۹۴-۹۵

حل مسائل فیزیک پیش دانشگاهی

علوم تجربی

حمیدرضا طهماسبی

www.physicsteach.ir

۱- الف)

$$\begin{cases} t_1 = 1\ \text{s} \Rightarrow x_1 = (1)^3 - 3(1)^2 = -2\ \text{m} \\ t_2 = 2\ \text{s} \Rightarrow x_2 = (2)^3 - 3(2)^2 = -4\ \text{m} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{-4-(-2)}{2-1} = -2\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ب) سرعت لحظه ای برابر است با:

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(t^3 - 3t^2) = 3t^2 - 6t$$

$$t = 4\ \text{s} \Rightarrow v = 3(4)^2 - 6(4) = 24\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۲- الف) چون سرعت ثابت است، شتاب صفر و معادله ی حرکت جسم به شکل کلی $x = vt + x_0$ است. بنابراین ما باید سرعت و مکان اولیه ی جسم (x_0) را محاسبه کنیم، سرعت جسم برابر است با:

$$\bar{v} = v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{-6-(0)}{4-2} = -3\ \text{m/s}$$

برای پیدا کردن x_0 با استفاده از معادله ی کلی حرکت با سرعت ثابت، داریم:

$$x = vt + x_0$$

$$\Rightarrow (0) = \left(-3\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)(2\ \text{s}) + x_0$$

$$\Rightarrow x_0 = 6\ \text{m}$$

پس معادله ی حرکت به شکل زیر است:

$$x = -3t + 6$$

ب) با توجه به معادله ی بدست آمده در قسمت (الف) داریم:

$$x = -3t + 6$$

$$\Rightarrow x(3) = -3(3) + 6 = +3\ \text{m}$$

۳- با توجه به نمودار سرعت – زمان که خطی راست است، نتیجه می گیریم که شتاب حرکت ثابت و برابر با شیب نمودار سرعت است، بنابراین با استفاده از داده های روی نمودار، شتاب متحرک برابر است با:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{0 - 10}{2 - 0} = -5\ \mathrm{m/s^2}$$

معادله ی حرکت، برای حرکت با شتاب ثابت به شکل زیر است:

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

با توجه به داده های مسئله و شکل: $x_0 = 2\ \mathrm{m}$ ، $v_0 = 10\ \mathrm{m/s}$ و $a = -5\ \mathrm{m/s^2}$ ، بنابراین، خواهیم داشت:

$$x = \frac{1}{2}(-5)t^2 + (10)t + 2$$

۴- الف) ابتدا معادله ی سرعت جسم را تعیین می کنیم:

$$v = \frac{dx}{dt} = 6t^2 + 4$$

اکنون، سرعت متحرک را در زمان های مورد نظر تعیین می کنیم:

$$v(1) = 6(1)^2 + 4 = 10\ \mathrm{m/s}$$

$$v(2) = 6(2)^2 + 4 = 28\ \mathrm{m/s}$$

بنابراین شتاب متوسط در بازه ی زمانی مورد نظر برابر است با:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{28 - 10}{2 - 1} = 18\ \mathrm{m/s^2}$$

ب) با توجه به نتایج قسمت (الف) معادله ی شتاب متحرک به شکل زیر است:

$$a = \frac{dv}{dt} = 12t$$

$$\Rightarrow a(3) = 12(3) = 36\ \mathrm{m/s^2}$$

۵- در بازه زمانی ۰ تا ۱ ثانیه سرعت ثابت و شتاب صفر است.

در بازه زمانی ۱ تا ۳ ثانیه شتاب برابر است با:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{4\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} - 0}{3\ \mathrm{s} - 1\ \mathrm{s}}$$

$$\Rightarrow a = 2\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

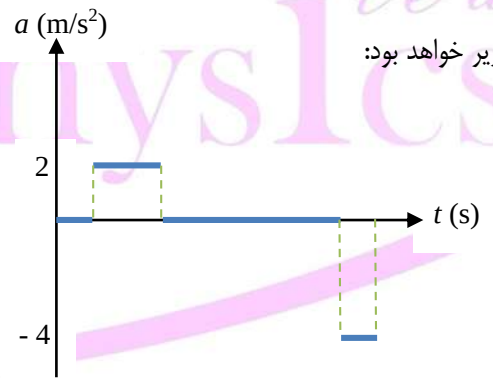
در بازه زمانی ۳ تا ۸ ثانیه سرعت ثابت و بنابراین شتاب صفر است.

و در بازه زمانی ۸ تا ۹ ثانیه شتاب برابر است با:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - 4\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{9\ \mathrm{s} - 8\ \mathrm{s}}$$

$$\Rightarrow a = -4\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

نمودار شتاب – زمان به شکل زیر خواهد بود:



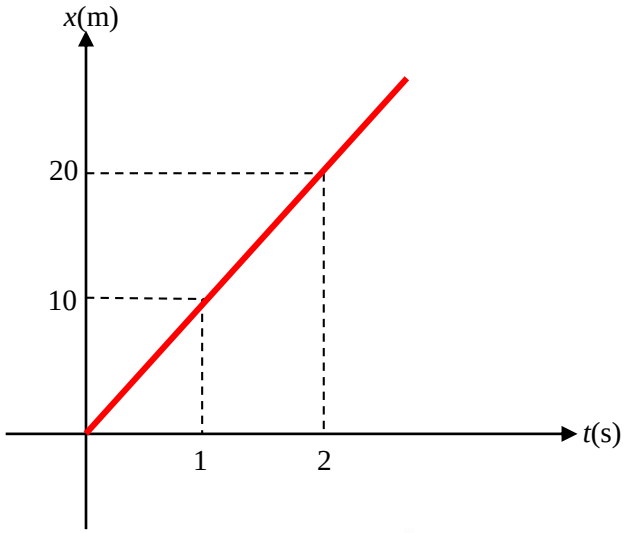
اگر حاصل ضرب شتاب و سرعت بزرگتر از صفر باشد $(av > 0)$ حرکت تند شوند و اگر حاصل ضرب شتاب و سرعت کوچکتر از صفر باشد $(av < 0)$ حرکت کند شوند است. بنابراین، از a تا b حرکت تند شوند و از c تا d حرکت کند شوند است.

۶– الف) برای کامیون(حرکت با سرعت ثابت):

$$v = 36\ \mathrm{km/h} = 10\ \mathrm{m/s}$$

بنابراین، معادله حرکت آن به شکل زیر خواهد بود:

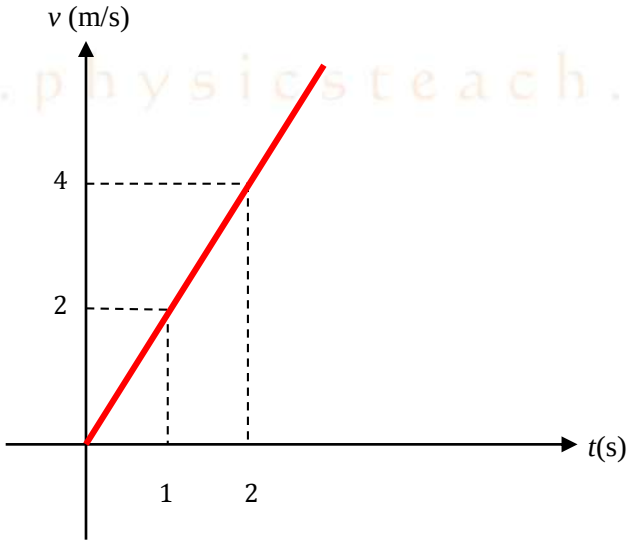
$$\begin{cases} x - x_\circ = vt \\ x_\circ = 0 \end{cases} \Rightarrow x = 10t$$

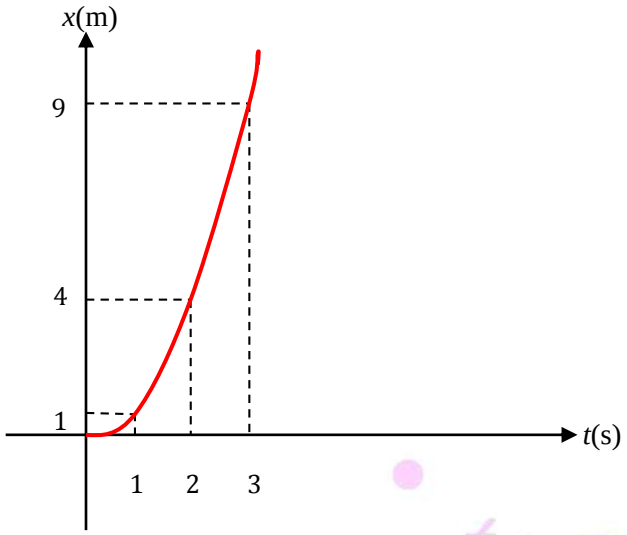


برای خودرو:

$$\begin{cases} x = \frac{1}{2}at^2 + v_\circ t + x_\circ \\ x_\circ = 0 \\ v_\circ = 0 \end{cases} \Rightarrow x = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}(2)t^2 \Rightarrow x = t^2$$

$$\begin{cases} v = at + v_\circ \\ a = 2\ \mathrm{m/s^2} \end{cases} \Rightarrow v = 2t + 0 \Rightarrow v = 2t$$





ب) هنگامی که خودرو به کامیون می رسد مکان آن ها یکی است، بنابراین:

$$\begin{cases} x_{\text{کامیون}} = 10t \\ x_{\text{خودرو}} = t^2 \end{cases} \Rightarrow 10t = t^2 \Rightarrow t = 10\ \text{s}$$

۷- الف) زمان رفت و برگشت توپ ۴ ثانیه است، بنابراین زمان رسیدن به ارتفاع اوج ۲ ثانیه است و در نقطه ی اوج سرعت صفر است:

$$v = -gt + v_\circ$$

$$v = 0$$

$$\Rightarrow 0 = -gt + v_\circ$$

$$\Rightarrow v_\circ = (10)(2) = 20\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

ب) ارتفاع کل برابر است با حاصل جمع ارتفاع ساختمان و ارتفاع اوج:

$$H = \frac{v_\circ^2}{2g}$$

$$\Rightarrow H = \frac{(20)^2}{2(10)} = 20\ \text{m}$$

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

پ) فرض می کنیم توپ از نقطه ی اوج سقوط آزاد انجام داده است:

$$\begin{cases} v^2 - v_\circ^2 = -2g\Delta y \\ v_\circ = 0 \end{cases} \Rightarrow v^2 - 0 = -2(10)(-45)$$

$$\Rightarrow v = 30\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

ت) کل زمان پرتاب برابر است با حاصل جمع زمان رفت توپ تا نقطه ی اوج (۲ ثانیه) و زمان سقوط آزاد از نقطه ی اوج:

$$\begin{cases} v = -gt + v_\circ \\ v_\circ = 0 \\ v = 30\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \end{cases} \Rightarrow 30 = -10t + 0$$

$$\Rightarrow t = 3\ \mathrm{s}$$

بنابراین:

$$t_{\text{کل}} = 2\ \mathrm{s} + 3\ \mathrm{s} = 5\ \mathrm{s}$$

۸- هنگامی که ما یک جسم را به طرف بالا پرتاب می کنیم، در نقطه ی اوج در یک لحظه سرعت پرتابه صفر می شود ولی شتاب حرکت در کل مسیر حرکت برابر با شتاب گرانشی زمین است.

