دبیرستان امام علی (ع)

فیزیک

سال دوازدهم

رشته تجربی

سال تحصیلی : ۹۹ - ۹۸

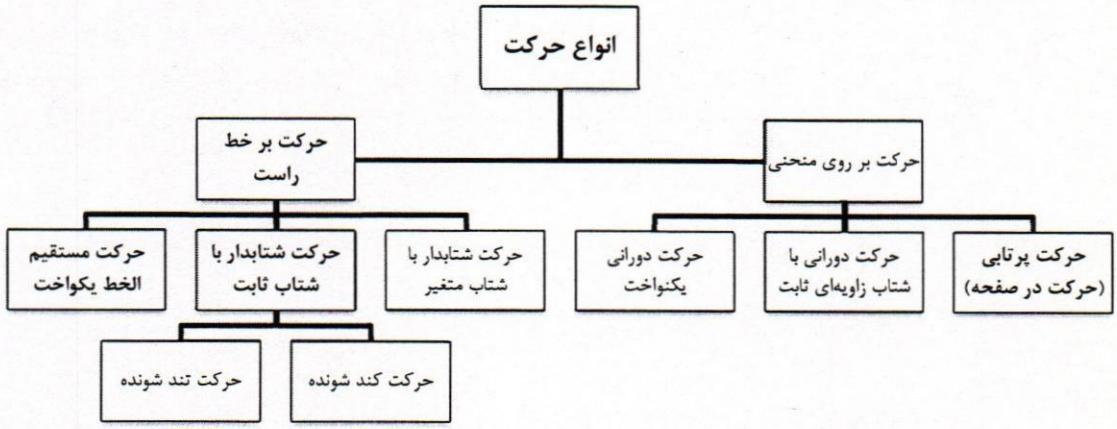
فصل اول: حرکت بر خط راست

مکانیک: علمی که درباره‌ی حرکت اجسام بحث میکند مکانیک گویند این علم به دو شاخه زیر تقسیم می‌شود:

حرکت شناسی (سینماتیک): درباره علم حرکت اجسام بدون در نظر گرفتن علت آن بحث می‌کند.

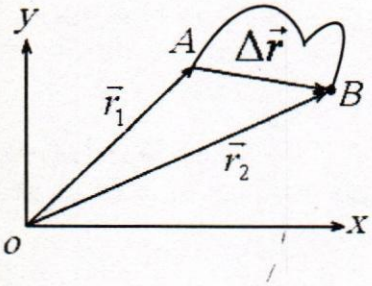
دینامیک(قوانین نیوتن و ...): درباره علم حرکت اجسام با در نظر گرفتن علت حرکت که نیرو است، بحث می‌کند.

بعضی از انواع حرکت را در نمودار زیر می‌بینید.



۱-۱ شناخت حرکت: کتاب فیزیک۳ بیشتر به بررسی حرکت بر خط راست می‌پردازد و حرکت بر روی منحنی (حرکت دورانی یکنواخت) در فصل دوم بررسی می‌شود.

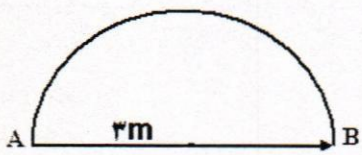
بردار مکان و جابجایی



بردار مکان: برداری است که مبدا مختصات را به مکان نهایی متحرک وصل می‌کند. در شکل روبرو $\vec{r}_1$ و $\vec{r}_2$

بردار جابجایی: برداری است که مکان اولیه را به مکان نهایی متصل می‌کند. در شکل روبرو یا پاره خط جهت داری که مکان آغازین حرکت را به مکان پایانی حرکت وصل می کند بردار جابه‌جایی نامیده می شود.

تمرین۱. در شکل زیر مسافت طی شده و اندازه‌ی بردار جابجایی در حرکت از نقطه A به B حساب کنید.



تمرین۲. اتومبیلی یک مسیر دایره‌ای شکل به شعاع ۱۰۰ متر را دور می‌زند. الف) مسافتی و اندازه‌ی جابجایی را که اتومبیل در نیم دور می‌پیماید چقدر است؟ ب) مسافت و بزرگی جابجایی در یک چهارم دور چقدر است؟ ت)مسافت و بزرگی جابجایی در یک دور کامل چقدر است؟ (عدد π را ۳ فرض کنید)

- برای تبدیل واحد از متر بر ثانیه به کیلومتر بر ساعت یا بلعکس به صورت زیر عمل می‌کنیم:

❖ $\frac{km}{h} \div ۳/۶ \rightarrow \frac{m}{s}$ و $\frac{m}{s} \times ۳/۶ \rightarrow \frac{km}{h}$

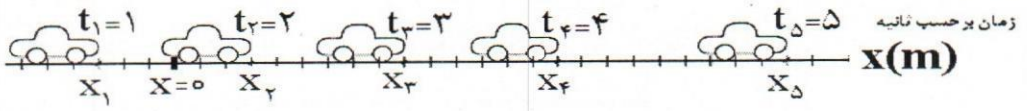
تمرین۳. ۹۰ Km/h چند متر بر ثانیه است؟ و ۱۰ m/s چند کیلومتر بر ساعت است؟

تندی متوسط و سرعت متوسط: تندی متوسط و سرعت متوسط دونده به صورت زیر تعریف می‌شوند:

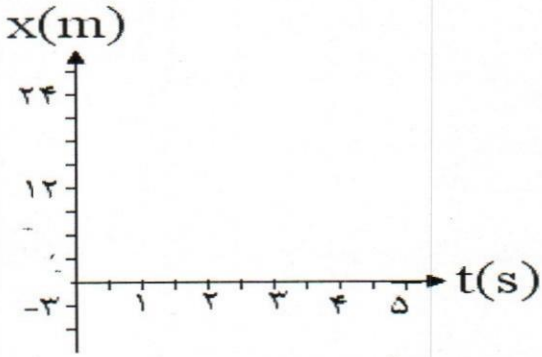
سرعت متوسط $\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t}$ تندی متوسط $s_{av} = \frac{l}{\Delta t}$

همان طور که دیده می شود تندی متوسط، کمیتی نرده ای و سرعت متوسط، کمیتی برداری است.

تمرین۴. الف) در شکل زیر بزرگی جابه‌جایی را بین بازه‌های زمانی (t_1 و t_2) و (t_2 و t_4) و (t_1 و t_5) به دست آورید. و آخرین بردار جابه‌جایی را رسم کنید. ب) جدول زیر را کامل کرده و نمودار مکان-زمان حرکت خودرو را رسم کنید.



t(s)	x(m)
۱	-۳
۲	.....
۳	.....
۴	.....
۵	.....

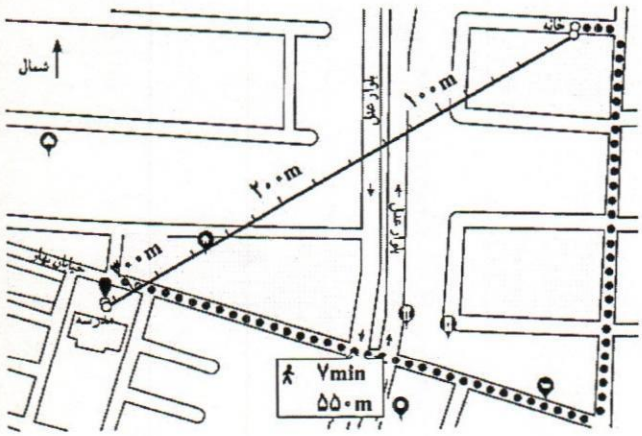


تمرین۵. در چه صورت اندازهٔ سرعت متوسط یک متحرک با تندی متوسط آن برابر است؟

تمرین۶. در شکل روبرو:

الف) مسافت پیموده شده و مقدار جابجایی را به دست آورید.

ب) تندی متوسط و سرعت متوسط را به دست آورید.



تمرین۷. کفش دوزکی که در جهت محور x در حرکت است، در لحظه های $t_1=0s$ و $t_2=80s$ به ترتیب از مکان های $x_1=-20cm$ و $x_2=60cm$ میگذرد.

الف) بردارهای مکان در لحظه های t_1 و t_2 و بردار جابه جایی کفش دوزک در این بازهٔ زمانی را رسم کنید.

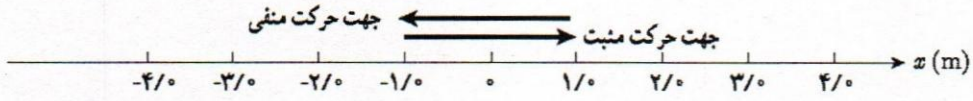
ب) سرعت متوسط کفش دوزک را در این بازهٔ زمانی پیدا کنید.

تمرین۸. جدول زیر را کامل کنید. فرض کنید هر چهار متحرک در مدت زمان ۴s فاصلهٔ بین مکان آغازین و مکان پایانی را طی می‌کنند.

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

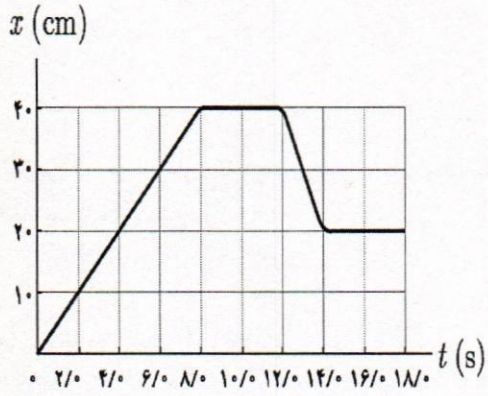
علامت جبری Δx و v_{av} جهت جابه جایی را نشان می دهند. اگر متحرک در جهت محور x حرکت کند جابه جایی و سرعت متوسط آن مثبت و اگر متحرک در خلاف جهت محورx حرکت کند، جابه جایی و سرعت متوسط آن منفی خواهد بود.

