. به عبارت دیگر از یک تراز انرژی بالاتر به یک تراز انرژی پایین‌تر برود. در این صورت انرژی فوتون موج الکترومغناطیسی گسیل شده برابر اختلاف انرژی بین دو تراز است. یعنی $h\nu = E_n - E_{n'}$

۱۱- ناپیوسته بودن طیف گسیلی اتم هیدروژن را بر اساس مدل اتمی بور توضیح دهید. $\leftarrow$ با توجه به چهار اصل مدل بور می‌توان نتیجه گرفت که انرژی الکترون‌ها در اتم به شعاع مدارها بستگی دارد و الکترون مقادیر انرژی گسسته‌ی $E_1, E_2, \dots$ را می‌تواند اختیار کند. که این مقادیر گسسته از رابطه

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2}$$

تعیین می‌شود و اختلاف انرژی بین دو تراز برابر با انرژی فوتون موج الکترومغناطیسی گسیل شده است. $E_R = 13.6 \text{ eV}$

۱۲- طول موج رشته‌ی لیمان مربوط به اتم هیدروژن را با استفاده از رابطه‌ی ریدبرگ حساب کنید. مکان این خطوط را در طیف موج‌های الکترومغناطیسی مشخص کنید. $\leftarrow$ در رشته لیمان، الکترون‌ها از مدارهای $n_1 > 1$ به مدارهای $n_2 = 1$ می‌روند. بنابراین:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) \\ n_2 = 1 \\ n_1 = 2, 3, 4, \dots \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} n_1 = 2 \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 0.109 \times \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{4} \right) \Rightarrow \lambda = 121.5 \text{ nm} \\ n_1 = 3 \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 0.109 \times \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{9} \right) \Rightarrow \lambda = 102.5 \text{ nm} \\ n_1 = 4 \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 0.109 \times \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{16} \right) \Rightarrow \lambda = 97.2 \text{ nm} \end{array} \right.$$

این طول موج‌ها مربوط به فرابنفش است.

۱۳- چه جنبه‌هایی از مدل بور در مورد اتم هیدروژن (الف) کلاسیکی، و (ب) غیر کلاسیکی است؟
 (الف) نیروی لازم برای حرکت الکترون در مدار اتم از جنبه‌های کلاسیکی مدل اتمی بور است.
 (ب) جذب فوتون توسط الکترون و به مدار بالاتر رفتن - گسیل فوتون هنگامی که الکترون از مدار بالاتر به مدار پایین‌تر می‌رود و ناپیوسته بودن انرژی الکترون‌ها در اتم.

۱۴- اگر الکترون در اتم هیدروژن در تراز $n=4$ باشد چه طول موج‌هایی را می‌تواند تابش کند؟
 (که می‌تواند از تراز $n_1=4$ به هر یک از ترازهای $n_2=3$ ، $n_2=2$ و $n_2=1$ برود. بنابراین:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) \Rightarrow \begin{cases} n_2=3 \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 0.0109 \times \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16} \right) \Rightarrow \lambda = 1875 \text{ nm} \\ n_2=2 \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 0.0109 \times \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{16} \right) \Rightarrow \lambda = 486 \text{ nm} \\ n_2=1 \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 0.0109 \times \left(1 - \frac{1}{16} \right) \Rightarrow \lambda = 97.2 \text{ nm} \end{cases}$$

می‌تواند از تراز $n_1=4$ به هر یک از ترازهای $n_2=2$ و $n_2=1$ برود. بنابراین:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) \Rightarrow \begin{cases} n_2=2 \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 0.0109 \times \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) \Rightarrow \lambda = 656 \text{ nm} \\ n_2=1 \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 0.0109 \times \left(1 - \frac{1}{9} \right) \Rightarrow \lambda = 1.215 \mu\text{m} \end{cases}$$

می‌تواند از تراز $n_1=2$ به تراز $n_2=1$ برود. بنابراین:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 0.0109 \times \left(1 - \frac{1}{4} \right) \Rightarrow \lambda = 121.5 \text{ nm}$$

۱۵- یک لامپ بخار سدیم، فوتون‌هایی با طول موج 589 nm گسیل می‌کند. اگر توان تابشی لامپ 6 W باشد در هر ثانیه چند فوتون از این لامپ گسیل می‌شود؟

$$\begin{aligned} \lambda &= 589 \text{ nm} = 589 \times 10^{-9} \text{ m} \\ P &= 6 \text{ W} \Rightarrow P = \frac{E}{t} \Rightarrow E = Pt \Rightarrow nh\nu = Pt \Rightarrow \\ t &= 1 \text{ s} \Rightarrow n = \frac{Pt}{h\nu} = \frac{Pt\lambda}{hc} = \frac{6 \times 1 \times 589 \times 10^{-9}}{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8} \\ n &= 1.78 \times 10^{19} \end{aligned}$$

۱۶- طول موج فوتون‌های گسیلی از یک لامپ نازنجی رنگ برابر 600 nm است. بسامد و انرژی فوتون‌های گسیلی را حساب کنید. انرژی را بر حسب ژول و همچنین الکترون - ولت بیان کنید.

$$\begin{aligned} \lambda &= 600 \text{ nm} = 6 \times 10^{-7} \text{ m} \\ \nu &=? \Rightarrow \lambda = \frac{c}{\nu} \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{6 \times 10^{-7}} = 5 \times 10^{14} \text{ Hz} \\ E &=? \text{ J, eV} \Rightarrow E = h\nu = 6.63 \times 10^{-34} \times 5 \times 10^{14} = 3.315 \times 10^{-19} \text{ J} \\ E &= \frac{3.315 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.07 \text{ eV} \end{aligned}$$