۹- سرعت کانگورو در ارتفاع بیشینه صفر است، بنابراین، می توانیم بنویسیم:

$$v^2 - v_\circ^2 = -2g\Delta y$$

$$\Rightarrow 0 - v_\circ^2 = -2(10\ \mathrm{m/s^2})(2.5\ \mathrm{m})$$

$$\Rightarrow v_\circ^2 = 2\left(10\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)(2.5\ \mathrm{m})$$

$$\Rightarrow v_\circ = 5\sqrt{2}\ \mathrm{m/s}$$

ب) چون اثر مقاومت هوا را درنظر نمی گیریم، سرعت رسیدن به زمین برابر با سرعت بلند شدن از زمین است، یعنی: $5\sqrt{2}\ \mathrm{m/s}$

۱۰- سرعت متوسط برابر است با:

$$\bar{\vec{v}} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1}$$

$$\Rightarrow \vec{\bar{v}} = \frac{8\,\hat{\imath} + 6\,\hat{\jmath} - (2\,\hat{\imath} + 14\,\hat{\jmath})}{25 - 5} = \frac{6\,\hat{\imath} - 8\,\hat{\jmath}}{20}$$

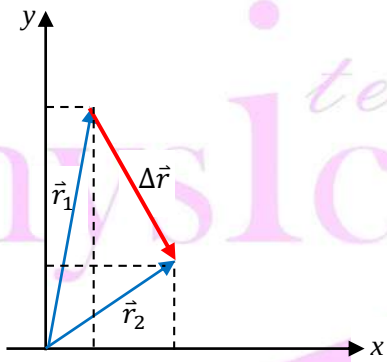
$$\Rightarrow \vec{\bar{v}} = 0.3\,\hat{\imath} - 0.4\,\hat{\jmath}$$

اندازه ی سرعت متوسط برابر است با:

$$|\bar{v}| = \sqrt{(0.3)^2 + (0.4)^2} = \sqrt{0.25}$$

$$\Rightarrow |\bar{v}| = 0.5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

بردار سرعت در جهت بردار جابه جایی ($\Delta\vec{r}$) است:



۱۱- الف)

$$\vec{v} = v_x\,\hat{\imath} + v_y\,\hat{\jmath} = \frac{dx}{dt}\,\hat{\imath} + \frac{dy}{dt}\,\hat{\jmath}$$

$$\begin{cases} v_x = \dfrac{d}{dt}(6t) = 6\ \mathrm{m/s} \\ v_y = \dfrac{d}{dt}(2t^2 + 1) = 4t \end{cases} \Rightarrow \vec{v} = 6\,\hat{\imath} + 4t\,\hat{\jmath}$$

$$\begin{cases} |\vec{v}| = \sqrt{{v_x}^2 + {v_y}^2} \\ t = 2\ \mathrm{s} \end{cases} \Rightarrow |\vec{v}| = \sqrt{6^2 + (4 \times 2)^2} = 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$\Rightarrow |\vec{v}| = 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

ب)

$$\begin{cases} x = 6t \\ y = 2t^2 + 1 \end{cases}$$

$$t_1 = 1\ s \Rightarrow \begin{cases} x_1 = 6\ \mathrm{m} \\ y_1 = 3\ \mathrm{m} \end{cases} \Rightarrow \vec{r_1} = x_1\,\hat{\imath} + y_1\,\hat{\jmath} = 6\,\hat{\imath} + 3\,\hat{\jmath}$$

$$t_2 = 2\ s \Rightarrow \begin{cases} x_1 = 12\ \mathrm{m} \\ y_1 = 9\ \mathrm{m} \end{cases} \Rightarrow \vec{r_2} = x_2\,\hat{\imath} + y_2\,\hat{\jmath} = 12\,\hat{\imath} + 9\,\hat{\jmath}$$

$$\vec{\bar{v}} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1}$$

$$\Rightarrow \vec{\bar{v}} = \frac{12\,\hat{\imath} + 9\,\hat{\jmath} - (6\,\hat{\imath} + 3\,\hat{\jmath})}{2 - 1} = 6\,\hat{\imath} + 6\,\hat{\jmath}$$

www.physicsteach.ir

۱. الف) نیروهای وارد به شخص عبارت اند از: (۱) نیروی وزن خود شخص. (۲) نیرویی که جسم به شخص وارد می کند. (۳) نیرویی که از طرف سطح زمین رو به جلو به شخص وارد می شود.

نیروهای وارد به جسم عبارت اند از: ۱- نیروی وزن جسم. ۲- نیرویی که شخص به جسم وارد می کند. ۳- نیروی اصطکاک لغزشی که در جهت مخالف حرکت به جسم وارد می شود.

ب) هنگام راه رفتن شخص با پاهای خود زمین را به عقب هل می دهد و زمین نیز نیرویی رو به جلو به شخص وارد می کند که باعث حرکت شخص می شود.

۲-الف) نیروهای وارد به جسم در راستای قائم عبارتند از:

$$\sum F_y = ma \Rightarrow F - mg = ma$$

$$\Rightarrow F = m(a + g) = (100\ \mathrm{kg})(5\ \mathrm{m/s^2} + 10\ \mathrm{m/s^2}) = 1500\ \mathrm{N}$$

ب) در ۲۰ ثانیه ی اول (قبل از حذف نیروF) :

$$y_1 = \frac{1}{2}at^2 + v_\circ t$$

$$\Rightarrow y_1 = \frac{1}{2}(5\ \mathrm{m/s^2})(20\ \mathrm{s})^2 + 0 = 1000\ \mathrm{m}$$

سرعت جسم در پایان ۲۰ ثانیه برابر است با:

$$v = at + v_\circ = \left(5\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}}\right)(20\ \mathrm{s}) + 0 = 100\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

بعد از حذف نیروی F سرعت اولیه ی حرکت برابر با سرعت در پایان ۲۰ ثانیه ی اول است بنابراین:

$$v^2 - v_\circ^2 = -2gy_2$$

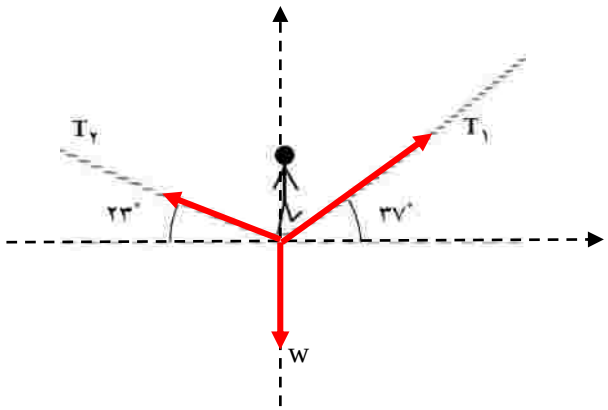
$$\Rightarrow 0 - \left(100\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 = -2\left(10\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}}\right)y_2$$

$$\Rightarrow y_2 = \frac{(100)^2}{200} = 500\ \mathrm{m}$$

بنابراین، حداکثر ارتفاع برابر است با:

$$y_1 + y_2 = 1000\ \mathrm{m} + 500\ \mathrm{m} = 1500\ \mathrm{m}$$

۳- با توجه به شکل:



در حالت تعادل:

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

با حل دستگاه دو معادله و دو مجهول زیر جواب بدست می آید :

$$\begin{cases}0.8\,T_1 - 0.9\,T_2 = 0\\ 0.6\,T_1 + 0.4\,T_2 - 600 = 0\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}-4.8\,T_1 + 5.4\,T_2 = 0\\ 4.8\,T_1 + 3.2\,T_2 - 4800 = 0\end{cases}$$

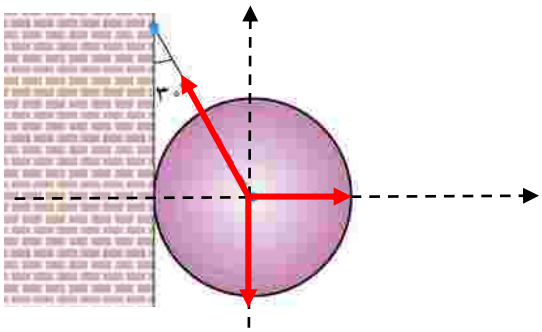
$$\Rightarrow 8.6\,T_2 = 4800$$

$$\Rightarrow T_2 \approx 558\,N$$

$$\Rightarrow 0.8\,T_1 - 0.9(558) = 0$$

$$\Rightarrow T_1 \approx 628\,N$$

۴- نیروهای وزن، کشش کابل و نیروی عمودی سطح مطابق شکل به جسم وارد می شود:



$$\begin{cases}\sum F_x = 0\\ \sum F_y = 0\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}N - T\sin 30^\circ = 0\\ T\cos 30^\circ - mg = 0\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}N = \dfrac{T}{2}\\ \dfrac{\sqrt{3}}{2}T - 200 = 0\end{cases}$$

$$\Rightarrow T = \frac{400\sqrt{3}}{3}\ \mathrm{N}$$

$$N - \frac{\frac{400\sqrt{3}}{3}\ \mathrm{N}}{2} = 0$$

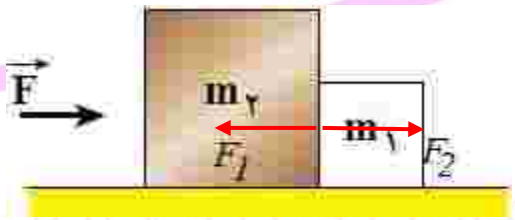
$$\Rightarrow N = \frac{200\sqrt{3}}{3}\ \mathrm{N}$$