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$ سرعت متوسط



تمرین۹. نمودار مکان زمان، شکل روبه‌رو نمودار مکان زمان مورچه ای را نشان می دهد که در راستای محورx در حرکت است.

الف) در کدام بازهٔ زمانی مورچه در جهت محور x حرکت می کند؟



ب) در کدام بازهٔ زمانی مورچه در خلاف جهت محورx حرکت می کند؟

پ) در کدام بازه های زمانی مورچه ایستاده است.

ت) در کدام لحظه هایی فاصلهٔ مورچه از مبدأ ۳۰cm است؟

ث) در کدام بازهٔ زمانی فاصلهٔ مورچه از مبدأ محور بیشترین مقدار است؟

ج) جابه جایی و سرعت متوسط مورچه را در بازهٔ زمانی ۴s تا ۸s پیدا کنید.

تمرین۱۰. اتومبیلی در هنگام رفت فاصله بین دو شهر را که ۶۰ کیلومتر است را در مدت ۲۰ دقیقه طی می‌کند .همین اتومبیل در هنگام برگشت این مسیر را در مدت ۲۵ دقیقه بر می‌گردد. مطلوبست:

الف) سرعت متوسط در حالت رفت.

ب) سرعت متوسط در حالت برگشت.

ج) سرعت متوسط در حالت رفت و برگشت.

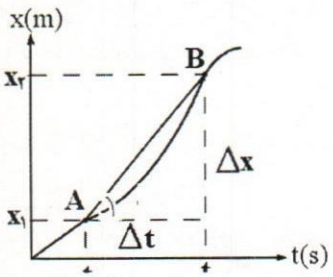
❖ اگر متحرک در کل مدت حرکتش در یک جهت حرکت کند و مسیر حرکت شامل چند قسمت x_1، x_2 ... و x_n را در زمانهای t_1، t_2... و t_n را با سرعت‌های ثابت V_1، V_2 ... و V_n طی کند، سرعت متوسط در کل مسیر از رابطه‌های زیر می‌تواند محاسبه شود.

$$\bar{V}=\frac{x_1+x_2+\ldots+x_n}{t_1+t_2+\ldots+t_n} \quad \text{یا} \rightarrow \quad \bar{V}=\frac{V_1t_1+V_2t_2+\ldots+V_nt_n}{t_1+t_2+\ldots+t_n} \quad \text{یا} \rightarrow \bar{V}=\frac{x_1+x_2+\ldots+x_n}{\frac{x_1}{V_1}+\frac{x_2}{V_2}+\ldots+\frac{x_n}{V_n}}$$

تمرین۱۱. متحرکی بر روی خط راست در حرکت است و نصف مسیرش را با سرعت V_1 و نصف دیگر مسیرش را با سرعت V_2 و در همان جهتی که می‌رفت طی می‌کند. سرعت متوسط این متحرک چه مقدار است؟

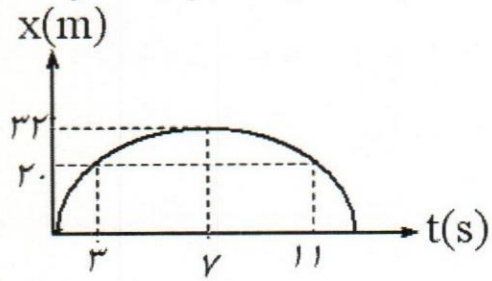
تمرین۱۲. اتومبیلی نصف مسیرش را با سرعت ۶۰ km/h و نصف دیگر مسیرش را با سرعت ۴۰km/h در مسیر مستقیم در همان جهت طی می‌کند، سرعت متوسط در کل مسیرش چقدر است؟

تعیین سرعت متوسط به کمک نمودار مکان زمان: سرعت متوسط متحرک بین دو لحظه از زمان برابر شیب پاره خطی است که نقاط نظیر آن دو لحظه در نمودارمکان زمان را به یکدیگر وصل می کند..



$$v_{av}=\frac{x_2-x_1}{t_2-t_1}=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_{av}=$$

تمرین۱۳. در نمودار مکان زمان روبرو سرعت متوسط دربازه‌های زمانی خواسته شده حساب کنید.

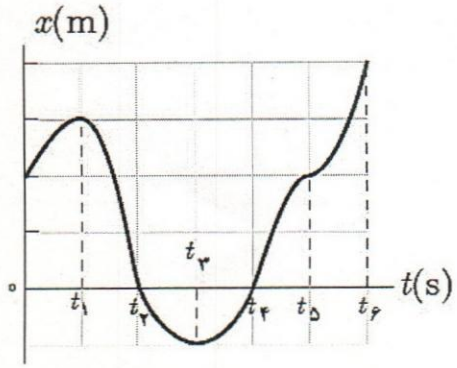


الف) در بازه‌ی زمانی [۳،۷]

ب) در بازه‌ی زمانی [۷، ۱۱]

پ) در بازه‌ی زمانی [۳، ۱۱]

تمرین۱۴. با توجه به نمودار مکان زمان شکل روبه رو به پرسش های زیر پاسخ دهید:



الف) متحرک چند بار از مبدأ مکان عبور می کند؟

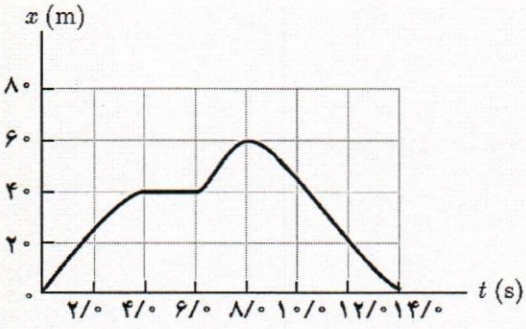
ب) در کدام بازه های زمانی متحرک در حال دور شدن از مبدأ است؟

پ) در کدام بازه های زمانی متحرک در حال نزدیک شدن به مبدأ است؟

ت) جهت حرکت چند بار تغییر کرده است؟ در چه لحظه هایی؟

ث)جابه جایی کل در جهت محور x است یا خلاف آن؟

تمرین۱۵. شکل روبه رو نمودار مکان زمان دوچرخه سواری را نشان می دهد که روی مسیری مستقیم در حال حرکت است.



الف) در کدام لحظه ای دوچرخه سوار بیشترین فاصله از مبدأ را دارد؟

ب) در کدام بازه های زمانی دوچرخه سوار در جهت محورx حرکت می کند؟

پ) در کدام بازهٔ زمانی دوچرخه سوار در خلاف جهت محور x حرکت می کند؟

ت) در کدام بازهٔ زمانی، دوچرخه سوار ساکن است؟

ث) تندی متوسط و سرعت متوسط دوچرخه سوار را در هر یک از بازه های زمانی ۰ تا ۲، ۴ تا ۶، ۲تا۵، ۸ تا ۱۴ و ۰ تا ۱۴حساب کنید.

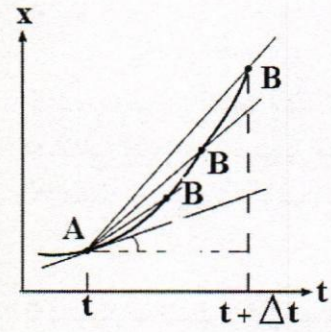
تمرین۱۶. از روی نمودار مکان زمان توضیح دهید در چه صورت سرعت لحظه‌ای متحرک همواره با سرعت متوسط آن برابر است.

سرعت لحظه ای به کمک نمودار مکان زمان: سرعت در هر لحظهٔ دلخواه t ، برابر شیب خط مماس بر نمودار مکان زمان در آن لحظه است.

کیلومتر شمار ماشین سرعت لحظه‌ای را نمایش می‌دهد

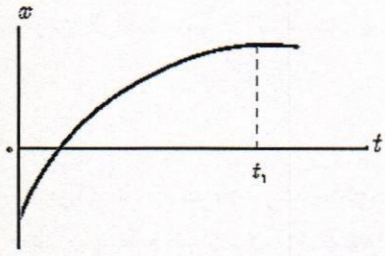
وقتی که Δt به تدریج کوچک شود نقطه‌های A و B به هم نزدیک می‌شوند و سرانجام خط AB بر نمودار مماس می‌شود.

❖ بنابراین سرعت در هر لحظه(سرعت لحظه‌ای) برابر شیب مماس بر نمودار در آن لحظه است.



$V =$

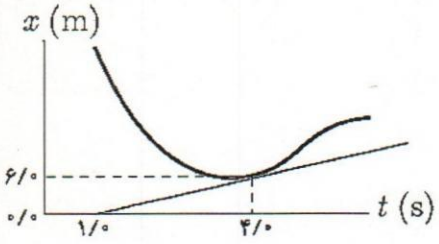
تمرین۱۷. شکل روبه رو نمودار مکان زمان متحرکی را نشان می دهد که در امتداد محورx درحرکت است.