۱۷- انرژی یونش، انرژی لازم برای خارج کردن یک الکترون از اتم است. انرژی یونش را در موارد زیر حساب کنید: (الف) حالت پایه اتم هیدروژن ($n=1$)؛ (ب) تراز $n=3$ اتم هیدروژن

$$\begin{aligned} \text{الف)} \quad \begin{cases} E_{\infty} = 0 \\ E_1 = -13.6 \text{ eV} \end{cases} & \text{یونش } E = E_{\infty} - E_1 = 0 - (-13.6) = 13.6 \text{ eV} \\ \text{ب)} \quad \begin{cases} E_{\infty} = 0 \\ E_3 = -1.51 \text{ eV} \end{cases} & \text{یونش } E = E_{\infty} - E_3 = 0 - (-1.51) = 1.51 \text{ eV} \end{aligned}$$

۱۸- با استفاده از رابطه‌ی بور اختلاف انرژی $E_{n_1} - E_{n_2} = \Delta E(n_1 \rightarrow n_2)$ را حساب کنید. و نشان دهید که:

$$\Delta E(4 \rightarrow 2) = E(4 \rightarrow 3) + E(3 \rightarrow 2) \quad \text{الف)}$$

$$\Delta E(4 \rightarrow 1) = E(4 \rightarrow 2) + E(2 \rightarrow 1) \quad \text{ب)}$$

$$n=2 \Rightarrow E_2 = -\frac{13/6}{4} = -3/4 \text{ ev}$$

$$\text{الف)} \begin{cases} E_n = -\frac{E_R}{n^2} \\ E_R = 13/6 \text{ ev} \end{cases}$$

$$n=3 \Rightarrow E_3 = -\frac{13/6}{9} = -1/5.1 \text{ ev}$$

$$n=4 \Rightarrow E_4 = -\frac{13/6}{16} = -0.8125 \text{ ev}$$

$$\text{چپ} \quad \Delta E(4 \rightarrow 2) = E_2 - E_4 = -3/4 - (-0.8125) = -0.1875 \text{ ev}$$

$$\text{راست} \quad E(4 \rightarrow 3) + E(3 \rightarrow 2) = (E_3 - E_4) + (E_2 - E_3) = [-1/5.1 - (-0.8125)] + [-3/4 - (-1/5.1)] =$$

$$-0.1875 \text{ ev}$$

که دو طرف برابر هستند.

$$\text{ب)} \begin{cases} E_n = -\frac{E_R}{n^2} \\ E_R = 13/6 \text{ ev} \end{cases}$$

$$n=1 \Rightarrow E_1 = -\frac{13/6}{1} = -13/6 \text{ ev}$$

$$\text{چپ} \quad \Delta E(4 \rightarrow 1) = E_1 - E_4 = -13/6 - (-0.8125) = -12.1875 \text{ ev}$$

$$\text{راست} \quad E(4 \rightarrow 2) + E(2 \rightarrow 1) = (E_2 - E_4) + (E_1 - E_2) = (-3/4 - (-0.8125)) + (-13/6 - (-3/4))$$

$$= -12.1875 \text{ ev}$$

که جواب هر دو طرف یکی است.

۱۹- یک اتم هیدروژن در حالت $n=6$ قرار دارد،

الف) با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن، اگر این اتم به حالت پایه برود، چند نوع فوتون با انرژی مختلف گسیل می‌شود؟

ب) فرض کنید فقط گذارهای $\Delta n=1$ مجاز باشند، در این صورت چند نوع فوتون با انرژی مختلف گسیل خواهد شد؟

الف) وقتی که الکترون از مدار $n_1=6$ به هر یک از مدارهای $n_2=5, n_2=4, n_2=3, n_2=2, n_2=1$ می‌رود.

وقتی که الکترون از مدار $n_1=5$ به هر یک از مدارهای $n_2=4, n_2=3, n_2=2, n_2=1$ می‌رود.

وقتی که الکترون از مدار $n_1=4$ به هر یک از مدارهای $n_2=3, n_2=2, n_2=1$ می‌رود.

وقتی که الکترون از مدار $n_1=3$ به هر یک از مدارهای $n_2=2, n_2=1$ می‌رود.

وقتی که الکترون از مدار $n_1=2$ به مدار $n_2=1$ می‌رود.

مجموعی فوتون‌ها شامل رشته‌های لیمان، بالمر، پاشن، براکت و پفوند مشاهده می‌شود.

ب) چون $\Delta n=1$ بنابراین گذارهای $6 \rightarrow 5, 5 \rightarrow 4, 4 \rightarrow 3, 3 \rightarrow 2, 2 \rightarrow 1$ مورد نظر است. در این حالت نیز مجموعه فوتون‌ها شامل رشته‌های لیمان، بالمر، پاشن، براکت و پفوند مشاهده می‌شود.

۲۰- یکی از مشکلاتی که نازک شدن لایه‌ی اوزن را به همراه دارد، عبور پرتوهای فرابنفش از جو زمین است. توضیح دهید چرا پرتوهای فرابنفش موجب سوختگی پوست می‌شوند در حالی که پرتوهای نور مرئی این مشکل را به وجود نمی‌آورند؟ ~~که~~ پرتوهای فرابنفش دارای طول موج‌های کوتاه، بسامد بالا و در نتیجه پراش و پراکندگی هستند و وقتی به اتم‌ها و مولکول‌ها برخورد می‌کنند، آنها را به یون تبدیل می‌کنند. یعنی باعث کندن الکترون‌های اتم می‌شوند که باعث تخریب مولکول‌ها می‌شوند و منجر به سوختگی می‌گردند. در صورتی که پرتوهای نور مرئی طول موج بیشتر و انرژی کمتری دارند.

۲۱- توان باریکه‌ی نور خروجی از یک لیزر گازی هلیوم نئون برابر $۰/۵$ میلی وات است. اگر توان ورودی این لیزر ۵۰ باشد، الف) بازده این لیزر را حساب کنید.