۵- برای شکل الف) ابتدا نیروی F را محاسبه می کنیم:

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

$$\Rightarrow F = (1\ \mathrm{kg} + 2\ \mathrm{kg})(3\ \mathrm{m/s^2}) = 9\ \mathrm{N}$$

با توجه به شکل زیراگر فقط جسم m_2 را درنظر بگیریم:



$$F - F_1 = m_2 a$$

$$\Rightarrow 9\ N - F_1 = (2\ \mathrm{kg})(3\ \mathrm{m/s^2})$$

$$\Rightarrow F_1 = 3\ \mathrm{N}$$

برای شکل ب، روش حل مثل شکل الف است، فقط باید جای m_1 و m_2 را عوض کنیم:

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

$$\Rightarrow F = (1\ \mathrm{kg} + 2\ \mathrm{kg})\left(3\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}}\right) = 9\ \mathrm{N}$$

$$F - F_1 = m_1 a$$

$$\Rightarrow 9\ \mathrm{N} - F_1 = (1\ \mathrm{kg})(3\ \mathrm{m/s^2})$$

$$\Rightarrow F_1 = 6\ \mathrm{N}$$

۶- الف) بله، در حالتی که کتاب ساکن است برآیند نیروهای وارد بر آن در راستای قائم برابر صفر است:

$$\sum F_y = 0$$

$$\Rightarrow f_s - mg = 0$$

$$\Rightarrow f_s = mg$$

ب) خیر، با توجه به رابطه بدست آمده در قسمت الف نیروی اصطکاک فقط به وزن بستگی دارد. با این کار فقط نیروی واکنش سطح افزایش پیدا می کند.

۷- با توجه به شکل، تک تک نیروها را به مولفه های آن تجزیه می کنیم، برای نیروی ۸/۰ نیوتونی داریم:

$$F_{1x} = F_1 \cos 48° = 8.0\ (0.67) = 5.3\ N$$

$$F_{1y} = F_1 \sin 48° = 8.0\ (0.74) = 5.9\ \mathrm{N}$$

برای نیروی ۱۶ نیوتونی، داریم:

$$F_{2x} = F_2 \cos 78° = 16\ (0.21) = 3.3\ N$$

$$F_{2y} = F_2 \sin 78° = 16\ (0.98) = 15.6\ \mathrm{N}$$

برای نیروی ۴/۰ نیوتونی، با توجه به شکل داریم:

$$F_{3x} = F_3 \cos(\pi - 86) = 4.0\ (-0.07) = -0.28\ N$$

$$F_{3y} = F_3 \sin(\pi - 86) = 4.0\ (0.99) = 3.99\ \mathrm{N}$$

مولفه x نیروی برایند برابر است با:

$$\sum F_x = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} = 5.3\ \mathrm{N} + 3.3\ \mathrm{N} - 0.28\ \mathrm{N} = 8.32\ \mathrm{N}$$

و مولفه y نیروی برایند برابر است با:

$$\sum F_y = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} = 5.9\ \mathrm{N} + 15.6\ \mathrm{N} + 3.99\ \mathrm{N} = 25.5\ \mathrm{N}$$

بنابراین نیروی برایند برابر است با:

$$F = 8.32\,\hat{\mathrm{i}} + 25.5\,\hat{\mathrm{j}}$$

۸- الف)

$$f = \frac{n}{t} = \frac{900}{60} = 15\ Hz$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{15}\ \mathrm{s}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi(15\ \mathrm{Hz})$$

$$\Rightarrow \omega = 30\pi\,\frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}}$$

ب)

$$v = r\omega = (3)(30\pi) = 90\pi\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$a = r\omega^2 = (3)(30\pi)^2 = 2700\pi^2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

۹- الف)

$$F = \frac{GM_e m}{(R_e + h)^2}$$

$$\Rightarrow F = \frac{(6.67\times10^{-11})(5.98\times10^{24})(250)}{(6.4\times10^{6} + 2.6\times10^{6})^2} \approx 1231\ \mathrm{N}$$

ب) سرعت ماهواره از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\begin{cases} F = ma \\ a = \dfrac{v^2}{(R_e + h)} \end{cases} \Rightarrow F = m\frac{v^2}{(R_e + h)}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{F(R_e + h)}{m}} = \sqrt{\frac{(1231)(6.4\times10^{6} + 2.6\times10^{6})}{(250)}}$$

$$\Rightarrow v \approx 6.66 \times 10^3 \text{ m/s}$$

پ)

$$v = r\omega = r\frac{2\pi}{T}$$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi(R_e + h)}{v}$$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi(6.4 \times 10^6 + 2.6 \times 10^6)}{6.66 \times 10^3} \approx 8.49 \times 10^3 \text{ s}$$

۱۰- هنگامی ماهواره در یک نقطه بالای خط استوا ثابت است که همراه با زمین بچرخد. (دوره ی تناوب ماهواره برابر با دوره تناوب زمین است) :

$$T_{\text{ماهواره}} = T_{\text{زمین}} = 24\ h = 86400 \text{ s}$$

$$\acute{F} = F$$

$$\Rightarrow \frac{GM_e m}{r^2} = mr\omega^2$$

$$\Rightarrow \frac{GM_e m}{r^2} = mr\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$$

$$\Rightarrow r^3 = \frac{GM_e T^2}{4\pi^2} = \frac{(6.67 \times 10^{-11})(5.98 \times 10^{24})(86400)^2}{4\pi^2}$$

$$\Rightarrow r \approx 4.2 \times 10^7 \text{ m}$$

۱۱- با توجه به مسئله ۹، الف):

$$F = \frac{GM_e m}{(R_e + h)^2}$$

$$\Rightarrow F = \frac{(6.67 \times 10^{-11})(5.98 \times 10^{24})(27)}{(6.4 \times 10^6 + 2.5 \times 10^5)^2} \approx 243.5 \text{ N}$$

ب) سرعت ماهواره برابر است با:

$$F = m\frac{v^2}{(R_e + h)}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{F(R_e + h)}{m}} = \sqrt{\frac{(243.5)(6.4 \times 10^6 + 2.5 \times 10^5)}{(27)}}$$

$$\Rightarrow v \approx 7.74 \times 10^3 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

پ)

$$v = r\omega = r\frac{2\pi}{T}$$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi(R_e + h)}{v}$$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi(6.4 \times 10^6 + 2.5 \times 10^5)}{7.74 \times 10^3} \approx 5.4 \times 10^3 \ \mathrm{s}$$

www.physicsteach.ir

۱- دوره نوسان تغییری نمی کند (دوره ی نوسان به دامنه ی نوسان بستگی ندارد).

بیشینه ی سرعت برابر است با $v_{max} = A\omega$ بنابراین با دو برابر کردن دامنه بیشینه سرعت نیز دو برابر می شود.

انرژی مکانیکی برابر است با $E = \frac{1}{2}m\omega^2A^2$ بنابراین با دو برابر کردن دامنه انرژی مکانیکی چهار برابر می شود.

۲- الف) هنگامی که نوسانگر به مبدا نزدیک می شود، بردار سرعت و شتاب هم جهت هستند و حرکت تند شونده است.

ب) هنگامی که نوسانگر از مبدا دور می شود ، بردار سرعت و شتاب در خلاف جهت هم هستند و حرکت کند شونده است.

۳- خیر، چون نیروی بازگردان برابر است با $F = ma = m\frac{d^2x}{dt^2}$ و به مشتق دوم مکان جسم بستگی دارد و جهتش نیز به سمت نقطه ی تعادل است.

با توجه به رابطه ی نیروی:

$$F = ma = m\frac{d^2x}{dt^2} = m\frac{d}{dt}\left(\frac{dx}{dt}\right)$$

$$\Rightarrow F = m\frac{d}{dt}(A\omega\cos\omega t)$$

$$\Rightarrow F = -mA\omega^2\sin\omega t$$

$$\Rightarrow F = -m\omega^2x$$

بنابراین، بردار نیرو همیشه در خلاف جهت بردار جابه جایی است.

۴- انرژی کل نوسانگر برابر است با:

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

بیشینه ی سرعت نوسانگر برابر است با:

$$v_{max} = A\omega$$

با توجه به دو رابطه بالا انرژی کل نوسانگر را می توان به صورت زیر نوشت:

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

بنابراین با دو برابر کردن بیشینه ی سرعت، انرژی کل نوسانگر چهار برابر می شود.