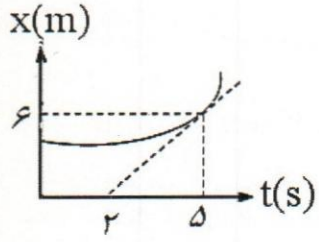
الف) از لحظهٔ صفر تا لحظهٔ t_1 سرعت متحرک رو به افزایش است یا کاهش؟

ب) اگر در لحظهٔ t_1 خط مماس بر منحنی موازی محور زمان باشد، سرعت متحرک در این لحظه چقدر است؟

تمرین۱۸. شکل روبه رو نمودار مکان زمان متحرکی را نشان می دهد. خط مماس بر منحنی در لحظهٔ t=۴s رسم شده است. سرعت متحرک را در این لحظه پیدا کنید.

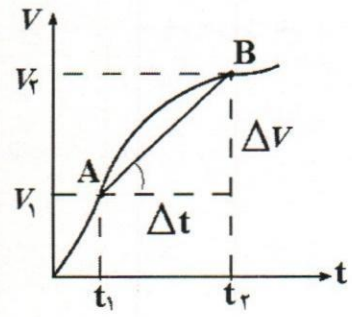


تمرین۱۹. نمودار مکان-زمان متحرکی به صورت زیر است، سرعت لحظه‌ای در لحظه‌ی t=۵s چند متر بر ثانیه است؟



شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای

شتاب متوسط برابر نسبت تغییر سرعت به بازه‌ی زمانی است که سرعت تغییر کرده است. شتاب متوسط را با $\bar{a}$ نشان می‌دهند.



$$\bar{a} = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1}$$

در حرکت برخط راست

❖ شتاب متوسط متوسط بین دونقطه از نمودار سرعت- زمان برابر است با شیب خطی که آن دونقطه را به هم وصل می‌کند.

$$\left.\begin{aligned} a_{av} &= \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \\ &= \frac{\Delta v}{\Delta t} \end{aligned}\right\} \Rightarrow a_{av} =$$

❖

❖ شتاب لحظه‌ای شتابی است، که متحرک در هر لحظه دا رد.

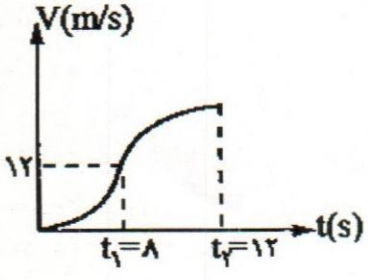
❖ شتاب لحظه‌ای شیب نمودار سرعت زمان در هر لحظه است.

❖ همیشه بخاطر داشته باشید که سرعت نهایی از سرعت اولیه کم می شود.

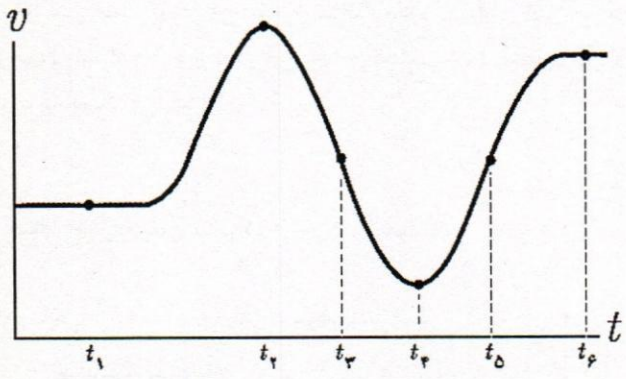
❖ شتاب یک کمیت برداری است. یعنی هم مقدار $\bar{a} = \left|\frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}\right|$ و هم جهت دارد. جهت شتاب هموار در جهت تغییر سرعت ذره است.

تمرین۲۰. الف) منظور از اینکه شتاب متحرکی برابر $4m/s^2$ است چیست؟ ب) منظور از اینکه شتاب متحرکی برابر $-4m/s^2$ است چیست؟

تمرین۲۱. نمودار سرعت- زمان متحرکی مطابق شکل روبرو است. الف) بین دو لحظه‌ی صفر و t_1 شتاب متوسط چقدر است؟ ب) از لحظه‌ی t_1 تا لحظه‌ی t_2 شتاب چگونه تغییر کرده‌است؟

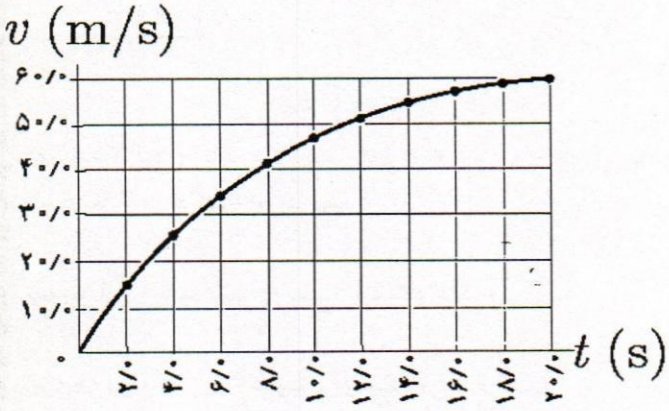


تمرین۲۲. شکل روبه رو نمودار سرعت زمان دوچرخه سواری را نشان می دهد که در امتداد محور x در حرکت است. جهت شتاب دوچرخه سوار را در هر یک از لحظه های t_1، t_2، t_3، .... و t_6 تعیین کنید.



تمرین۲۳. نمودار سرعت زمان خودرویی که در راستای محور x حرکت می کند در بازهٔ زمانی ۰ تا ۲۰ مطابق شکل روبه رو است.

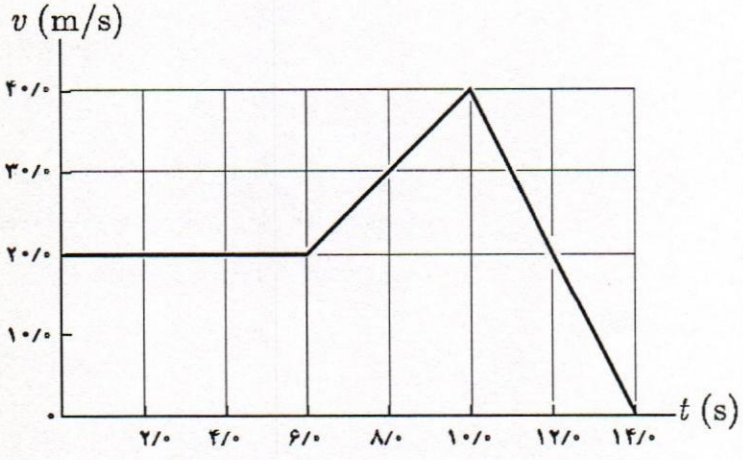
الف) شتاب متوسط خودرو در این بازهٔ زمانی چقدر است؟



ب) شتاب خودرو را در لحظهٔ t=۸s به دست آورید.

تمرین۲۴. نمودار سرعت زمان خودرویی که در راستای محور x حرکت می کند در بازهٔ زمانی صفر تا ۱۴s مطابق شکل روبه رو است.

الف) شتاب متوسط خودرو در این بازهٔ زمانی چقدر است؟



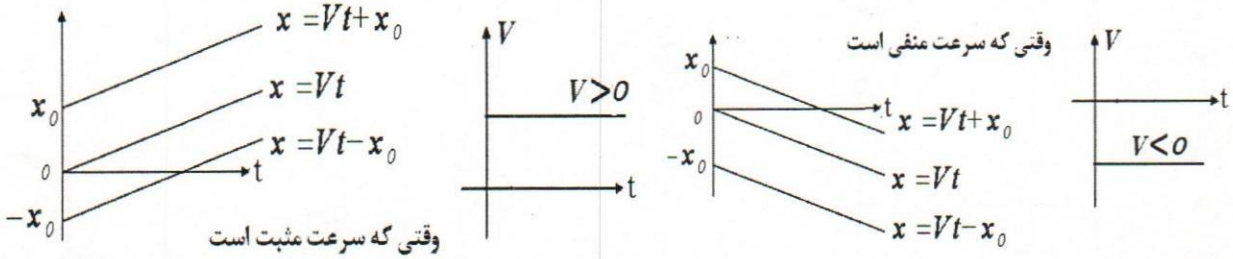
ب) شتاب خودرو را در هر یک از لحظه های t=۲s ، t=۸s و t=۱۱s به دست آورید.

۱-۲ حرکت یکنواخت بر خط راست

حرکتی است که در آن همواره سرعت متحرک دارای اندازه و جهت ثابت باشد. شیب نمودار مکان زمان چنین حرکتی که همان سرعت است، همواره ثابت خواهد بود. در این نوع حرکت سرعت متوسط با سر عت لحظه ای برابر است. یعنی: $v_{av}= v$ معادله حرکت با سرعت ثابت به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\bar{V} = V = \frac{x - x_0}{t} \Rightarrow x - x_0 = Vt \quad \Rightarrow \quad x = Vt + x_0$$

نمودار مکان- زمان متحرک در حرکت یکنواخت:



تمرین۲۵. قطاری با سرعت ثابت ۲۰متر برثانیه از ۱۰۰متری ایستگاه شرع به حرکت می‌کند.

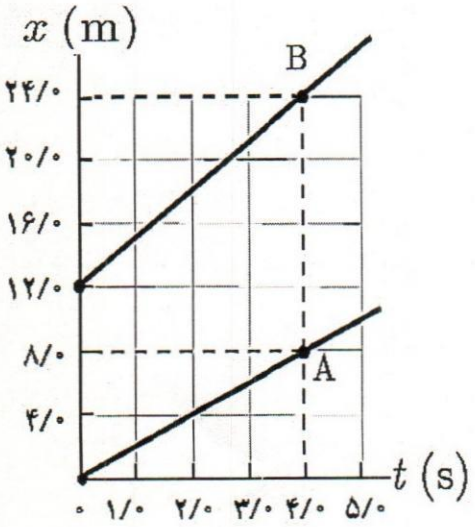
الف) معادله‌ی حرکت آن رابنویسید.