ب) اگر طول موج باریکه‌ی نور خروجی ۶۳۳nm باشد، در هر ثانیه چند فوتون از این لیزر گسیل می‌شود؟

الف) $\begin{cases} P = 0.5\text{mW} = 0.5 \times 10^{-3}\text{W} \\ P_e = 50\text{W} \end{cases} \Rightarrow R_a = \frac{P}{P_e} = \frac{0.5 \times 10^{-3}}{50} = 10^{-5}$

ب) $\begin{cases} \lambda = 633\text{nm} = 633 \times 10^{-9}\text{m} \\ E = Pt \Rightarrow nh\nu = Pt \Rightarrow n = \frac{Pt\lambda}{hc} = \frac{0.5 \times 10^{-3} \times 1 \times 633 \times 10^{-9}}{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8} = 1/59 \times 10^{14} \end{cases}$

۲۲- کوتاه‌ترین و بلندترین طول موج‌های سری لیمان هلیوم یک مرتبه یونیده را حساب کنید.

$Z=2$

$$E_n = -E_R \frac{Z^2}{n^2}$$

$$n=1 \Rightarrow E_1 = -13/6 \times \frac{4}{1} = -54/4\text{ev}$$

$$n=2 \Rightarrow E_2 = -13/6 \times \frac{4}{4} = -13/6\text{ev}$$

با توجه به اینکه تابش‌های رشته لیمان به تراز $n=1$ ختم می‌شوند و انرژی کوتاه‌ترین طول موج مربوط به اختلاف تراز انرژی مدار اول با مدار آخر است، و برابر انرژی بستگی الکترون است، پس:

$$\Delta E = E_\infty - E_1 = 0 - (-54/4) = 54/4\text{ev} = 54/4 \times 1/6 \times 10^{-19}\text{J}$$

$$\Delta E = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{54/4 \times 1/6 \times 10^{-19}} = 2/28 \times 10^{-8}\text{m} = 22/8\text{nm}$$

بلندترین طول موج مربوط به حالتی است که الکترون از مدار $n_1=2$ به مدار $n_2=1$ می‌رود.

$$\Delta E = E_2 - E_1 = -13/6 - (-54/4) = 40/8\text{ev} = 40/8 \times 1/6 \times 10^{-19}\text{J}$$

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} \Rightarrow \lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{40/8 \times 1/6 \times 10^{-19}} = 3 \times 10^{-8}\text{m} = 3\text{nm}$$

۲۳- انرژی حالت پایه‌ی لیتیم دو مرتبه یونیده ($Z=3$) را حساب کنید.

حالت پایه: $n=1$

$$E_n = -E_R \frac{Z^2}{n^2} = -13/6 \times \frac{9}{1} = -122/4\text{ev}$$

آشنایی با فیزیک حالت جامد و ساختار هسته

فصل چهارم

فعالیت ۴ - ۱ (صفحه‌ی ۲۲۹)

با بحث و بررسی در گروه خود، مطالب مربوط به قانون اهم و مقاومت الکتریکی را که در کتاب فیزیک ۳ و آزمایشگاه خواندید مرور کنید. کله قانون اهم: نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانای فلزی به شدت جریانی که از آن در دمای ثابت می‌گذرد، مقدار ثابتی است که به آن مقاومت الکتریکی می‌گویند. به عبارت دیگر: مقدار ثابت $\frac{V}{I} = R$ مقاومت الکتریکی به طول رسانا، سطح مقطع رسانا به جنس و میزان الکترون‌های آزاد رسانا بستگی دارد.

۲۱- توان باریکه‌ی نور خروجی از یک لیزر گازی هلیوم نئون برابر $۰/۵$ میلی وات است. اگر توان ورودی این لیزر ۵۰ باشد، الف) بازده این لیزر را حساب کنید.

ب) اگر طول موج باریکه‌ی نور خروجی ۶۳۳nm باشد، در هر ثانیه چند فوتون از این لیزر گسیل می‌شود؟

الف) $\begin{cases} P = 0.5\text{mW} = 0.5 \times 10^{-3}\text{W} \\ P_e = 50\text{W} \end{cases} \Rightarrow R_a = \frac{P}{P_e} = \frac{0.5 \times 10^{-3}}{50} = 10^{-5}$

ب) $\begin{cases} \lambda = 633\text{nm} = 633 \times 10^{-9}\text{m} \\ E = Pt \Rightarrow nh\nu = Pt \Rightarrow n = \frac{Pt\lambda}{hc} = \frac{0.5 \times 10^{-3} \times 1 \times 633 \times 10^{-9}}{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8} = 1/59 \times 10^{14} \end{cases}$

۲۲- کوتاه‌ترین و بلندترین طول موج‌های سری لیمان هلیوم یک مرتبه یونیده را حساب کنید.

$Z=2$
 $E_n = -E_R \frac{Z^2}{n^2}$

$n=1 \Rightarrow E_1 = -13/6 \times \frac{4}{1} = -54/4\text{ev}$

$n=2 \Rightarrow E_2 = -13/6 \times \frac{4}{4} = -13/6\text{ev}$

با توجه به اینکه تابش‌های رشته لیمان به تراز $n=1$ ختم می‌شوند و انرژی کوتاه‌ترین طول موج مربوط به اختلاف تراز انرژی مدار اول با مدار آخر است، و برابر انرژی بستگی الکترون است، پس:

$\Delta E = E_\infty - E_1 = 0 - (-54/4) = 54/4\text{ev} = 54/4 \times 1/6 \times 10^{-19}\text{J}$

$\Delta E = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{54/4 \times 1/6 \times 10^{-19}} = 2/28 \times 10^{-8}\text{m} = 22/8\text{nm}$

بلندترین طول موج مربوط به حالتی است که الکترون از مدار $n_1=2$ به مدار $n_2=1$ می‌رود.