۵- انرژی جنبشی و پتانسیل نوسانگر برابر است با:

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

هنگامی که انرژی جنبشی ۳ برابر انرژی پتانسیل باشد:

$$K = 3U_e$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}m\omega^2(A^2 - x^2) = (3)\frac{1}{2}m\omega^2 x^2$$

$$\Rightarrow A^2 = 4x^2$$

$$\Rightarrow x = \pm\frac{A}{2}$$

سرعت نوسانگر برابر است با:

$$\begin{cases} v = \omega\sqrt{A^2 - x^2} \\ x = \pm\frac{A}{2} \\ v_{max} = A\omega \end{cases} \Rightarrow \frac{v_{max}}{v} = \frac{A\omega}{\omega\sqrt{A^2 - \left(\pm\frac{A}{2}\right)^2}} \Rightarrow \frac{v_{max}}{v} = \frac{A}{A\sqrt{1 - \frac{1}{4}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{3}{4}}}$$

$$\Rightarrow v = \frac{\sqrt{3}}{2}v_{max}$$

شتاب نوسانگر برابر است با:

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

$$\Rightarrow \frac{a_{max}}{a} = \frac{\omega^2 A}{\omega^2\left(\pm\frac{A}{2}\right)} = \pm 2$$

$$\Rightarrow a = \frac{1}{2}a_{max}$$

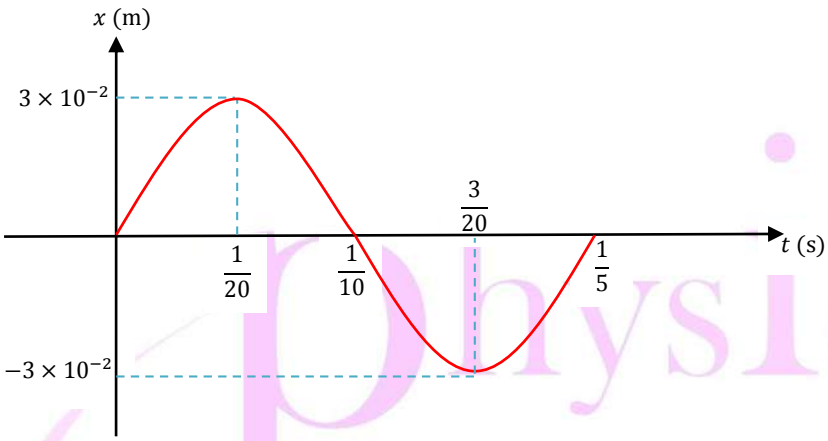
۶- معادله ی کلی حرکت نوسانگر به شکل زیر است:

$$x = A\sin\omega t$$

برای مقادیر داده شده، داریم:

$$\begin{cases} A = 3\times 10^{-2}\ m \\ \omega = 2\pi f = 2\pi(5)\dfrac{\text{rad}}{\text{s}} \end{cases} \Rightarrow x = A\sin\omega t$$

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



۷- معادله ی کلی حرکت سرعت و شتاب نوسانگر به شکل زیر است:

$$x = A\sin\omega t \quad , \quad v = A\omega\cos\omega t \quad , \quad a = -A\omega^2\sin\omega t$$

برای مقادیر داده شده، داریم:

$$\begin{cases} A = 4\times 10^{-2}\ \text{m} \\ \omega = \dfrac{2\pi}{T} = \dfrac{2\pi}{0.4}\dfrac{\text{rad}}{\text{s}} \end{cases} \Rightarrow x = A\sin\omega t$$

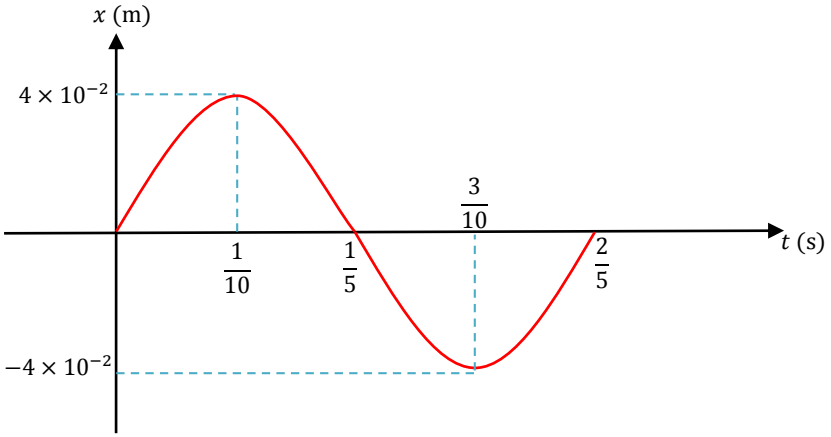
$$\Rightarrow x = 4\times 10^{-2}\sin(5\pi t)$$

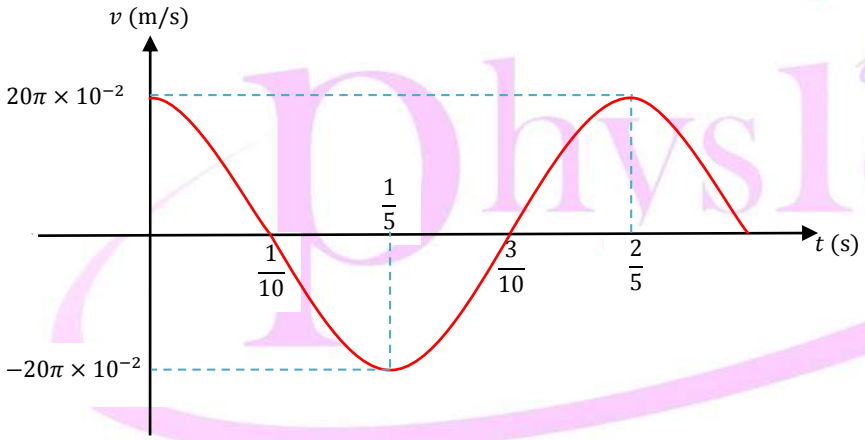
$$v = A\omega\cos\omega t$$

$$\Rightarrow v = 4\times 10^{-2}(5\pi)\cos(5\pi t)$$

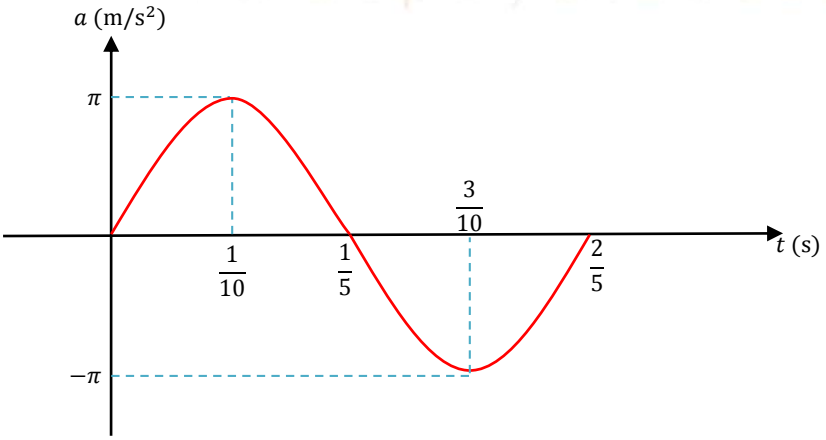
$$a = -A\omega^2\sin\omega t$$

$$\Rightarrow a = -4\times 10^{-2}(5\pi)^2\sin(5\pi t)$$





www.physicsteach.ir



۸- الف) سرعت نوسانگر برابر است با:

$$v = \frac{dx}{dt} = (0.05)(20\pi)\cos 20\pi t$$

$$\Rightarrow v = \pi\cos(20\pi t)$$

بیشینه سرعت زمانی بدست می آید که $\cos(20\pi t)$ برابر ۱- باشد:

$$\cos(20\pi t) = -1 = \cos\pi$$

$$\Rightarrow 20\pi t = \pi$$

$$\Rightarrow t = \frac{1}{20}\,\mathrm{s}$$

ب) هنگامی که انرژی پتانسیل با انرژی جنبشی نوسانگر برابر شود، داریم:

$$K = U_e$$

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

$$\Rightarrow A^2 = 2x^2 \Rightarrow x = \pm\frac{A\sqrt{2}}{2}$$

$$\Rightarrow x = \pm\frac{(0.05)\sqrt{2}}{2}\ m$$

$$\Rightarrow |x| = (0.025)\sqrt{2}\ \mathrm{m}$$

۹- الف) با توجه به شکل:

$$\begin{cases} A = 4\times 10^{-2}\ \mathrm{m} \\ 3\dfrac{T}{2} = 0.6\ \mathrm{s} \Rightarrow T = 0.4\ \mathrm{s} \\ \omega = \dfrac{2\pi}{T} = \dfrac{2\pi}{0.4}\dfrac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}} \end{cases} \Rightarrow x = A\sin\omega t \Rightarrow x = 4\times 10^{-2}\sin(5\pi\, t)$$

با مشتق گیری از معادله مکان، خواهیم داشت:

$$v = \frac{dx}{dt} = (0.04)(5\pi)\cos(5\pi\, t)$$

$$\Rightarrow v = 0.1\pi \cos(5\pi\, t)$$

با مشتق گیری از معادله سرعت، خواهیم داشت:

$$a = \frac{dv}{dt} = -(0.1\pi)(5\pi)\sin(5\pi t)$$

$$\Rightarrow a = -0.5\pi^2 \sin(5\pi t)$$

ب) با توجه به معادله سرعت، هنگامی سرعت بیشینه است که داشته باشیم:

$$\cos(5\pi\, t) = \pm 1$$

بنابراین:

$$t = 0, \frac{1}{5}, \frac{2}{5}, \ldots$$

یعنی $\frac{1}{5}$ s بعد از لحظه صفر، سرعت آن بیشینه می شود.

با توجه به معادله شتاب، هنگامی شتاب بیشینه است که داشته باشیم:

$$\sin(5\pi t) = \pm 1$$

بنابراین:

$$t = \frac{1}{10}, \frac{3}{10}, \ldots$$

یعنی $\frac{1}{10}$ s بعد از لحظه صفر، شتاب آن بیشینه می شود.

۱۰- الف) بیشینه سرعت برابر است با:

$$v_{max} = A\omega = A(2\pi f) = (50 \times 10^{-3})(2\pi \times 110) = 34.5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

ب) بیشینه شتاب برابر است با:

$$a_{max} = A\omega^2 = A(2\pi f)^2 = (50 \times 10^{-3})(2\pi \times 110)^2 = 26.3 \times 10^{+5}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$$

۱- موج عرضی موجی است که راستای نوسان ذره های محیط، بر راستای انتشار موج عمود است.

موج طولی موجی است که راستای نوسان ذره های محیط، موازی با راستای انتشار موج است.

در جامدات هر دو نوع موج منتشر می شود، در گازها فقط موج طولی منتشر می شود، در مایعات موج طولی منتشر می شود و در سطح آزاد مایع موج عرضی منتشر می شود.