ب) بعد از ۱۰ ثانیه فاصله‌ی قطار از ایستگاه چقدر می‌شود.

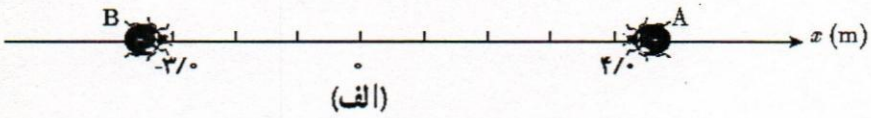
پ) چه موقع قطار به ۳کیلومتری ایستگاه می‌رسد.

ت) نمودار مکان- زمان و سرعت - زمان این متحرک را رسم کنید.

تمرین۲۶. شکل مقابل نمودار مکان زمان دو متحرک A و B را نشان می دهد که در راستای محور x حرکت می کنند. سرعت هر متحرک را پیدا کنید و معادلهٔ مکان زمان آنها را بنویسید.

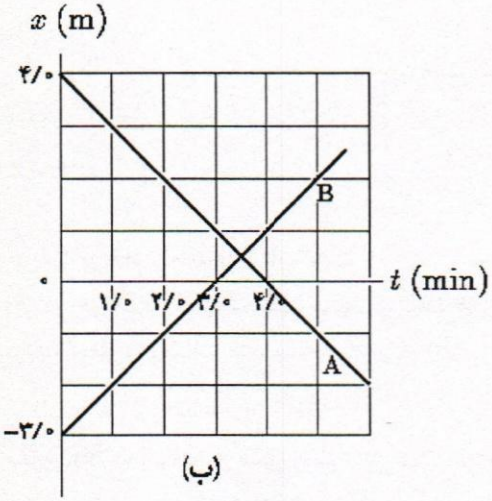


تمرین۲۷. شکل الف، مکان دو کفش دوزک A و B را که در راستای محور x حرکت می کنند در لحظهٔ t=۰s نشان می دهد. نمودارمکان زمان این کفش دوزک ها در شکل ب رسم شده است.



(الف)

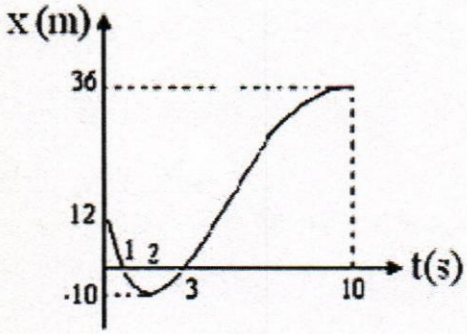
الف) از روی نمودار به طور تقریبی تعیین کنید کفش دوزک ها در چه لحظه و در چه مکانی به یکدیگر می‌رسند.



(ب)

ب) با استفاده از معادلهٔ مکان زمان، زمان و مکان هم رسی کفش دوزک ها را پیدا کنید.

تمرین۲۸. نمودار مکان- زمان متحرکی به صورت روبرو است.



الف) در چه لحظه هایی سرعت صفر شده است؟

ب) در چه لحظه هایی متحرک از مبدا مکان عبور می کند؟

ب) در بازه زمانی t= ۲ تا t=۳ سرعت مثبت است یا منفی؟

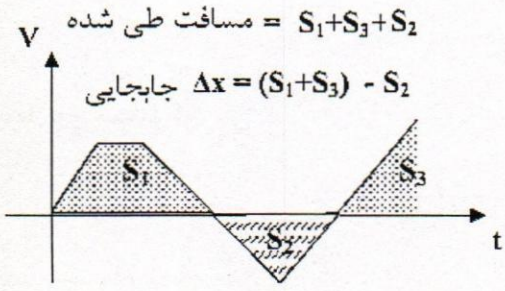
ج) جابجایی متحرک در بازه زمانی [2,10] ثانیه چقدر است؟

د) سرعت متوسط متحرک را در بازه [2,10] حساب کنید.

ر) مسیر حرکت را رسم کنید و طول مسیر و جابجایی کل حرکت را به دست آورید.

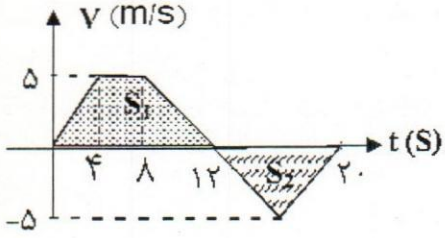
نمودار سرعت - زمان

نمودار سرعت- زمان اطلاعاتی درباره‌ی سرعت در لحظه‌های مختلف حرکت به ما می‌دهد. در این نمودار محور افقی محور زمان و محور عمودی مقدارهای سرعت را نشان می‌دهد.



❖ مساحت زیر سطح نمودار سرعت-زمان، برابر جابجایی است. مثلا در نمودار نسبتا پیچیده‌ی شکل زیر، برای محاسبه‌ی جابجایی مساحتهای S۱ و S۳ را باهم جمع و نتیجه را منهای S۲ می‌کنیم زیرا مساحت S۲ زیر محور و منفی است.

تمرین۲۹. نمودار سرعت زمان متحرکی به صورت روبرو است. جابجایی این متحرک در مدت ۲۰ ثانیه چقدر است؟



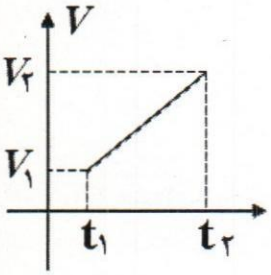
❖ شرط رسیدن دو متحرک به هم، در یک مسیر مستقیم الخط با یک اختلاف زمانی، این است که $X_A=X_B$ باشد.

تمرین۳۰. معادله حرکت متحرک A : $X_A= -t+3$ و معادله حرکت متحرک B: $X_B= 2t-6$ می‌باشد .این دو متحرک پس از چند ثانیه بـه هـم می‌رسند؟

حرکت بر خط راست با شتاب ثابت

اگر در حرکت در مسیر مستقیم شتاب در لحظه‌های مختلف یکسان باشد، آن را حرکت با شتاب ثابت در مسیر مستقیم می‌نامیم. در این حالت شتاب لحظه‌ای و شتاب متوسط با هم برابرند. (یعنی $a_{av}=a$)

تمرین۳۱. با استفاده از شکل روبرو نشان دهید در حرکت با شتاب ثابت: $\bar{V}=\frac{V_1+V_2}{2}$



معادله سرعت- زمان

در حرکت با شتاب ثابت اگر $t_1=0$ و $t_2=t$ اختیار شود، در این صورت V_1 سرعت در لحظه صفر را با نماد V_o و سرعت در لحظه‌ی t را با نماد V نشان داده می‌شود و می‌توان نوشت:

$$\bar{a}=a \Rightarrow a=\frac{V-V_o}{t-o} \Rightarrow V-V_o=at \Rightarrow V=at+V_o$$

معادله مستقل از شتاب:

$$\bar{V}=\frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta x=\bar{V}\Delta t \Rightarrow x-x_o=\left(\frac{V_o+V}{2}\right)(t-o) \qquad x=\left(\frac{V_o+V}{2}\right)t+x_o$$

معادله مکان- زمان در حرکت با شتاب ثابت بر خط راست:

$$\bar{V}=\frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta x=\bar{V}\Delta t \Rightarrow x-x_o=\left(\frac{V_o+V}{2}\right)(t-o) \Rightarrow x=\left(\frac{V_o+at+V_o}{2}\right)t+x_o$$

$$x=\frac{1}{2}at^2+V_o t+x_o$$

معادله‌ی مستقل از زمان

$$\left.\begin{array}{l} x=\left(\frac{V_o+V}{2}\right)t+x_o \\ a=\frac{V-V_o}{t} \Rightarrow t=\frac{V-V_o}{a} \end{array}\right\} \Rightarrow x=\left(\frac{V_o+V}{2}\right)\left(\frac{V-V_o}{a}\right)+x_o \Rightarrow V^2-V_o^2=2a(x-x_o)$$

رابطه‌های اصلی در حرکت شتابدار با شتاب ثابت

معادله سرعت- زمان	$V = at + V_o$
معادله مکان- زمان	$x = \frac{1}{2}at^2 + V_o t + x_o$
معادله مستقل از شتاب	$x = \left(\frac{V_o + V}{2}\right)t + x_o$
معادله مستقل از زمان	$V^2 - V_o^2 = 2a(x - x_o)$

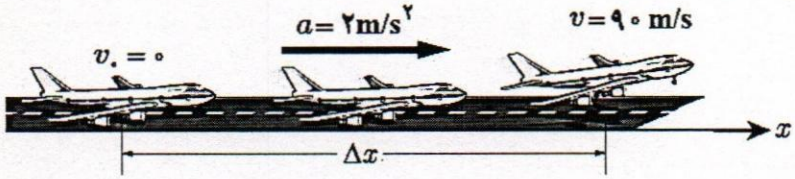
❖ معادله‌ی مکان- زمان در حرکت شتابدار با شتاب ثابت از درجه ۲ است، لذا نمودار آن یک سهمی است. اگر انحناء (تقعر) این سهمی روبه بالا باشد، شتاب مثبت و اگر انحناء (تقعر) این سهمی روبه پایین باشد، شتاب منفی است.