$\Delta E = E_2 - E_1 = -13/6 - (-54/4) = 40/8\text{ev} = 40/8 \times 1/6 \times 10^{-19}\text{J}$

$\lambda = \frac{hc}{\Delta E} \Rightarrow \lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{40/8 \times 1/6 \times 10^{-19}} = 3 \times 10^{-8}\text{m} = 30\text{nm}$

۲۳- انرژی حالت پایه‌ی لیتیم دو مرتبه یونیده ($Z=3$) را حساب کنید.

حالت پایه: $n=1$
 $E_n = -E_R \frac{Z^2}{n^2} = -13/6 \times \frac{9}{1} = -122/4\text{ev}$

آشنایی با فیزیک حالت جامد و ساختار هسته

فصل چهارم

فعالیت ۴ - ۱ (صفحه‌ی ۲۲۹)

با بحث و بررسی در گروه خود، مطالب مربوط به قانون اهم و مقاومت الکتریکی را که در کتاب فیزیک ۳ و آزمایشگاه خواندید مرور کنید. کله قانون اهم: نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانای فلزی به شدت جریانی که از آن در دمای ثابت می‌گذرد، مقدار ثابتی است که به آن مقاومت الکتریکی می‌گویند. به عبارت دیگر: مقدار ثابت $\frac{V}{I} = R$ مقاومت الکتریکی به طول رسانا، سطح مقطع رسانا به جنس و میزان الکترون‌های آزاد رسانا بستگی دارد.

فعالیت ۴ - ۲ (صفحه ۲۳۴)

با بحث در گروه خود، دو گذار متفاوت زیر را برای الکترون بررسی کنید.

(الف) گذار الکترون از یک تراز به تراز خالی دیگر در همان نوار (گذار درون نواری)

(ب) گذار الکترون از یک تراز به تراز خالی دیگر در نوار انرژی بالاتر (گذار بین نواری)

با استدلال توضیح دهید که کدام گذار به جذب انرژی کمتری نیاز دارد؟

الف) اگر بخشی از نوار پر باشد این نوع گذار رخ می‌دهد. وقتی الکترون در یک نوار از یک تراز به تراز انرژی دیگر می‌رود، مقدار انرژی‌ای که نیاز دارد برابر اختلاف انرژی دو تراز است. در صورتی که گذار الکترون از یک نوار به نوار دیگر انرژی بیشتری نیاز دارد.

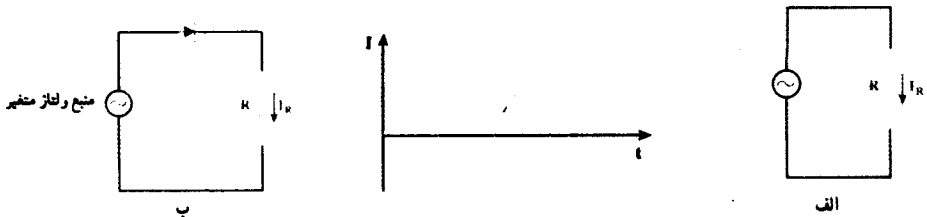
ب) اگر نوار بالاتر خالی یا بخشی پر باشد این نوع گذار رخ می‌دهد. این گذار نیاز به انرژی زیادی دارد، به طوری که با برقراری اختلاف پتانسیل در دو سر سانا و ایجاد میدان الکتریکی در داخل سانا باز هم گذار رخ نمی‌دهد. بنابراین گذار درون نواری نسبت به گذار از یک نوار به نوار دیگر انرژی کمتری نیاز دارد.

پرسش ۴-۱ (صفحه ۲۳۸)

چرا در نیم رسانای ذاتی تعداد الکترون‌های نوار رسانشی با تعداد حفره‌های نوار ظرفیت برابر است؟ بحث در نیم رسانای ذاتی، حفره، جای خالی الکترون‌هایی که از نوار ظرفیت به نوار رسانش رفته‌اند است. در این صورت به تعداد الکترونی که به نوار رسانشی رفته‌اند، در نوار ظرفیت حفره وجود دارد. پس تعداد حفره‌های نوار ظرفیت با تعداد الکترون‌های نوار رسانشی برابر است.

فعالیت ۴ - ۳ (صفحه ۲۴۳)

در شکل ۴-۱، نمودار (ب) منحنی تغییرات شدت جریان بر حسب زمان را برای مدار (الف) نشان می‌دهد. شما نیز با بحث و بررسی در گروه خود نمودار تغییرات شدت جریان بر حسب زمان را برای مدار (پ) به دست آورید.



با توجه به شکل پ که دیود در مدار قرار دارد بنابراین جریان متناوب را یکسو می‌کند. در نیم پریود اول جریان برقرار است. در نیم پریود دوم جریان صفر است. در نیم پریود سوم جریان برقرار است و در نیم پریود چهارم جریان صفر است. پس:

فعالیت ۴ - ۴ (صفحه ۲۵۱)

در یک زمین ورزشی ناحیه‌ای را مشخص کنید که ابعاد آن به همان اندازه کوچکتر از ابعاد زمین باشد که ابعاد هسته کوچکتر از ابعاد اتم است.

$$\begin{aligned}
 \left\{ \begin{array}{l} \text{قطر اتم} = 10^{-10} \text{ m} \\ \text{قطر هسته اتم} = 10^{-15} \text{ m} \\ \text{مساحت زمین فوتبال} \approx 6000 \text{ m}^2 \\ \text{ناحیه مورد نظر} = ? \end{array} \right. \Rightarrow \frac{\text{قطر هسته}}{\text{قطر اتم}} = \frac{10^{-15}}{10^{-10}} = 10^{-5} \\
 \Rightarrow \frac{\text{ناحیه مورد نظر}}{\text{مساحت زمین فوتبال}} = 10^{-5} \Rightarrow \text{ناحیه مورد نظر} = 10^{-5} \times 6000 = 6 \times 10^{-2} \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

فعالیت ۴ - ۵ (صفحه ۲۵۳)

با مراجعه به کتابهای فیزیک ۲ و ۳ و با استفاده از جدول ۳-۴ نیروهای گرانشی و الکتریکی بین دو پروتون را که به فاصله‌ی r از یکدیگر واقع اند محاسبه کنید.