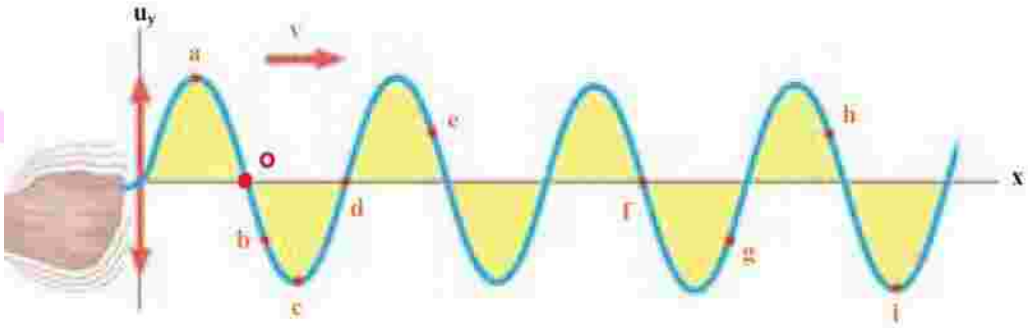
۲- سرعت انتشار موج در یک محیط به ویژگی های فیزیکی محیط (جنس، دما و ...) بستگی دارد. اما به شرایط فیزیکی چشمه موج (بسامد، دامنه و ...) بستگی ندارد. بنابراین موج دوم نیز با سرعت ۱۰۰ متر بر ثانیه حرکت می کند.

۳- الف) نقاط همفاز نقاطی هستند که در وضعیت نوسانی مشابهی قرار دارند (فاصله ی آن ها از هم مضرب صحیحی از طول موج است)، نقاط c و i با هم همفاز هستند و نقطه ی e و h با هم همفاز هستند.

ب) نقاطی در فاز مخالف قرار دارند که فاصله ی آن ها از هم مضرب فردی از نصف طول موج باشد، نقاط d و f نسبت به هم در فاز مخالف قرار دارند، نقاط b و g نیز نسبت به هم در فاز مخالف قرار دارند.

پ) نقاط d و f

ت)



۴- سرعت انتشار موج در طناب برابر است با:

$$v = \sqrt{\frac{F}{m/L}}$$

اگر نیروی کشش طناب ثابت باشد:

$$\Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{L_2 m_1}{L_1 m_2}}$$

با نصف کردن طول طناب جرم آن نیز نصف می شود:

$$\begin{cases} L_2 = \dfrac{L_1}{2} \\ m_2 = \dfrac{m_1}{2} \end{cases}$$

بنابراین:

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{L_2 m_1}{L_1 m_2}} = \sqrt{\frac{\frac{L_1}{2} m_1}{L_1 \frac{m_1}{2}}} = 1$$

$$\Rightarrow v_2 = v_1$$

۵-

۶- چگالی برابر جرم واحد حجم است و برای سیمی با سطح مقطع یکنواخت می توان آن را بر حسب جرم واحد طول نوشت:

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

$$\Rightarrow \mu = \rho A = \left(7.8\ \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}\right)(0.5 \times 10^{-2}\text{cm}^2) = 0.039\ \frac{\text{gr}}{\text{cm}}$$

$$\Rightarrow \mu = 3.9 \times 10^{-3}\ \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

بنابراین:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{156\ \text{N}}{3.9 \times 10^{-3}\ \text{kg/m}}} = 200\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۷- الف) سرعت به بسامد بستگی ندارد، سرعت انتشار هر دو موج یکسان است.

ب) با توجه به ثابت بودن سرعت انتشار دو موج:

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1}=\frac{v/f_2}{v/f_1}=\frac{f_1}{f_2}=\frac{50\ \text{Hz}}{75\ \text{Hz}}=\frac{2}{3}$$

$$\Rightarrow \lambda_2=\frac{2}{3}\lambda_1$$

۸- سرعت انتشار موج برابر است با:

$$v=\sqrt{\frac{F}{\frac{m}{L}}}=\sqrt{\frac{432}{6\times\frac{10^{-3}}{0.8}}}$$

$$\Rightarrow v=240\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

هنگامی که دو شکم در طول سیم تشکیل شود:

$$n=2\Rightarrow f_n=\frac{nv}{2L}=\frac{2(240\ \text{m/s})}{2(\ 0.8\ \text{m})}=300\ \text{Hz}$$

بسامد اصلی به ازای $n=1$ بدست می آید:

$$n=1\Rightarrow f_n=\frac{nv}{2L}=\frac{1(240\ \text{m/s})}{2(\ 0.8\ \text{m})}=150\ \text{Hz}$$

www.physicsteach.ir

۱- دمای هوا.

۲- چشمه صوتی را در عمق h در یک استخر قرار می دهیم، با روشن کردن چشمه صوت، زمان رسیدن صوت به سطح آب را اندازه گرفته و با استفاده از رابطه ی $v = \frac{h}{t}$ سرعت صوت را محاسبه می کنیم. توجه داشته باشید که هر چه عمق استخر (h) بیشتر باشد، دقت آزمایش نیز بیشتر است.

۳- با توجه به اینکه سرعت صوت در آب در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، ۱۴۹۸ متر بر ثانیه است:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1498\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{4 \times 10^5\ \mathrm{Hz}}$$

$$\Rightarrow \lambda = 374.5 \times 10^{-5}\ \mathrm{m}$$

۴- با توجه به اینکه سرعت صوت در هوا در دمای ۲۷ درجه سانتیگراد، ۳۴۳ متر بر ثانیه است، مسافتی که صوت با این سرعت در هوا در مدت ۵ ثانیه طی می کند برابر است با:

$$x = vt = (343\ \mathrm{m/s})(5\ \mathrm{s}) = 1715\ \mathrm{m}$$

۵- الف) مسافت طی شده در مدت ۱/۵ ثانیه برابر ۲×۲۴۰ متر است بنابراین سرعت صوت برابر است با:

$$v = \frac{x}{t} = \frac{2(240\ \mathrm{m})}{1.5\ \mathrm{s}} = 320\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

ب) فاصله ی بین صخره ی دوم و دانش آموز برابر است با:

$$x = vt = (320\ \mathrm{m/s})(1\ \mathrm{s}) = 320\ \mathrm{m}$$

فاصله ی بین دو صخره برابر است با:

$$240\ \mathrm{m} + 320\ \mathrm{m} = 560\ \mathrm{m}$$

۶- الف) بسامد در لوله صوتی که یک سر آن باز و سر دیگرش بسته است از رابطه ی زیر بدست می آید:

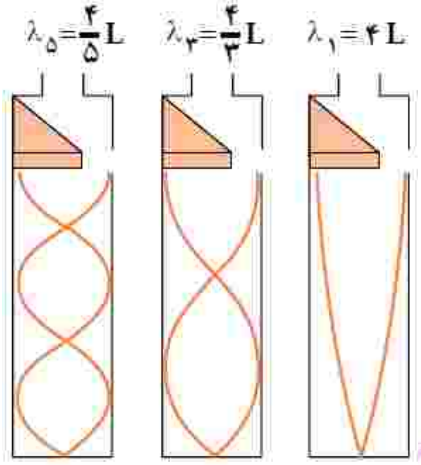
$$f_{2n-1} = \frac{(2n-1)v}{4L}$$

برای هماهنگ اصلی داریم:

$$n = 1 \Rightarrow f_1 = \frac{v}{4L}$$

$$\Rightarrow L = \frac{v}{4f_1} = \frac{340\ \text{m/s}}{4(60\ \text{Hz})} \approx 1.42\ \text{m}$$

ب)



پ) طول موج $2n-1$ امین هماهنگ از رابطه ی زیر بدست می آید:

$$\lambda_{2n-1} = \frac{4L}{2n-1}$$

$$n = 1 \Rightarrow \lambda_1 = \frac{4L}{1} = 4(1.42\ \text{m}) = 5.7\ \text{m}$$

$$n = 2 \Rightarrow \lambda_3 = \frac{4L}{3} = \frac{4}{3}(1.42\ \text{m}) = 1.9\ \text{m}$$

$$n = 3 \Rightarrow \lambda_5 = \frac{4L}{5} = \frac{4}{5}(1.42\ \text{m}) = 1.1\ \text{m}$$

۷- الف) بسامد در لوله صوتی که هر دو سر آن باز است از رابطه ی زیر بدست می آید:

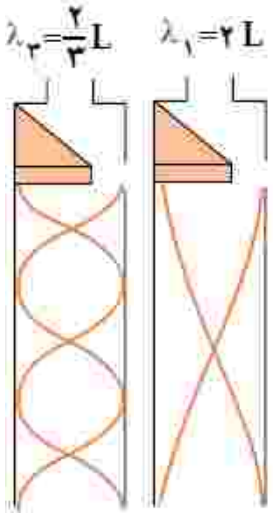
$$f_n = \frac{nv}{2L}$$

برای هماهنگ اصلی داریم:

$$n = 1 \Rightarrow f_1 = \frac{v}{2L}$$

$$\Rightarrow L = \frac{v}{2f_1} = \frac{340\ \text{m/s}}{2(60\ \text{Hz})} \approx 2.8\ \text{m}$$

ب)



پ) طول موج n امین هماهنگ از رابطه ی زیر بدست می آید:

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

$$n = 1 \Rightarrow \lambda_1 = \frac{2L}{1} = 2(2.8\ \text{m}) = 5.6\ \text{m}$$

$$n = 3 \Rightarrow \lambda_3 = \frac{2L}{3} = \frac{2}{3}(2.8\ \text{m}) = 1.87\ \text{m}$$

$$n = 5 \Rightarrow \lambda_5 = \frac{2L}{5} = \frac{2}{5}(2.8\ \text{m}) = 1.12\ \text{m}$$

۸- بسامد در لوله صوتی که هر دو سر آن باز است از رابطه ی زیر بدست می آید:

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

برای هماهنگ سوم داریم:

$$n = 3 \Rightarrow f_3 = \frac{3v}{2L} = \frac{3(340\ \text{m/s})}{2(1.7\ \text{m})} = 300\ \text{Hz}$$

۹-الف) برای موج کروی:

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

$$\Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{d_1}{2d_1}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

ب) به دلیل جذب انرژی صوتی توسط محیط و تبدیل آن به گرما.

۱۰-

$$\beta = 10\log\frac{I}{I_\circ}$$

$$\begin{cases} \beta_1 = 10\log\frac{I_1}{I_\circ} \Rightarrow 20 = 10\log\frac{I_1}{I_\circ} \Rightarrow \frac{I_1}{I_\circ} = 10^2 \\ \beta_2 = 10\log\frac{I_2}{I_\circ} \Rightarrow 10 = 10\log\frac{I_2}{I_\circ} \Rightarrow \frac{I_2}{I_\circ} = 10 \end{cases} \Rightarrow \frac{\frac{I_1}{I_\circ}}{\frac{I_2}{I_\circ}} = \frac{I_1}{I_2} = 10$$

برای موج کروی:

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

۱۱- شدت صوت در فاصله ی ۲۰ متری برابر است با:

$$\beta = 10\log\frac{I}{I_\circ} = 60\ \text{dB}$$

$$\Rightarrow \frac{I}{I_\circ} = 10^6$$

در فاصله ای که صدا به زحمت شنیده می شود، شدت صوت برابر $I_\circ$ است:

$$\frac{I}{I_\circ} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$$

$$\Rightarrow 10^6 = \left(\frac{d_2}{20}\right)^2$$

$$\Rightarrow d_2 = 20\ \text{km}$$

خیر، منطقی نیست.