❖ **حرکت تند شونده، حرکت کند شونده:** اگر در حرکت با شتاب ثابت شیب نمودار مکان- زمان در هر لحظه زیاد شود، حرکت تند شونده است و اگر شیب نمودار در هر لحظه کم شود، حرکت کند شونده خواهد بود. در حالت کلی نتیجه می‌شود:

اگر شتاب و سرعت در یک حرکت هم علامت باشند، آن حرکت تند شونده خواهد بود و اگر شتاب و سرعت در یک حرکت غیر هم علامت باشند، آن حرکت کند شونده خواهد بود. یعنی:

- حرکت کند شونده $\rightarrow a \times V < 0$ حرکت تند شونده $\rightarrow a \times V > 0$

تمرین۳۲. شکل روبه رو هواپیمایی را نشان می دهد که از حال سکون و با شتاب ثابت روی باند پرواز شروع به حرکت می کند .و در امتداد محور x الف) چه مدت طول می کشد تا هواپیما به شرایط برخاستن برسد؟



ب) سرعت متوسط هواپیما در این بازهٔ زمانی چقدر است؟

پ) جابه جایی هواپیما در این مدت چقدر است؟

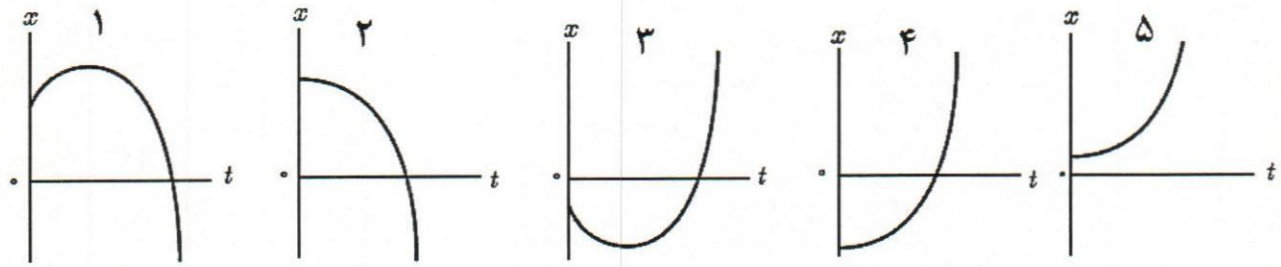
تمرین۳۳. معادلهٔ سرعت زمان متحرکی که در امتداد محور x حرکت می کند درSI به صورت $v = -2t + 5$ است.

الف) سرعت متحرک در لحظهٔ t=۴s چقدر است؟

ب) سرعت متوسط متحرک و جابه جایی آن در بازهٔ زمانی صفر تا t=۴s چقدر است؟

پ) نمودار سرعت زمان این متحرک را رسم کنید.

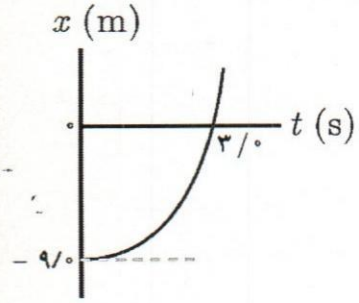
تمرین۳۴. در پنج نمودار مکان زمان شکل‌های زیر علامت مکان اولیه (x_0) ، سرعت اولیه (v_0) و شتاب (a) را مشخص کنید.



تمرین۳۵. شکل روبه رو نمودار مکان زمان متحرکی را نشان می دهد که با شتاب ثابت در امتداد محور x حرکت می‌کند.

الف) شتاب متحرک را پیدا کنید.

ب) معادلهٔ سرعت زمان متحرک را بنویسید و نمودار آن را رسم کنید.



پ) جابه جایی متحرک را در بازهٔ زمانی صفر تا t=۳s پیدا کنید.

ت) جابه جایی متحرک را در بازهٔ زمانی صفر تا t=۳s حساب کنید و نتیجه را با قسمت پ مقایسه کنید.

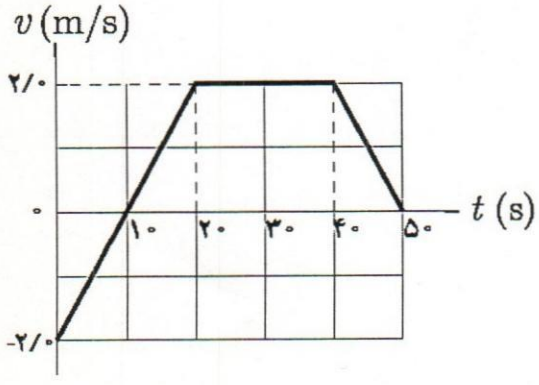
ث) سرعت متوسط متحرک را در بازهٔ زمانی صفرتا t=۳s پیدا کنید.

تمرین۳۶. خودرویی با سرعت ۱۸km/h در امتداد مسیری مستقیم از چهار راهی می گذرد تندی آن با شتاب $۱\ m/s^۲$ افزایش می‌یابد. سرعت خودرو پس از ۳۰۰m جابه جایی چقدر است؟

تمرین۳۷. متحرکی که در راستای محور x حرکت می کند در لحظهٔ t=۰ از مکان x=۰ می گذرد .نمودار سرعت زمان این متحرک مطابق شکل روبه رو است.

الف) متحرک در کدام بازهٔ زمانی، در جهت محور x و در کدام بازهٔ زمانی در خلاف جهت محورx حرکت کرده است؟

ب) در چه لحظه یا لحظه هایی جهت حرکت متحرک تغییر کرده است؟



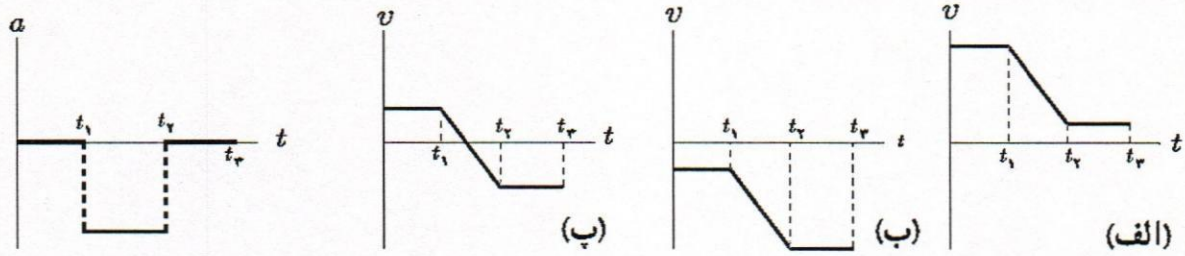
پ) با توجه به نمودار سرعت زمان توضیح دهید در کدام بازه های زمانی حرکت جسم تندشونده و یا کُندشونده است.

ت) مکان متحرک را در هر یک از لحظه های $t_1=10s$ ،$t_2=20s$ ،$t_3=40s$ و $t_4=50s$ پیدا کنید و روی محور x نشان دهید.

ث) مسیر حرکت متحرک را رسم کنید و با توجه به آن، جابه جایی و مسافت طی شده را در کل زمان حرکت پیدا کنید.

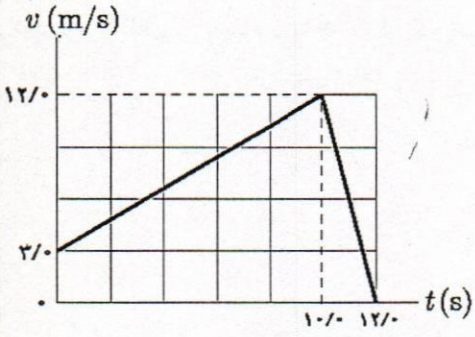
ج) مساحت سطح زیر نمودار v-t را حساب کنید و مقدار آن را با جابه جایی متحرک در قسمت قبل مقایسه کنید.

تمرین۳۸. نمودار شتاب زمان متحرکی که در امتداد محور x حرکت می کند مطابق شکل زیر است .توضیح دهید چگونه هر یک از نمودارهای سرعت زمان شکل های الف، ب و پ می تواند متناظر با این نمودار شتاب زمان باشد.



تمرین۳۹. آهویی در مسیری مستقیم در امتداد محور x می دود .نمودار سرعت زمان آهو در بازهٔ زمانی صفر تا ۱۲s مطابق شکل است .در این بازهٔ زمانی

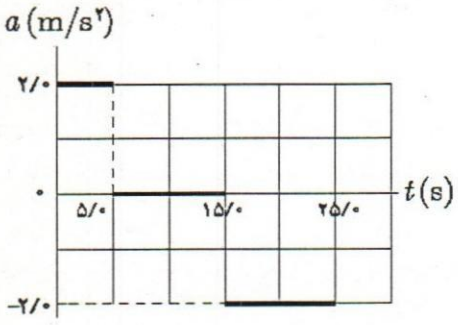
الف) مسافت کل پیموده شده توسط آهو را به دست آورید.



ب) جابه جایی آهو را پیدا کنید.

پ) نمودار شتاب زمان آهو را رسم کنید.

تمرین۴۰. شکل مقابل نمودار شتاب زمان یک ماشین اسباب بازی را نشان می دهد که در امتداد محور x حرکت می کند. با فرض $x_0=0$ و $v_0=0$ در بازهٔ زمانی صفر تا ۲۵s



الف) نمودارهای سرعت زمان و مکان زمان این ماشین را رسم کنید.

ب) با توجه به نمودار سرعت زمان، مشخص کنید در کدام یک از بازه های زمانی، حرکت ماشین تندشونده، کُندشونده یا با سرعت ثابت است.