نام ذره	بار (کولن)	جرم (kg)	شعاع (fm)
الکترون	$-1/6 \times 10^{-19} = -e$	$9/1 \times 10^{-31} = m_e$	غیر قابل اندازه گیری با وسایل خود
پروتون	$+1/6 \times 10^{-19} = +e$	$1/67 \times 10^{-27} = m_p$	$1/2$
نوترون	صفر	$1/68 \times 10^{-27} = m_n$	$1/2$

$$r = 1/2 \quad f_m = 1/2 \times 10^{-15} m$$

$$\text{فاصله} = 2r = 2/4 \times 10^{-15} m$$

$$F = \frac{G m_p^2}{d^2} = \frac{6/67 \times 10^{-11} \times (1/67 \times 10^{-27})^2}{(2/4 \times 10^{-15})^2} = 3/2 \times 10^{-35} N$$

$$F = K \frac{e^2}{d^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{(1/6 \times 10^{-19})^2}{(2/4 \times 10^{-15})^2} = 4.0 N$$



فعالیت ۴ - ۶ (صفحه ۲۵۵)

با توجه به شکل ۴-۱۶ و با بحث در گروه خود به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

(الف) خط راست خط چین به چه مقادارهای A, N, Z مربوط می‌شود؟

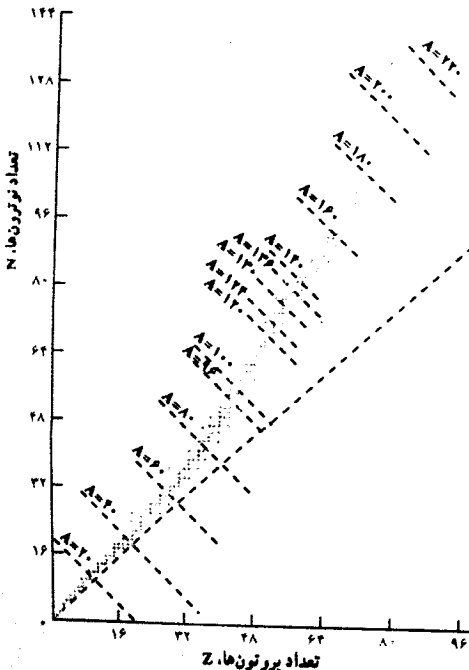
(ب) آیا نسبت تعداد نوترون به تعداد پروتون برای هسته‌های پایدار مختلف ثابت است یا تغییر می‌کند؟ اگر تغییر می‌کند این تغییر چگونه است؟

(پ) ایزوتوپ‌های مختلف یک عنصر را چگونه می‌توان با استفاده از شکل تشخیص داد؟

ک خط (الف) خط راست خط چین مربوط به عناصر سبک است که در آنها $Z=N$ و تا $A=40$ است.

(ب) برای عناصری که $A > 40$ است، نسبت تعداد نوترون‌ها به پروتون‌ها بیشتر می‌شود و $N=1/2 Z$ است.

(پ) ایزوتوپ‌های هر عنصر بر روی خطی است که موازی محور طول‌ها و عمود بر محور عرض‌ها با عدد اتمی Z می‌باشد. مثلاً تمام ایزوتوپ‌های $Z=40$ بر روی خط قائم عمود بر محور عرض‌ها بر نقطه‌ی ۴۰ می‌باشد. تمام عناصری که $Z > 83$ دارند ناپایدارند.



فعالیت ۴ - ۷ (صفحه ۲۵۵)

با استفاده از طیف موج‌های الکترومغناطیسی در فصل ۲، نوع تابش گسیل شده از هسته‌ها را مشخص کنید.
 گام واپاشی α و β از نوع موج الکترومغناطیسی نیست، ولی واپاشی γ از نوع موج الکترومغناطیسی است. انرژی فوتون‌های گسیلی از هسته‌ی اتم‌های برانگیخته زیاد و طول موج آنها بسیار کم است و در گستره‌ی موج‌های الکترومغناطیسی در طیف پرتوهای γ قرار می‌گیرند.

تمرین ۴ - ۱ (صفحه ۲۵۷)

انرژی بستگی ${}^4_2\text{He}$ را به دست آورید. جرم اتمی ${}^4_2\text{He}$ برابر با 4.002603u است.

$$m[{}^4_2\text{He}] = M[{}^4_2\text{He}] - 2M(e)$$

$$m[{}^4_2\text{He}] = 4.002603\text{u} - 2 \times 0.00054858\text{u} = 4.001505\text{u} = M_x$$

$$B = \Delta mc^2 [z m_p + N m_n - M_x] c^2 =$$

$$[2 \times 1.007276\text{u} + 2 \times 1.008665\text{u} - 4.001505\text{u}] \times 931.5$$

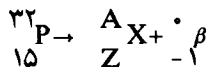
$$B = 28.296$$

فعالیت ۴ - ۸ (صفحه ۲۵۸)

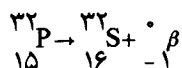
با استفاده از طیف موج‌های الکترومغناطیسی در فصل ۲، نوع تابش گسیل شده از هسته‌ها را مشخص کنید.
 گام واپاشی α و β از نوع موج الکترومغناطیسی نیست، ولی واپاشی γ از نوع موج الکترومغناطیسی است. انرژی فوتون‌های گسیلی از هسته‌ی اتم‌های برانگیخته زیاد و طول موج آنها بسیار کم است و در گستره‌ی موج‌های الکترومغناطیسی در طیف پرتوهای γ قرار می‌گیرند.