۱۲- شدت صوت برابر است با:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_\circ}$$

$$\Rightarrow 90 \text{ dB} = 10 \log \frac{I}{I_\circ}$$

$$\Rightarrow \frac{I}{I_\circ} = 10^9$$

$$\Rightarrow I = 10^9 I_\circ = (10^9)(10^{-12} \text{ W/m}^2) = 10^{-3} \text{ W/m}^2$$

انرژی جذب شده توسط پرده گوش در مدت ۲ دقیقه برابر است با:

$$E = IAt = I\left(\pi \frac{d^2}{4}\right)t = \left(10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right)\left(\pi \frac{(0.75 \times 10^{-2})^2}{4}\right)(2 \times 60 \times 60 \text{ s})$$
$$= 3.18 \times 10^{-4} \text{ J}$$

www.physicsteach.ir

۱–الف) ناحیه ی p فرابنفش، ناحیه ی Q نور مرئی،ناحیه ی R فروسرخ، ناحیه ی S امواج رادیویی.

ب) اگر از چپ به راست حرکت کنیم، طول موج افزایش و بسامد (فرکانس) امواج کاهش پیدا می کند. سرعت امواج الکترومغناطیسی ثابت است.

۲– این امواج دارای طول موج و بسامد متفاوت هستند.

هر دو امواج الکترو مغناطیسی هستند، در خلا با سرعت نور حرکت می کنند، برای انتشار نیاز به محیط مادی ندارند، این امواج از نوع امواج عرضی هستند.

۳– الف) بسامد این موج برابر است با:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{75 \text{ m}} = 4 \times 10^6 \text{ Hz}$$

ب)

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{12 \times 10^6 \text{ Hz}} = 25 \text{ m}$$

۴– الف)

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{6.42 \times 10^{-7} \text{ m}} \approx 4.7 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

ب) طول موج نور قرمز در هوا:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{4.28 \times 10^{14} \text{ Hz}} \approx 0.7 \times 10^{-6} \text{ m}$$

طول موج نور قرمز در آب:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{2.25 \times 10^8 \text{ m/s}}{4.28 \times 10^{14} \text{ Hz}} \approx 0.5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

۵– الف)

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{540 \times 10^3 \text{ Hz}} \approx 550 \text{ m}$$

و:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1600 \times 10^3 \text{ Hz}} = 187.5 \text{ m}$$

از ۵۵۰ تا ۱۸۷/۵ متر.

ب)

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{88 \times 10^6 \text{ Hz}} \approx 3.4 \text{ m}$$

و:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{108 \times 10^6 \text{ Hz}} \approx 2.8 \text{ m}$$

از ۳/۴ تا ۲/۸ متر.

۶- با توجه به رابطه ی $\lambda = \frac{Xa}{nD}$ مشاهده می کنیم که با افزایش طول موج و ثابت نگه داشتن باقی پارامتر ها فاصله ی نوار ها از هم (X) افزایش می یابد. همچنین با افزایش فاصله پرده از شکاف D ، و کاهش فاصله ی بین دو شکاف a ، می توان فاصله ی نوار ها از یکدیگر را افزایش داد. بنابراین موارد ۱، ۳ و ۴ صحیح است.

۷- با توجه به اینکه سرعت امواج الکترومغناطیسی در آب کمتر از هوا است، طول موج امواج الکترومغناطیسی در آب، کمتر از مقدار آن در هوا است. بنابراین اگر آزمایش یانگ عینا در آب انجام شود فاصله نوار ها از یکدیگر کمتر می شود.

۸-

$$\lambda = \frac{Xa}{nD} = \frac{(2.27 \times 10^{-3} \text{ m})(0.6 \times 10^{-3} \text{ m})}{(1)(2.5 \text{ m})}$$

$$\Rightarrow \lambda = 544.8 \times 10^{-9} \text{ m}$$

۹-

$$\lambda = \frac{Xa}{nD}$$

$$\Rightarrow X = \frac{\lambda nD}{a} = \frac{(0.6 \times 10^{-6} \text{ m})(10)(80 \times 10^{-2} \text{ m})}{(0.4 \times 10^{-3} \text{ m})} = 12 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Rightarrow X = 12 \text{ mm}$$

۱۰- بسامد.

۱۱- الف)

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.5 \times 10^6 \text{ Hz}} = 200 \text{ m}$$

ب) سیگنال های فرستاده شده از نقاط A و B هم فاز هستند.

پ) اگر در مسیر خط واصل دو منبع سیگنال حرکت کنیم، امواج رادیویی متناوبا و در فاصله های زمانی یکسان به مقدار بیشینه و کمینه می رسد. و با توجه به این نکته می توان مسیر حرکت را تعیین کرد. همچنین با اندازه گیری شدت سیگنال ها می توان مراکز فرستنده را شناسایی کرد.

physics teach
www.physicsteach.ir

۱- تابش الکترومغناطیسی جسم، پدیده فتوالکتریک، طیف گسیل شده از اتم ها.

۲- با استفاده از قانون جابه جایی وین:

$$\lambda_m T = 2.9 \times 10^{-3}\ \mathrm{m.K}$$

$$\Rightarrow \lambda_m = \frac{2.9 \times 10^{-3}\mathrm{m.K}}{900\ \mathrm{K}} = 3.2 \times 10^{-6}\ \mathrm{m}$$

۳- با استفاده از قانون جابه جایی وین بیشینه طول موج برابر است با:

$$\lambda_m T = 2.9 \times 10^{-3}\ \mathrm{m.K}$$

$$\Rightarrow \lambda_m = \frac{2.9 \times 10^{-3}\mathrm{m.K}}{(27+273)\ \mathrm{K}} = 9.6 \times 10^{-6}\ \mathrm{m}$$

این طول موج در ناحیه فروسرخ قرار دارد.

۴- تابع کار فلز برابر است با:

$$f_\circ = \frac{W_\circ}{h}$$

$$\Rightarrow W_\circ = f_\circ h = \frac{c}{\lambda_\circ} h = \frac{2.99 \times 10^{8}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{6.325 \times 10^{-9}\mathrm{m}} (6.63 \times 10^{-34}\ \mathrm{Js})$$

$$\Rightarrow W_\circ = 6.1 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$$

ولتاژ متوقف کننده برابر است با:

$$V_\circ = \frac{K_{\text{بیشینه}}}{e} = \frac{\frac{hc}{\lambda} - W_\circ}{e}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{hc}{eV_\circ + W_\circ} = \frac{(6.63 \times 10^{-34}\ \mathrm{Js})\left(2.99 \times 10^{8}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)}{(1.6 \times 10^{-19}\ \mathrm{C})(0.97\ \mathrm{V}) + 6.1 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}}$$

$$\Rightarrow \lambda = 2.6 \times 10^{-7}\ \mathrm{m}$$

۵- ولتاژ متوقف کننده برابر است با:

$$V_\circ = \frac{K_{\text{بیشینه}}}{e} = \frac{\frac{hc}{\lambda} - W_\circ}{e}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{hc}{eV_\circ + W_\circ} = \frac{(4.14 \times 10^{-15}\ \mathrm{eV.s})\left(2.99 \times 10^{8}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)}{\mathrm{e}(5\ \mathrm{V}) + 2.2\ \mathrm{eV}}$$

$$\Rightarrow \lambda = 1.7 \times 10^{-7}\ \mathrm{m}$$

۶- الف) انرژی این فوتون برابر است با:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(4.14 \times 10^{-15}\ \mathrm{eV.s})\left(2.99 \times 10^{8}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)}{680 \times 10^{-9}\ \mathrm{m}} = 1.8\ \mathrm{eV}$$

چون انرژی این فوتون از $W_\circ = 2.28\ \mathrm{eV}$ کمتر است نمی تواند از سطح فلز الکترون جداد کند.

ب) طول موج قطع برابر است با:

$$\lambda = \frac{hc}{W_\circ} = \frac{(4.14 \times 10^{-15}\ \mathrm{eV.s})\left(2.99 \times 10^{8}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)}{2.28\ \mathrm{eV}}$$

$$\Rightarrow \lambda = 5.42 \times 10^{-7}\mathrm{m}$$

در ناحیه مرئی نزدیک به سبز.

۷- هنگامی جسم جامد گرم شود، تابش گرمایی از گسیل می شود که دارای طیف پیوسته است. ولی هنگامی که یک عنصر را به بخار تبدیل کنیم طیف حاصل از آن ناپیوسته است.

۸- خیر، با استفاده از طیف ناپیوسته.

۹- بله، به علت دمای بالای خورشید عناصر موجود در خورشید به صورت بخار هستند که یک طیف ناپیوسته از خود گسیل می کنند و می توان با استفاده از خطوط طیفی این عناصر را شناسایی کرد.

۱۰- در مدل رادرفورد اگر الکترون ها را نسبت به هسته ساکن فرض کنیم، این الکترون ها، باید تحت تأثیر نیروی ربایش الکتریکی بین هسته و الکترون، روی هسته سقوط کنند و در نتیجه اتم ناپایدار باشد، اگر هم الکترون ها به دور هسته در حال حرکت باشند به این دلیلی که الکترون ها ی شتاب دار، امواج الکترومغناطیسی گسیل می کنند، به طور پیوسته انرژی از دست داده و روی هسته سقوط می کنند. بنابراین الگوی رادرفورد برای اتم، نمی تواند پایداری اتم ها را توضیح دهد و همچنین قادر به توجیه طیف گسسته اتمی نیست.

بور فرض کرد که الکترون روی مدار های دایره ای با شعاع های معینی (مدارهای مانا) حرکت می کند و الکترون در حین حرکت روی یک مدار مانا، برخلاف نظریه الکترومغناطیس کلاسیک، تابشی گسیل نمی کند.