پ) شتاب متوسط ماشین را پیدا کنید.

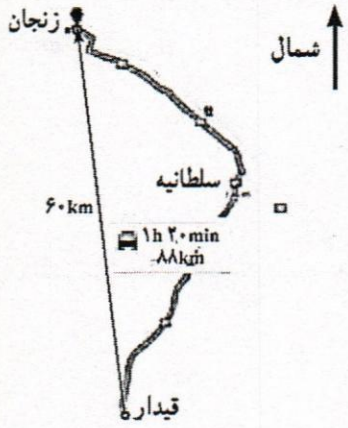
ت) جابه جایی ماشین را پیدا کنید.

تمرین۴۱. کامیونی با سرعت ۲۰ m/s از یک پاسگاه پلیس عبور می‌کند، ۱۵ ثانیه بعد پلیس کامیون را تعقیب می‌کند و اتومبیل خود را با شتاب ثابت $2m/s^2$ به راه می‌اندازد. پس از چه زمانی پلیس به کامیون می‌رسد و موقع رسیدن به کامیون در چه فاصله‌ای از پاسگاه قرار دارند.

پرسش ها و مسئله های فصل۱

۱-۱شناخت حرکت

۱. با توجه به داده های نقشهٔ شکل زیر،

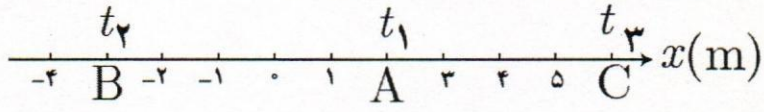


الف) تندی متوسط و اندازهٔ سرعت متوسط خودرو را پیدا کنید.

ب) مفهوم فیزیکی این دو کمیت چه تفاوتی با یکدیگر دارد؟

پ) در چه صورت تندی متوسط و اندازهٔ سرعت متوسط می توانست تقریباً با یکدیگر برابر باشد؟

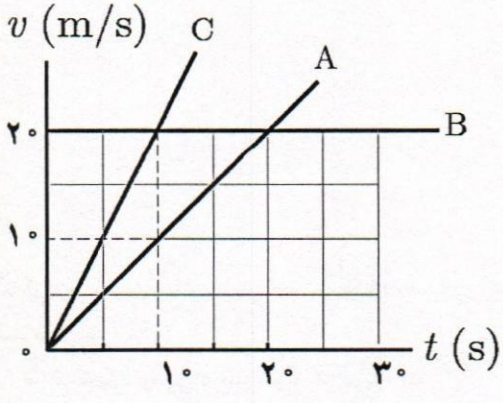
۲. متحرکی مطابق شکل در لحظهٔ t_1 در نقطهٔ A ، در لحظهٔ t_2 در نقطهٔ B و در لحظهٔ t_3 در نقطهٔ C قرار دارد.



الف) بردارهای مکان متحرک را در هر یک از این لحظه ها روی محورx رسم کنید و برحسب بردار یکه بنویسید.

ب) بردار جابه جایی متحرک را در هر یک از بازه های زمانی t_1 تا t_2 ، t_2 تا t_3 و t_1 تا t_3 به دست آورید.

۳. در شکل زیر نمودار سرعت- زمان سه متحرک نشان داده شده است.

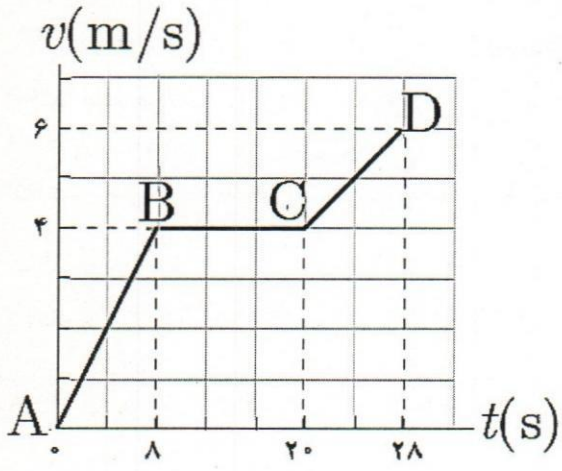


الف) شتاب سه متحرک را به طور کیفی با یکدیگر مقایسه کنید.

ب) شتاب هر متحرک را به دست آورید.

پ) در بازهٔ زمانی ۰s تا ۱۰s جابه جایی این سه متحرک را پیدا کنید.

۴. شکل روبرو نمودار سرعت- زمان متحرکی را که در امتداد محورx حرکت می کند در مدت ۲۸ ثانیه نشان می‌دهد.

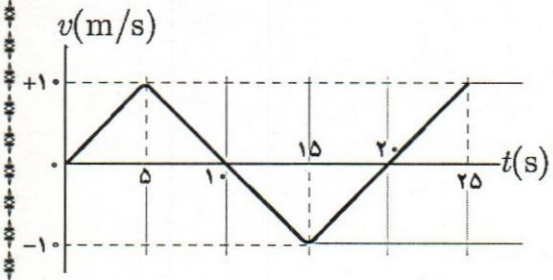


الف) شتاب در هر یک از مرحله های AB، BC و CD چقدر است؟

ب) شتاب متوسط در بازهٔ زمانی صفر تا ۲۸ ثانیه چقدر است؟

پ)جابه جایی متحرک را در این بازهٔ زمانی پیدا کنید.

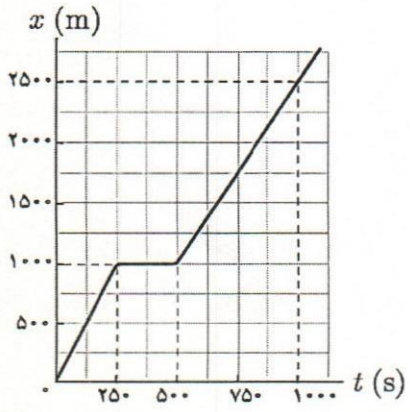
۵. نمودار سرعت زمان متحرکی مطابق شکل زیر است.



الف) نمودار شتاب زمان این متحرک را رسم کنید.

ب) اگر $x_o = -10m$ باشد نمودار مکان زمان متحرک را رسم کنید.

۶. شکل زیر نمودار مکان زمان حرکت یک دوندهٔ دوی نیمه استقامت را در امتداد یک خط راست نشان می دهد.



الف) در کدام بازهٔ زمانی دونده سریع تر دویده است؟

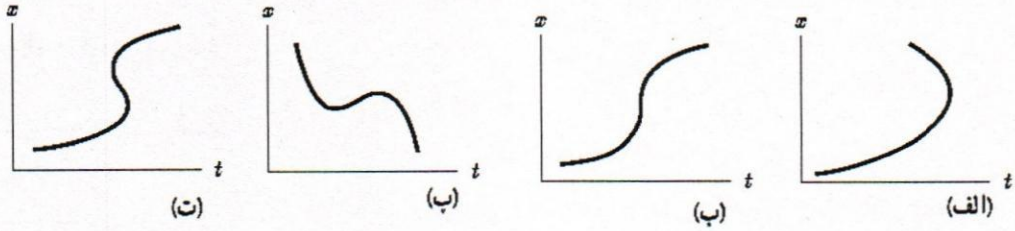
ب) در کدام بازهٔ زمانی، دونده ایستاده است؟

پ) سرعت دونده را در بازهٔ زمانی ۰s تا ۲۵۰s حساب کنید.

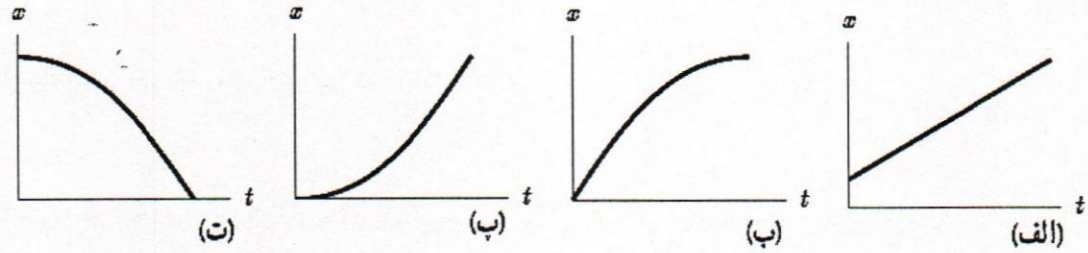
ت) سرعت دونده را در بازهٔ زمانی ۵۰۰s تا ۱۰۰۰s حساب کنید.

ث) سرعت متوسط دونده را در بازهٔ زمانی ۰s تا ۱۰۰۰s حساب کنید.

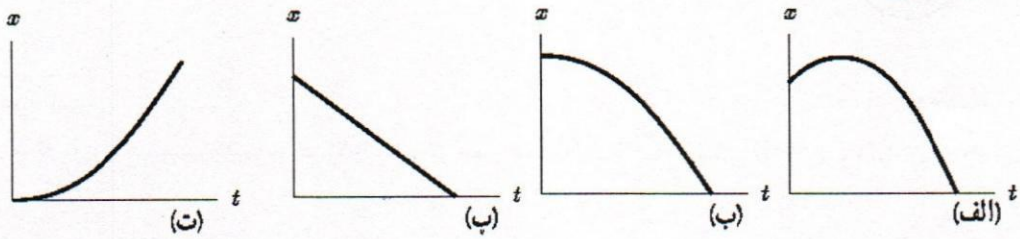
۷. توضیح دهید کدام یک از نمودارهای مکان زمان شکل زیر می تواند نشان دهندهٔ نمودار x-t یک متحرک باشد.