تمرین ۴ - ۲ (صفحه ۲۶۱)

فسفر ${}^{32}_{15}\text{P}$ عنصری پرتوزا است. که ذره‌ی بتا گسیل می‌کند. معادله‌ی واکنش مربوط را بنویسید و تعیین کنید که در این واپاشی چه عنصری تولید می‌شود؟



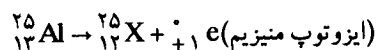
$${}^{32}_{15}\text{P} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^0_{-1}\beta \Rightarrow {}^A_Z\text{X} = {}^{32}_{16}\text{S} \rightarrow \text{که گوگرد است}$$



بنابراین:

تمرین ۴ - ۳ (صفحه ۲۶۱)

آلومینیوم ${}^{25}_{13}\text{Al}$ با گسیل پوزیترون و امی‌باشد. معادله‌ی واپاشی را بنویسید و عنصر محلول آن را مشخص کنید.



تمرین‌های فصل چهارم (منه‌ی ۲۷۳)

۱. در نظریه‌ی نواری الکترون در جسم جامد، گذار درون نواری در چه صورتی روی می‌دهد؟ **کج** در صورتی که در ساختار نواری جسم جامد نوار آخر بخشی پر باشد. یعنی در یک نوار هم تراز خالی و هم تراز پر وجود دارد.
۲. آیا الکترون‌های نوارهای پر، سهمی در رسانش الکتریکی دارند؟ توضیح دهید. **کج** خیر - چون تراز خالی وجود ندارد و همچنین به دلیل بالا بودن اختلاف تراز انرژی بین آخرین نوار پر و اولین نوار خالی، الکترون نمی‌تواند گذار بین نواری انجام دهد.
۳. انرژی مورد نیاز الکترون، برای انجام گذار بین ترازهای مختلف انرژی در یک جسم جامد، از چه منابعی می‌تواند تأمین شود؟ **کج** ۱. برانگیختگی گرمایی ۲. میدان الکتریکی‌ای که جسم جامد در آن قرار گرفته است.
۴. با استفاده از نظریه‌ی نواری جسم جامد، خاصیت رسانایی، نارسانایی و نیمرسانایی مواد مختلف را توضیح دهید. **کج** جسم رسانا، دارای نوار بخشی پر است. در این نوار الکترون‌ها به آسانی تحت تأثیر میدان الکتریکی تراز انرژی خود را عوض کرده و در رسانش شرکت می‌کنند. جسم نارسانا، نوار بخشی پر ندارد و گاف انرژی بین آخرین نوار پر و اولین نوار خالی بزرگ است، هیچ الکترونی نمی‌تواند برانگیخته شود و رسانش صورت نمی‌گیرد. جسم نیمرسانا مانند جسم نارسانا نوار بخشی پر ندارد، ولی گاف انرژی بین آخرین نوار پر و اولین نوار خالی کوچک است. اولین نوار خالی نوار رسانشی است و آخرین نوار را نوار ظرفیت نامند. و با برانگیختگی گرمایی انرژی گرمایی برای گذار بین نواری الکترون از نوار ظرفیت به نوار رسانش تأمین می‌شود و هر چه دما بیشتر شود، تعداد بیشتری از الکترون‌ها می‌توانند این گذار را انجام دهند و در رسانش شرکت کنند.
۵. چگونه می‌توان سهم نوار ظرفیت در رسانش را بر حسب حفره توضیح داد؟ **کج** در مواد نیمرسانا هرگاه الکترون از نوار ظرفیت به نوار رسانش برود، جای خالی الکترون در نوار ظرفیت را حفره می‌گویند. در این وضعیت الکترون‌هایی که در نوار ظرفیت مانده‌اند، می‌توانند با کسب مقدار نسبتاً کمی انرژی، گذاری از تراز خود به یکی از این ترازهای خالی انجام دهند و در رسانش شرکت کنند. و می‌توان گفت حفره تراز خود را تغییر داده است یعنی حفره‌ها با بار مثبت در رسانش شرکت کرده‌اند.
۶. دو روش برای افزایش تعداد حاملان بار در نیمرساناها را نام ببرید. **کج** ۱. افزایش دما ۲. اضافه کردن ناخالصی به نیمرسانا
۷. تفاوت نیمرسانای نوع n و نوع p را شرح دهید. **کج** ۱. بیشتر حاملان بار در نیمرسانای نوع n منفی و در نوع P مثبت است.
۲. ماده‌ی ناخالصی اضافه شده به نیمرسانا در نیمرسانای نوع n اتم ناخالص پنج ظرفیتی و در نیمرسانای نوع P اتم ناخالصی ۳ ظرفیتی است.
۳. در نیمرسانای نوع n الکترون اضافی ناشی از حضور اتم ناخالص بر روی تراز به نام تراز دهنده در فاصله کمی زیر نوار رسانش قرار دارد و در نیمرسانای نوع P تراز خالی یا حفره‌ای ناشی از حضور اتم ناخالص بر روی تراز به نام تراز پذیرنده و در فاصله‌ی بسیار کمی در بالای نوار ظرفیت قرار دارد.
۸. معمولاً دیود را یکسو کننده نیز می‌نامند. چرا؟ **کج** زیرا دیود در یک جهت جریان را از خود عبور می‌دهد و در جهت دیگر عملاً عبور نمی‌دهد. پس اگر دیود را در مدار الکتریکی جریان متناوب قرار دهیم، جریان متناوب را یکسو می‌کند.
۹. آیا دیود یک مقاومت اهمی است؟ توضیح دهید. **کج** خیر - زیرا از قانون اهم پیروی نمی‌کند. یعنی تغییرات جریان بر حسب ولتاژ آن یک خط راست نیست. پس دیود غیر اهمی است.