۱۱- الکترون ها هنگامی می توانند تابش الکترومغناطیسی گسیل کنند که از یک حالت مانا با انرژی E_{n1} به حالت مانای دیگر با انرژی E_{n2} بروند. در این صورت بسامد تابش از رابطه ی $f = \frac{E_{n_1}-E_{n_2}}{h}$ بدست می آید و چون این حالت های مانا، دارای انرژی ناپیوسته هستند طول موج نیز دارای مقادر ناپیوسته است.

۱۲- با توجه به طول موج این فوتون رنگ آن نارنجی است. و انرژی آن برابر است با:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(4.14 \times 10^{-15}\ \text{eV.s})\left(2.99 \times 10^{8}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{630 \times 10^{-9}\ \text{m}} = 1.96\ \text{eV}$$

۱۳- طبق رابطه ریدنبرگ برای رشته لیمان داریم:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right), \qquad n = 2,3,4 \ldots$$

$$n = 2 \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right) \Rightarrow \lambda = \frac{4}{3R_H} = \frac{4}{3(0.0109\ (\text{nm})^{-1})} \approx 121\ \text{nm}$$

$$n = 3 \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2}\right) \Rightarrow \lambda = \frac{9}{8R_H} = \frac{9}{8(0.0109\ (\text{nm})^{-1})} \approx 103\ \text{nm}$$

$$n = 4 \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{4^2}\right) \Rightarrow \lambda = \frac{16}{15R_H} = \frac{16}{15(0.0109\ (\text{nm})^{-1})} \approx 98\ \text{nm}$$

$$n = 5 \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{5^2}\right) \Rightarrow \lambda = \frac{25}{24R_H} = \frac{25}{24(0.0109\ (\text{nm})^{-1})} \approx 96\ \text{nm}$$

این طول موج ها در ناحیه ی فرابنفش قرار دارد.

۱۴- الف) کلاسیکی: حرکت الکترون در مدارهای مانا.

ب) غیر کلاسیکی: موارد مربوط به تابش الکترومغناطیسی و ترازهای انرژی.

۱۵- از تراز ۴ به تراز ۱:

$$\lambda = \frac{hc}{E_4 - E_1} = \frac{(4.14 \times 10^{-15}\ \text{eV.s})\left(2.99 \times 10^{8}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{\left(-\frac{13.6}{16}\ \text{eV}\right) - (-13.6\ \text{eV})} = 97 \times 10^{-9}\ \text{m}$$

از تراز ۴ به تراز ۲:

$$\lambda = \frac{hc}{E_4 - E_2} = \frac{(4.14 \times 10^{-15}\ \text{eV.s})\left(2.99 \times 10^{8}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{(-\frac{13.6}{16}\ \text{eV}) - (-\frac{13.6}{4}\ \text{eV})} = 4.85 \times 10^{-7}\ \text{m} = 485\ \text{nm}$$

از تراز ۴ به تراز ۳:

$$\lambda = \frac{hc}{E_4 - E_3} = \frac{(4.14 \times 10^{-15}\ \text{eV.s})\left(2.99 \times 10^{8}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{(-\frac{13.6}{16}\ \text{eV}) - (-\frac{13.6}{9}\ \text{eV})} = 18.72 \times 10^{-7}\ \text{m} = 1872\ \text{nm}$$

۱۶- الف) چون این تراز دارای کمترین انرژی است.

ب) کمترین طول موج تابش الکترومغناطیسی زمانی روی می دهد که الکترون از ترازی با انرژی صفر به تراز پایه برود:

$$f = \frac{E_{n_1} - E_{n_2}}{h}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_{n_1} - E_{n_2}} = \frac{(4.14 \times 10^{-15}\ \text{eV.s})\left(2.99 \times 10^{8}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{0 - (-13.6\ \text{eV})} = 91 \times 10^{-9}\ \text{m}$$

پ) اختلاف انرژی دو تراز برابر است با:

$$E_{n_1} - E_{n_2} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(4.14 \times 10^{-15}\ \text{eV.s})\left(2.99 \times 10^{8}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{660 \times 10^{-9}\ \text{m}} = 1.88\ \text{eV}$$

یعنی از ترازی با انرژی ۱/۵۱- الکترون ولت به ترازی با انرژی ۳/۳۹- الکترون ولت.

۱۷- انرژی هر فوتون برار است با:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(4.14 \times 10^{-15}\ \text{eV.s})\left(2.99 \times 10^{8}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{589 \times 10^{-9}\ \text{m}}$$

$$\Rightarrow E = 2.1\ \text{eV}$$

توان لامپ برابر است با:

$$P = \frac{nE}{t}$$

تعداد فوتون های گسیل شده در ثانیه برابر است با:

$$\Rightarrow n = \frac{Pt}{E} = \frac{(6\ \mathrm{W})(1\ \mathrm{s})}{(2.1)(1.6\times 10^{-19})\ \mathrm{J}} = 1.78\times 10^{19}$$

۱۸- بسامد این فوتون برابر است با:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{2.99\times 10^{8}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{600\times 10^{-9}\ \mathrm{m}} = 4.98\times 10^{14}\ \mathrm{Hz}$$

انرژی فوتون برابر است با:

$$E = hf = (6.63\times 10^{-34}\ \mathrm{Js})(4.98\times 10^{14}\ \mathrm{Hz})$$

$$\Rightarrow E = 33.02\times 10^{-20}\ \mathrm{J}$$

انرژی برحسب الکترون ولت:

$$E = (33.02\times 10^{-20}\ \mathrm{J})\left(\frac{1\mathrm{eV}}{1.6\times 10^{-19}\ \mathrm{J}}\right) = 2.06\ \mathrm{eV}$$

۱۹- الف) انرژی یونش برای حالت پایه اتم هیدروژن مقدار انرژی است که به الکترونی که در حالت پایه قرار دارد داده می شود تا بطور کامل از قید هسته رها شود است :

$$-E_1 = \frac{E_R}{(1)^2} = 13.6\ \mathrm{eV}$$

ب)

$$-E_3 = \frac{E_R}{(3)^2} = \frac{13.6}{9}\ \mathrm{eV} = 1.51\ \mathrm{eV}$$

-۲۰

$$\Delta E(n_1 \to n_2) = E_{n_1} - E_{n_2} = \frac{-E_R}{(n_1)^2} - \frac{-E_R}{(n_2)^2} = -E_R\left(\frac{1}{(n_1)^2} - \frac{1}{(n_2)^2}\right)$$

الف)

$$\Delta E(4 \to 2) = -E_R\left(\frac{1}{(4)^2} - \frac{1}{(2)^2}\right) = -E_R\left(\frac{1-4}{16}\right) = \left(\frac{3}{16}\right)E_R$$

$$\Delta E(4 \to 3) = -E_R\left(\frac{1}{(4)^2} - \frac{1}{(3)^2}\right) = \left(\frac{7}{144}\right)E_R$$

$$\Delta E(3 \to 2) = -E_R\left(\frac{1}{(3)^2} - \frac{1}{(2)^2}\right) = \left(\frac{5}{36}\right)E_R$$

$$\Delta E(4 \to 3) + \Delta E(3 \to 2) = \left(\frac{7}{144}\right)E_R + \left(\frac{5}{36}\right)E_R = \left(\frac{3}{16}\right)E_R = \Delta E(4 \to 2)$$

ب)

$$\Delta E(4 \to 1) = -E_R\left(\frac{1}{(4)^2} - \frac{1}{(1)^2}\right) = \left(\frac{15}{16}\right)E_R$$

$$\Delta E(4 \to 2) = -E_R\left(\frac{1}{(4)^2} - \frac{1}{(2)^2}\right) = \left(\frac{3}{16}\right)E_R$$

$$\Delta E(2 \to 1) = -E_R\left(\frac{1}{(2)^2} - \frac{1}{(1)^2}\right) = \left(\frac{3}{4}\right)E_R$$

$$\Delta E(4 \to 2) + \Delta E(2 \to 1) = \left(\frac{3}{16}\right)E_R + \left(\frac{3}{4}\right)E_R = \left(\frac{15}{16}\right)E_R = \Delta E(4 \to 1)$$

۲۱- الف) ۱۳ نوع فوتون با انرژی مختلف.

ب) پنج نوع فوتون با انرژی مختلف.

۲۲- پرتوهای فرابنفش دارای طول موج کوتاه تری نسبت به نور مرئی هستند و در نتیجه انرژی این پرتوها نسبت به نور مرئی بیشتر است و می تواند داخل سلول های پوست نفوذ کند و به آن ها آسیب بزنند.

۲۳- الف)

$$\%\text{بازده} = \frac{(\text{توان خروجی})}{(\text{توان ورودی})} \times 100 = \frac{0.5 \times 10^{-3}\ \text{W}}{50\ \text{W}} \times 100 = 0.001\%$$

ب) انرژی هر فوتون برابر است با:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.63 \times 10^{-34}\ \text{Js})\left(2.99 \times 10^{8}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{633 \times 10^{-9}\ \text{m}} = 2.99 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

تعداد فوتون های گسیل شده در ثانیه برابر است با:

$$\Rightarrow n = \frac{Pt}{E} = \frac{(0.5 \times 10^{-3}\ \text{W})(1\ \text{s})}{2.99 \times 10^{-19}\ \text{J}} = 1.67 \times 10^{15}$$

۲۴- الف) انرژی یک فوتون در هر یک از این بسامدها به ترتیب برابر است با:

$$E_1 = hv_1 = (6.63 \times 10^{-34}\ \text{Js})(60\ \text{Hz}) \approx 4.0 \times 10^{-32}\ \text{J}$$

$$E_1 = (4.0 \times 10^{-32}\ \text{J})\left(\frac{1\text{eV}}{1.6 \times 10^{-19}\ \text{J}}\right) = 2.5 \times 10^{-13}\ \text{eV}$$

$$E_2 = hv_2 = (6.63 \times 10^{-34}\ \text{Js})(1.0 \times 10^{21}\ \text{Hz}) \approx 6.6 \times 10^{-13}\ \text{J}$$

$$E_2 = (6.6 \times 10^{-13}\ \text{J})\left(\frac{1\text{eV}}{1.6 \times 10^{-19}\ \text{J}}\right) = 4.1 \times 10^{6}\ \text{eV}$$

ب) اگر برای آسیب رساندن به مولکول DNA یک الکترون ولت انرژی لازم باشد، با توجه به نتایج قسمت (الف) تعداد $2.5 \times 10^{+13}$ فوتون کم بسامد برای آسیب رساندن به آن لازم است.