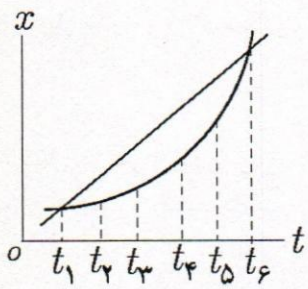
۸. توضیح دهید از نمودارهای مکان زمان شکل زیر کدام موارد حرکت متحرکی را توصیف می کند که از حال سکون شروع به حرکت کرده و به تدریج بر تندی آن افزوده شده است.



۹. توضیح دهید کدام یک از نمودارهای مکان زمان نشان داده شده، حرکت متحرکی را توصیف می کند که سرعت اولیهٔ آن در جهت محور x و شتاب آن بر خلاف جهت محورx است.



۱۰. شکل زیر نمودار مکان زمان دو خودرو را نشان می دهد که در جهت محورx در حرکت اند.

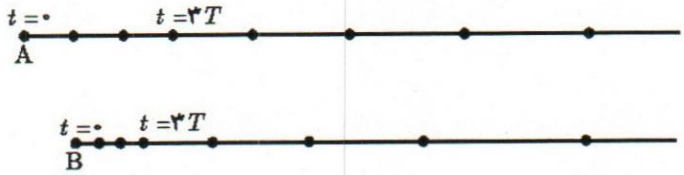


الف) در چه لحظه هایی دو خودرو از کنار یکدیگر می گذرند؟

ب) در چه لحظه ای تندی دو خودرو تقریباً یکسان است؟

پ) سرعت متوسط دو خودرو را در بازهٔ زمانی t_1 تا t_6 با هم مقایسه کنید.

۱۱. هر یک از شکل های زیر مکان یک خودرو را در لحظه های t=۰، t=T، t=۲T، .... و t=۷T نشان می دهد. هر دو خودرو در لحظهٔ t=۳T شتاب می‌گیرند .توضیح دهید.



الف) سرعت اولیهٔ کدام خودرو بیشتر است

ب) سرعت نهایی کدام خودرو بیشتر است.

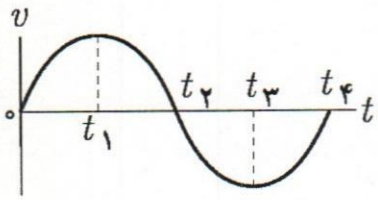
پ) کدام خودرو شتاب بیشتری دارد.

۱۲. معادلهٔ حرکت جسمی در SI به صورت $x= t^3-3t^2 -۴$ است.

الف) مکان متحرک را در t=۰s و t=۲s به دست آورید.

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

۱۳. نمودار سرعت زمان متحرکی در شکل زیر نشان داده شده است. تعیین کنید در کدام بازه های زمانی بردار شتاب در جهت محور x و در کدام بازه های زمانی در خلاف جهت محور x است.



۲-۱ حرکت با سرعت ثابت

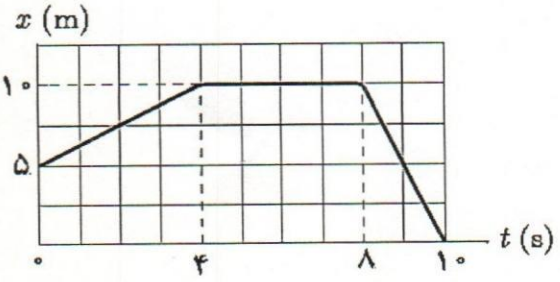
۱۴. جسمی با سرعت ثابت بر مسیری مستقیم در حرکت است. اگر جسم در لحظهٔ t_1=۵s در مکان x_1=۶m و در لحظهٔ t_2=۲۰s در مکان x_2=۳۶m باشد،

الف) معادلهٔ مکان- زمان جسم را بنویسید.

ب) نمودار مکان- زمان جسم را رسم کنید.

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

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

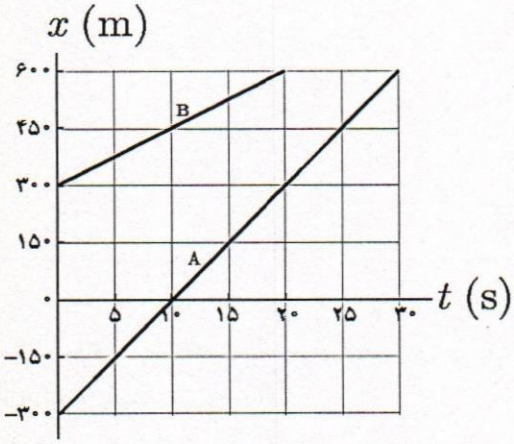


ب) سرعت متوسط متحرک را در هر یک از بازه های زمانی ۰s تا ۴s، ۴s تا ۸s و ۸s تا ۱۰s و همچنین در کل زمان حرکت به دست آورید.

پ) معادلهٔ حرکت متحرک را در هر یک از بازه های زمانی ۰s تا ۴s، ۴s تا ۸s و ۸s تا ۱۰s بنویسید.

ت) نمودار سرعت زمان متحرک را رسم کنید.

۱۶. شکل زیر نمودار مکان زمان دو خودرو را نشان می دهد که روی خط راست حرکت می کنند.



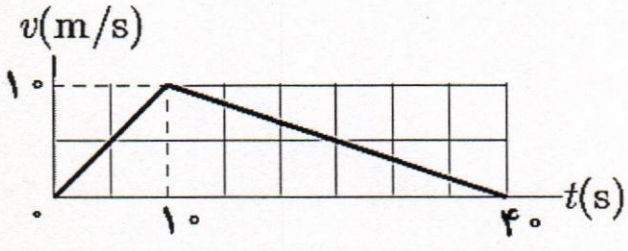
الف) معادلهٔ حرکت هر یک از آنها را بنویسید.

ب) اگر خودروها با همین سرعت حرکت کنند، در چه زمان و مکانی به هم می رسند؟

۱۷. دانستن محل قرارگیری یک ماهواره در مأموریت های فضایی و اطمینان از اینکه ماهواره در مدار پیش بینی شده قرارگرفته، یکی از مأموریت های کارشناسان فضایی است. بدین منظور تَپ های الکترومغناطیسی را که با سرعت نور در فضا حرکت می کنند، به طرف ماهوارهٔ موردنظر می فرستند و بازتاب آن توسط ایستگاه زمینی دریافت می شود. اگر زمان رفت و برگشت یک تپ ۰/۲۴ ثانیه باشد، فاصلهٔ ماهواره از ایستگاه زمینی، تقریباً چقدر است؟

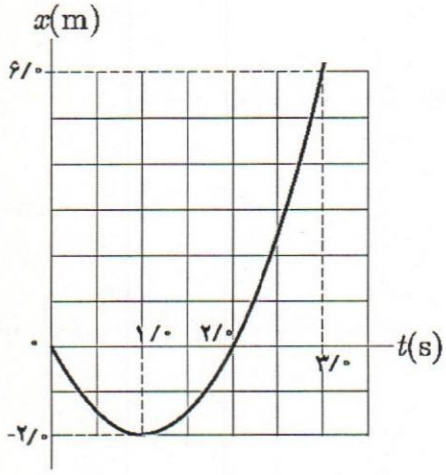
۳-۱ حرکت با شتاب ثابت

۱۸. نمودارv-t متحرکی که در امتداد محور x حرکت می کند مطابق شکل زیر است. سرعت متوسط متحرک در بازهٔ زمانی ۰s تا ۵s چند برابر سرعت متوسط آن در بازهٔ زمانی ۲۵ s تا ۴۰s است؟



۱۹. شکل زیر نمودار مکان زمان متحرکی را نشان می دهد که در امتداد محورx با شتاب ثابت در حرکت است.

الف) سرعت متوسط متحرک در بازهٔ زمانی صفر تا ۳s چند متر بر ثانیه است؟



ب) معادلهٔ مکان زمان متحرک را بنویسید.

پ) سرعت متحرک را در لحظهٔ t=۳s پیدا کنید.

ت)نمودار سرعت زمان متحرک را رسم کنید.

۲۰. متحرکی در امتداد محور x و با شتاب ثابت در حرکت است. در مکان x=۱۰m سرعت متحرک ۴m/s و در مکان x=۱۹m سرعت متحرک ۱۸ km/h است.

الف) شتاب حرکت آن چقدر است؟

ب) پس از چه مدتی سرعت متحرک از ۴m/s به سرعت۱۸ km/h می رسد؟

۲۱. خودرویی پشت چراغ قرمز ایستاده است .با سبز شدن چراغ، خودرو با شتاب ۲ m/s^2 شروع به حرکت می‌کند. در همین لحظه، کامیونی با سرعت ثابت ۳۶km/h از آن سبقت می‌گیرد.

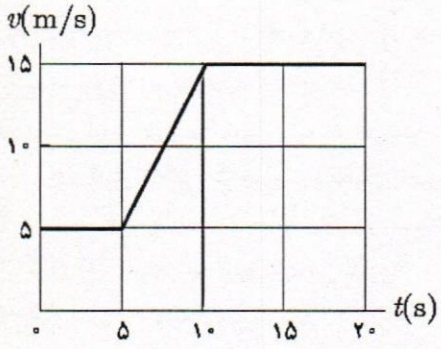
الف) در چه لحظه و در چه مکانی خودرو به کامیون می‌رسد؟

ب) نمودار مکان زمان را برای خودرو و کامیون در یک دستگاه مختصات رسم کنید

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

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

الف) شتاب خودرو را در هر یک از لحظه های t=۳s، t=۸s، t=۱۱s و t=۱۵s به دست آورید.