۱۰. علاوه بر ارتعاش‌های اتمی، سازوکار دیگری نیز در جسم جامد برای ایجاد مقاومت وجود دارد. توضیح دهید این ساز و کار چه موقعی قابل تشخیص است و ناشی از چه عواملی است؟ کجای وقتی اثر مقاومتی ارتعاشی‌های اتمی ناچیز شود، قابل تشخیص است. وقتی جسم جامد را سرد کنیم تا دمای آن به صفر کلون برسد، مشاهده می‌کنیم در بعضی مواد با وجود متوقف شدن ارتعاشی‌های اتمی باز هم مقاومت ویژه‌ی باقیمانده‌ای وجود دارد. این مقاومت مربوط به ساختار جسم جامد و ناکاملی‌های موجود در آن است که ناشی از طرز قرار گرفتن اتم‌ها است.

۱۱. استرانسیوم $^{90}_{38}\text{Sr}$ در اثر انفجارهای هسته‌ای تولید می‌شود و نیم عمر آن ۲۸ سال است. این ایزوتوپ را گیاهان جذب می‌کنند و از طریق غذا وارد بدن انسان می‌شود، تعداد پروتون‌ها، نوترون‌ها و الکترون‌های موجود در هر اتم با هسته‌ی $^{90}_{38}\text{Sr}$ چقدر است؟

$$^{90}_{38}\text{Sr} \rightarrow \frac{A}{Z} X_N \Rightarrow A=90, \quad N=A-Z=90-38=52$$

۱۲. آیا ایزوتوپ $^{61}_{25}\text{X}$ را می‌توان با روش شیمیایی از ایزوتوپ $^{59}_{25}\text{Y}$ جدا کرد؟ از ایزوتوپ $^{61}_{26}\text{Z}$ چطور؟ کجای خیر - چون عدد اتمی هر دو ($Z=25$) یکسان است، پس تعداد الکترون‌های آنها یکسان است. و هر دو آرایش الکترونی یکسانی دارند. بنابراین خواص شیمیایی آنها مشابه یکدیگر است و با روش شیمیایی نمی‌توان آنها را از هم جدا کرد و فقط از روش‌های فیزیکی با توجه به تفاوت جرم آنها می‌توان این ایزوتوپ‌ها را از هم جدا کرد. ایزوتوپ $^{61}_{25}\text{X}$ به روش شیمیایی از ایزوتوپ $^{61}_{26}\text{Z}$ جدا می‌شود، چون عدد اتمی یکسانی ندارند. در نتیجه آرایش الکترونی مشابه ندارند.

۱۳. هنگامی که از ایزوتوپی یک ذره‌ی آلفا گسیل می‌شود، چه تغییری در هسته رخ می‌دهد؟ هنگام گسیل یک ذره بتا چطور؟ هنگام گسیل پرتوی گاما چطور؟ کجای به هنگام گسیل ذره‌ی آلفا از هسته علاوه بر تغییر جرم هسته، بار الکتریکی نیز تغییر می‌کند. یعنی هسته‌ی آن دو واحد از بار الکتریکی و چهار واحد از جرمش را از دست می‌دهد.

$$\begin{matrix} A & & 4 & & A-4 \\ X & \rightarrow & \alpha & + & Y \\ Z & & 2 & & Z-2 \end{matrix}$$

به هنگام گسیل ذره‌ی بتا از هسته عدد جرمی هسته ثابت و با پیدایش یک پروتون به عدد اتمی یک واحد اضافه می‌شود.

$$\begin{matrix} A & & 0 & & A \\ X & \rightarrow & \beta & + & Y \\ Z & & -1 & & Z+1 \end{matrix}$$

به هنگام گسیل پرتو γ در هسته نه عدد جرمی و نه عدد اتمی هیچ کدام تغییر نمی‌کنند و هسته مقداری از انرژی خود را صرف گسیل کردن پرتو گاما می‌نماید.

۱۴. گاهی گفته می‌شود که «جرم را نمی‌توان تولید و نابود کرد» این گفته را تحلیل کنید. کجای طبق نظریه‌ی انیشتین جرم و انرژی صورت‌های مختلف یک کمیت فیزیکی بوده و قابل تبدیل به یکدیگر می‌باشند و در واقع جرم نه تولید می‌شود و نه نابود می‌گردد، بلکه به انرژی تبدیل می‌شود و انرژی به جرم تبدیل می‌شود.

۱۵. گاهی گفته می‌شود که تمام منابع انرژی موجود ناشی از انرژی هسته‌ای اند. آیا سوخت‌هایی مانند زغال سنگ و نفت هم از انرژی هسته‌ای به دست آمده‌اند؟ توضیح دهید. کجای انرژی سوخت‌هایی مانند زغال سنگ و نفت از نوع انرژی هسته‌ای نیستند، ولی منشأ آنها نور خورشید و نهایتاً انرژی هسته‌ای می‌باشد. زیرا انرژی خورشید توسط گیاهان و حیوانات ... به انرژی شیمیایی نفت و زغال سنگ تبدیل می‌شود.

۱۶. هر یک از اتم‌های زیر چند الکترون، چند پروتون و چند نوترون دارند؟

الف) برلیوم ۹	ب) کلسیم ۴۰	پ) نقره ۱۰۷	ت) طلا ۱۹۷
ث) سرب ۲۰۸	ج) اورانیوم ۲۳۸		

تعداد الکترون برابر تعداد پروتون است. $\left({}_4^9\text{B} \Rightarrow A=9 \Rightarrow N=9-4=5 \right.$

ب) $\left({}_{20}^{40}\text{Ca} \Rightarrow A=40 \Rightarrow N=20 \right.$

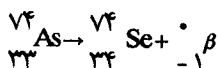
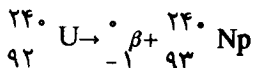
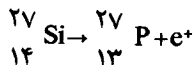
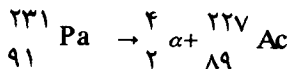
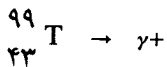
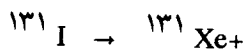
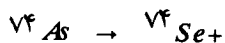
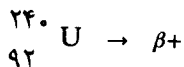
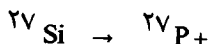
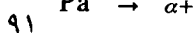
پ) $\left({}_{47}^{107}\text{Ag} \Rightarrow A=107 \Rightarrow N=60 \right.$

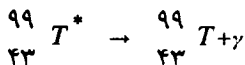
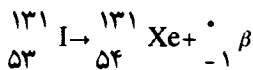
ت) $\left({}_{79}^{197}\text{Au} \Rightarrow A=197 \Rightarrow N=118 \right.$

ث) $\left({}_{82}^{208}\text{Pb} \Rightarrow A=208 \Rightarrow N=126 \right.$

ج) $\left({}_{92}^{238}\text{U} \Rightarrow A=238 \Rightarrow N=146 \right.$

۱۷. واکنش‌های زیر را کامل کنید و برای تعیین نماد ایزوتوپ‌ها از جدول تناوبی استفاده کنید.