پ) با توجه به نتیجه قسمت (الف) یک فوتون گاما تعداد 4.1×10^{6} مولکول DNA را منهدم می کند.

www.physicsteach.ir

۱- با توجه به نماد شیمیایی $^{90}_{38}\mathrm{Sr}$ عدد جرمی استرانسیوم ۹۰ و عدد اتمی یا تعداد پروتون های آن ۳۸ است. تعداد الکترون ها در حال خنثی برابر تعداد پروتون ها است. تعداد نوترون ها یا عدد نوترونی برابر است با:

$$N = A - Z = 90 - 38 = 52$$

۲- الف) خیر، زیرا ایزوتوپ $^{61}_{25}X$ عدد اتمی مساوی با ایزوتوپ $^{59}_{25}\mathrm{Y}$ دارد و بنابراین این دو خواص شیمیایی یکسانی با هم دارد. ب) بله، زیرا ایزوتوپ $^{61}_{25}X$ عدد اتمی متفاوتی با ایزوتوپ $^{61}_{26}Z$ دارد.

۳- در واپاشی آلفازا دو پروتون و دو نوترون از هسته کم می شود.

در فرایند گسیل الکترون بتا یکی به تعداد پروتون های هسته اضافه می شود و یکی از تعداد نوترون های هسته کم می شود، در فرایند گسیل پوزیترون بتا یکی از تعداد پروتون های هسته کم شده و یکی به تعداد نوترون های هسته اضافه می شود.

در واپاشی گامازا، هیچ یک از اعداد اتمی و جرمی هسته تغییر نمی کند و فقط هسته، از حالت برانگیخته با گسیل پرتو گاما به حالت پایه می رسد.

۴- با توجه به رابطه ی انیشتن $E = mc^2$ جرم و انرژی به یکدیگر تبدیل می شوند. و مجموع جرم و انرژی پایسته می ماند. و به نوعی می توان گفت درکل هستی مجموع جرم و انرژی مقدار ثابتی است.

۵- همان طور که می دانیم بخش عمده ی انرژی خورشید از طریق واکنش همجوشی هسته ای تامین می شود، که انرژی لازم برای منظومه شمسی و سیاره زمین را فراهم می کند. نفت و زغال سنگ نیز مواد عالی هستند که برای تشکیل شدن به انرژی خورشید (انرژی هسته ای) نیاز دارند.

۶- با توجه به جدول تناوبی عناصر:

الف) بریلیوم ۹: عدد جرمی برابر ۹ و عدد اتمی برابر ۴. بنابراین تعداد پروتون برابر ۴، در حالت خنثی تعداد الکترون ها برابر ۴، تعداد نوترون برابر ۵=۴-۹

ب) کلسیم ۴۰ : عدد جرمی برابر ۴۰ و عدد اتمی برابر ۲۰. بنابراین تعداد پروتون برابر ۲۰، در حالت خنثی تعداد الکترون ها برابر ۲۰، تعداد نوترون برابر ۲۰=۲۰-۴۰

پ) نقره ۱۰۷: عدد جرمی برابر ۱۰۷ و عدد اتمی برابر ۴۷. بنابراین تعداد پروتون برابر ۴۷، در حالت خنثی تعداد الکترون ها برابر ۴۷، تعداد نوترون برابر ۶۰=۴۷-۱۰۷

ت) طلا ۱۹۷ : عدد جرمی برابر ۱۹۷ و عدد اتمی برابر ۷۹. بنابراین تعداد پروتون برابر ۷۹، در حالت خنثی تعداد الکترون ها برابر ۷۹، تعداد نوترون برابر ۱۱۸=۷۹-۱۹۷

ث) سرب ۲۰۸ : عدد جرمی برابر ۲۰۸ و عدد اتمی برابر ۸۲. بنابراین تعداد پروتون برابر ۸۲، در حالت خنثی تعداد الکترون ها برابر ۸۲، تعداد نوترون برابر ۱۲۶=۸۲–۲۰۸

ج) اورانیم ۲۳۸: عدد جرمی برابر ۲۳۸ و عدد اتمی برابر ۹۲. بنابراین تعداد پروتون برابر ۹۲، در حالت خنثی تعداد الکترون ها برابر ۹۲، تعداد نوترون برابر ۱۴۶=۹۲–۲۳۸

–۱۷

$$^{231}_{91}\mathrm{Pa} \rightarrow \alpha + {}^{227}_{89}\mathrm{Ac}$$

$$^{27}\mathrm{Si} \rightarrow {}^{27}\mathrm{P} + \beta$$

$$^{240}_{92}\mathrm{U} \rightarrow \beta^- + {}^{240}_{93}\mathrm{Np} \qquad , \qquad {}^{240}_{92}\mathrm{U} \rightarrow \beta^+ + {}^{240}_{91}\mathrm{Pa}$$

$$^{74}\mathrm{AS} \rightarrow {}^{74}\mathrm{Se} + \beta$$

$$^{131}\mathrm{I} \rightarrow {}^{131}\mathrm{Xe} + \beta$$

$$^{99}_{43}\mathrm{T} \rightarrow \gamma + {}^{99}_{43}\mathrm{T}$$

۸– تعداد هسته های باقی مانده برابر $\frac{N_0}{2^n}$ است، و n از رابطه زیر بدست می آید:

$$n = \frac{t}{T_{1/2}} = \frac{4 \times 60\ \mathrm{min}}{60\ \mathrm{min}} = 4$$

$$\Rightarrow \frac{N_0}{2^n} = \frac{N_0}{2^4} = \frac{1}{16} N_0$$

یعنی پس از گذشت چهار ساعت، $\frac{1}{16}$ از ماده اولیه باقی مانده است.

۹– جرم هسته $^{27}_{13}\mathrm{Al}$ برابر است با:

$$m(^{27}_{13}\mathrm{Al}) = M(^{27}_{13}\mathrm{Al}) - ZM(e) = 26.98154\ \mathrm{u} - 13(0.000549\ \mathrm{u}) = 26.974403\ \mathrm{u}$$

بنابراین انرژی بستگی هسته برابر است با:

$$B = \left[Nm_n + Zm_p - m(^{27}_{13}\mathrm{Al})\right]c^2$$

$$= [14(1.008665\ \mathrm{u}) + 13(1.007276\ \mathrm{u}) - 26.974403\ \mathrm{u}] \times 931.5 = 224.95259\ \mathrm{MeV}$$

جرم هسته $^{26}_{13}\mathrm{Al}$ برابر است با:

$$m({}^{26}_{13}\mathrm{Al}) = M({}^{26}_{13}\mathrm{Al}) - ZM(e) = 25.986982\ \mathrm{u} - 13(0.000549\ \mathrm{u}) = 25.979845\ \mathrm{u}$$

بنابراین انرژی بستگی هسته برابر است با:

$$B = \left[Nm_n + Zm_p - m({}^{26}_{13}\mathrm{Al})\right]c^2$$

$$= [13(1.008665\ \mathrm{u}) + 13(1.007276\ \mathrm{u}) - 25.979845\ \mathrm{u}] \times 931.5 = 221.811922\ \mathrm{MeV}$$

۱۰- جرم هسته ${}^{56}_{26}\mathrm{Fe}$ برابر است با:

$$m({}^{56}_{26}\mathrm{Fe}) = M({}^{56}_{26}\mathrm{Fe}) - ZM(e) = 9.29 \times 10^{-26}\mathrm{kg} - 26(9.1 \times 10^{-31}\mathrm{kg})$$
$$= 92.87 \times 10^{-27}\mathrm{kg}$$

بنابراین انرژی بستگی هسته برابر است با:

$$B = \left[Nm_n + Zm_p - m({}^{56}_{26}\mathrm{Fe})\right]c^2$$

$$= [30(1.68 \times 10^{-27}\mathrm{kg}) + 26(1.67 \times 10^{-27}\mathrm{kg}) - 92.87 \times 10^{-27}\mathrm{kg}]\left(2.99 \times 10^{8}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2$$
$$= 8.49 \times 10^{-11}\mathrm{J}$$

انرژی بستگی به ازای هر نکلئون برابر است با:

$$\frac{B}{A} = \frac{8.49 \times 10^{-11}}{56} = 0.15 \times 10^{-11}$$

جرم هسته ${}^{238}_{92}\mathrm{U}$ برابر است با:

$$m({}^{238}_{92}\mathrm{U}) = M({}^{238}_{92}\mathrm{U}) - ZM(e) = 3.95 \times 10^{-25}\mathrm{kg} - 92(9.1 \times 10^{-31}\mathrm{kg})$$
$$= 394.92 \times 10^{-27}\mathrm{kg}$$

بنابراین انرژی بستگی هسته برابر است با:

$$B = \left[Nm_n + Zm_p - m({}^{238}_{92}\mathrm{U})\right]c^2$$

$$= [146(1.68 \times 10^{-27}\mathrm{kg}) + 92(1.67 \times 10^{-27}\mathrm{kg}) - 394.92$$
$$\times 10^{-27}\mathrm{kg}]\left(2.99 \times 10^{8}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 = 35.76 \times 10^{-11}\mathrm{J}$$

انرژی بستگی به ازای هر نکلئون برابر است با:

$$\frac{B}{A} = \frac{35.76 \times 10^{-11}}{238} = 0.15 \times 10^{-11}$$

۱۱- تعداد هسته های باقی مانده از رابطه ی $\frac{N_0}{2^n}$ بدست می آید:

$$\frac{1}{64}N_0 = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow \frac{1}{64} = \frac{1}{2^n}$$

$$\Rightarrow n = 6$$

از طرفی با توجه به رابطه $n = \frac{t}{T_{1/2}}$، چون نیم عمر کربن ۱۴ برابر ۵۷۳۰ سال است، عمر تقریبی زغال برابر است با:

$$\Rightarrow t = nT_{1/2} = (6)(5730\ \mathrm{y}) = 34380\ \mathrm{y}$$

physics teach
www.physicsteach.ir