۱۸. نیم عمر بیسموت ۲۱۲ در حدود ۶۰ دقیقه است. پس از گذشت چهار ساعت، چه کسری از ماده‌ی اولیه باقی مانده است؟

$$\begin{cases} t = 4h = 4 \times 60 = 240 \text{ min} \\ T_{\frac{1}{2}} = 60 \text{ min} \end{cases}$$

$$N = \frac{t}{T} = \frac{240}{60} = 4$$

تعداد نیم عمر	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶
مقدار باقی مانده	m	$\frac{m}{2}$	$\frac{m}{4}$	$\frac{m}{8}$	$\frac{m}{16}$	$\frac{m}{32}$	$\frac{m}{64}$

پس از ۴ نیم عمر $\frac{m}{16}$ از ماده‌ی اولیه باقی مانده است.

۱۹- آلومینیوم تنها یک ایزوتوپ پایدار $^{27}_{13}Al$ به جرم اتمی $26/981541u$ دارد. جرم اتمی دو ایزوتوپ ناپایدار $^{26}_{13}Al$ و $^{28}_{13}Al$ به ترتیب برابر $25/986982u$ و $27/981905u$ است. انرژی بستگی هر یک از سه ایزوتوپ را بر حسب Mev حساب کنید.

$$m \left[^{27}_{13}Al \right] = M \left[^{27}_{13}Al \right] - 13M(e)$$

برای $^{27}_{13}Al$

$$= 26/981541u - 13 \times 0.00054858u = 26/974404u = M_x$$

$$B = \Delta mc^2 = [ZM_p + NM_n - M_x] c^2$$

$$= [13 \times 1.007276u + 14 \times 1.008665u - 26/974404u] \times 931/5 = 224/951 \text{ Mev}$$

$$m \left[^{26}_{13}Al \right] = 26/974404u$$

برای $^{26}_{13}Al$

$$B = [13 \times 1.007276u + 13 \times 1.008665u - 26/974404u] \times 931/5 = 714/621 \text{ Mev}$$

$$m \left[^{28}_{13}Al \right] = 26/974404u$$

برای $^{28}_{13}Al$

$$B = [13 \times 1.007276u + 15 \times 1.008665u - 26/974404u] \times 931/5 = 1164/523 \text{ Mev}$$

۲۰. انرژی بستگی کل، (B)، و انرژی بستگی به ازای هر نوکلئون $\frac{B}{A}$ را برای $^{238}_{92}U$ و $^{56}_{26}Fe$ حساب کنید.

(جرم $^{56}_{26}Fe$ برابر $55/93 \times 10^{-27} \text{ kg}$ و جرم $^{238}_{92}U$ برابر $238/05 \times 10^{-27} \text{ kg}$ است.)

برای Fe :

$$M_x = 55/93 \times (1/66 \times 10^{-27}) = 92/84 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$M_x = 55/93U \Rightarrow 1U = 1/66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$Z = 26$$

$$N = 30$$

$$m_p = 1/67 \times 10^{-27} \text{ kg} \quad B = [Zm_p + Nm_n - m_x] C^2 \Rightarrow$$

$$m_p = 1/67 \times 10^{-27} \text{ kg} \quad B = [26 \times 1/67 \times 10^{-27} + 30 \times 1/68 \times 10^{-27} - 92/84 \times 10^{-27}] \times (3 \times 10^8)^2$$

$$\Rightarrow B = 9/12 \times 10^{-11} \text{ J} = \frac{9/12 \times 10^{-11}}{1/6 \times 10^{-19}} = 5/51 \times 10^8 \text{ ev} = 551 \text{ Mev}$$

$$\begin{aligned} A=56 \\ B=551 \end{aligned} \Rightarrow \frac{B}{A} = \frac{551}{56} = 9/84 \text{ Mev}$$

U برای :

$$m_x = 238/0.5U \Rightarrow m_x = 238/0.5 \times (1/66 \times 10^{-27}) = 395/16 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$Z=92$$

$$N=146$$

$$B = [zm_p + Nm_N - m_x] C^2$$

$$\Rightarrow B = [92 \times 1/67 \times 10^{-27} + 146 \times 1/68 \times 10^{-27} - 395/16 \times 10^{-27}] \times (3 \times 10^8)^2$$

$$\Rightarrow B = 33/84 \times 10^{-11} \text{ J} = \frac{33/84 \times 10^{-11}}{1/6 \times 10^{-19}} = 21/15 \times 10^8 \text{ ev} = 2115 \text{ Mev}$$

$$\begin{cases} A=238 \\ B=2115 \end{cases} \Rightarrow \frac{B}{A} = \frac{2115}{238} = 8/86 \text{ Mev}$$

۲۱- در جریان یک حفاری باستان‌شناسی یک اجاق مخصوص پخت و پز کشف می‌شود. کربن موجود در زغال اجاق، ۱/۵۶ درصد (معادل $\frac{1}{64}$) مقدار عادی کربن ۱۴ است. سن تقریبی زغال چه مقدار است؟ $\frac{1}{64}$ معادل ۶ نیمه عمر سپری شده می‌باشد پس سن تقریبی زغال ۶ برابر نیمه عمرش است.