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

پ) در هر یک از بازه های زمانی t_1=۵s تا t_2=۱۱s و t_2=۱۱s تا t_3=۲۰s خودرو چقدر جابه جا شده است؟

ت) سرعت متوسط خودرو در بازه های t_1=۵s تا t_2=۱۱s و t_2=۱۱s تا t_3=۲۰s را به دست آورید.

فصل دوم دینامیک و حرکت دایره‌ای

دینامیک: علمی است با در نظر گرفتن نیرو به بررسی حرکت می‌پردازد.

توصیف نیرو:

۱- عاملی است که باعث تغییر وضعیت حرکت جسم می‌شود یعنی وقتی به یک جسم نیرو وارد می‌شود سرعت و یا شکل جسم تغییر می‌کند.

۲- برهم کنش (تاثیر) دو جسم بر یکدیگر را نیرو نامند.

۳- در برهم کنش دو جسم حتماً نباید دو جسم با هم تماس داشته باشند بلکه در فاصله دور از هم نیز می‌توانند بر هم نیرو وارد کنند.

۴- برای یک جسم تنها، نیرو مفهومی ندارد.

۵- نیرو قابل ذخیره سازی نیست.

ویژگی های نیرو چیست؟ نیرو دارای اندازه و جهت است، بنابراین یک کمیت برداری است. برای اندازه‌گیری نیرو از یکی از اثرهای نیرو بر اجسام استفاده می‌شود. مثلاً نیرو می‌تواند فنری را فشرده‌کند. بزرگی نیرو را به کمک نیروسنج اندازه می‌گیریم. واحد نیرو در سیستم SI نیوتن N است. نیرو را با F نشان می‌دهند.

قانونهای حرکت (قوانین نیوتن): قانون‌هایی که رابطه‌ی میان نیرو و کمیت‌های مربوط به حرکت را بیان می‌کنند، قانونهای حرکت می‌نامند.

قانون اول نیوتن (قانون لختی): یک جسم حالت سکون و یا حرکت یکنواخت روی خط راست خود را حفظ می‌کند، مگر آنکه تحت تاثیر نیرویی مجبور به تغییر آن حالت شود.

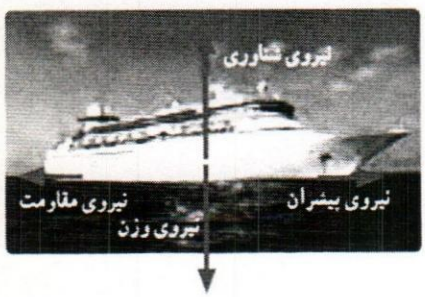
یا: هرگاه بر جسمی نیرو وارد نشود (یا برآیند نیروهای وارد بر آن صفر شود) جسم اگر ساکن باشد همچنان ساکن می‌ماند و اگر دارای حرکت باشد به حرکت خود با سرعت ثابت ادامه می‌دهد.

لختی یا اینرسی: مقاومت اجسام درمقابل تغییرحرکت وسرعت را لختی یا اینرسی می‌نامند. این اصل مطابق با قانون اول نیوتن است. به همین علت قانون اول نیوتن درباره حرکت راقانون لختی نیز می‌نامند

یا: تمایل اجسام برای حفظ حالت سکون یا حرکت یکنواخت روی خط راست، را لختی می‌گوییم.

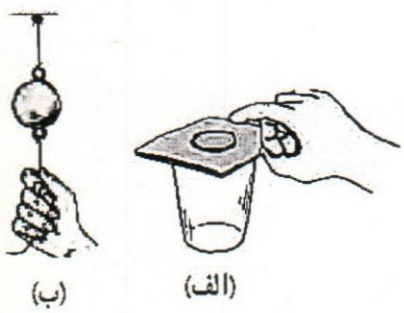
دستگاه مختصات لخت: دستگاهی است که قانون اول نیوتن نسبت به آن درست می‌باشد.

تمرین۱. در شکل روبه رو یک کشتی در حال حرکت را می‌بینید که نیروهای وارد بر آن متوازن‌اند. کدام نیروها اثر یکدیگر را خنثی کرده‌اند؟



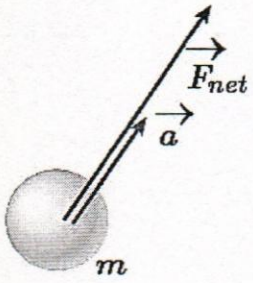
تمرین۲. در فیلمی علمی تخیلی، موتور یک کشتی فضایی که در فضای تهی خارج از جو زمین و دور از هر سیاره و خورشید در حرکت است، از کار می‌افتد. در نتیجه حرکت کشتی فضایی کُند می‌شود و می‌ایستد. آیا امکان وقوع چنین رویدادی وجود دارد؟ توضیح دهید.

تمرین۳. الف) چرا حرکت سریع مقوا در شکل الف، سبب افتادن سکه در لیوان می‌شود؟



ب) چرا در شکل ب، اگر به آرامی نیروی وارد بر گوی سنگین را زیاد کنیم نخ بالای گوی پاره می‌شود، اما اگر ناگهان نخ را بکشیم، نخ پایین آن پاره می‌شود؟

قانون دوم نیوتن: اگربه یک جسم نیروهایی وارد شود، شتابی می‌گیرد که با برایند نیروهای وارد بر جسم (نیروی خالص وارد بر جسم) نسبت مستقیم دارد و با آن هم جهت است وبا جرم جسم نسبت وارون دارد یعنی:



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

F_{net} : نیروی خالص وارد بر جسم» واحد آن در سیستم SI ، kgm/s^2 که به آن نیوتن (N) می‌گویند.

m : جرم جسم » واحد آن در سیستم SI برحسب kg

a : شتاب جسم» واحد آن در سیستم SI برحسب m/s^2

تعریف نیوتن: یک نیوتن نیرویی است که اگر به جسمی به جرم یک کیلوگرم وارد شود، به آن شتابی برابر یک متر بر مجذور ثانیه بدهد.

❖ در رابطه F =ma، F برآیند نیروهای وارد بر جسم می‌باشد. شکل کلی‌تر قانون دوم به صورت زیر است.

$$\sum \vec{F} = \sum m\,\vec{a}$$

$\sum m$ مجموع جرمها و $\sum \vec{F}$ برآیند نیروها است.

❖ می‌توانیم بردار نیرو را با استفاده از بردارهای یکه نشان دهیم، در این صورت خواهیم داشت:

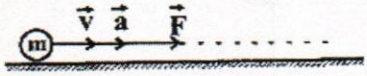
$$\vec{F} = F_x\vec{i} + F_y\vec{j} \quad , \quad F_x = ma_x \quad , \quad F_y = ma_y$$

❖ **توجه کنید که:**

۱- بردار شتاب حرکت یک جسم همواره هم جهت با برآیند نیروهای وارد بر جسم است. ($\sum \vec{F} = m\vec{a}$) یا ($F_{net} = ma$)

۲- بردار تغییر سرعت یک جسم همواره در جهت شتاب حرکت و در نتیجه در جهت برآیند نیروهای وارد برجسم است. ($\vec{a} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$)

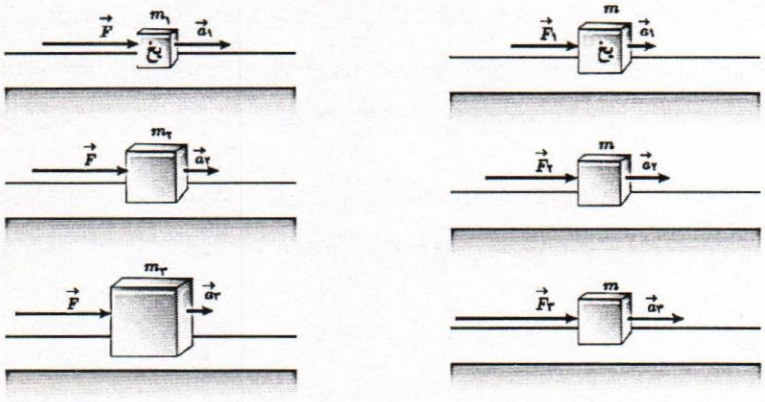
۳- سرعت یک جسم همواره برمسیر حرکت مماس است، اما نیروی وارد بریک جسم الزاما در امتداد مسیر حرکت و یا در امتداد حرکت آن نخواهد بود.



۴- در حرکت بر روی خط راست و تندشونده، برآیند نیروها، شتاب و بردار تغییر سرعت در امتداد مسیر ودر جهت حرکت حرکت هستند.

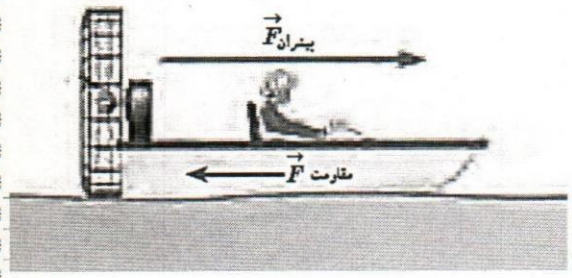
۵- در حرکت بر روی خط راست و کند شونده، برآیند نیروها، شتاب و بردار تغییر سرعت در امتداد مسیر اما در خلاف جهت حرکت هستند.

تمرین۴. در شکل‌های زیر، قطعه یخ‌ها روی یک سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارند. استنباط خود را از این شکل‌ها بیان کنید.



تمرین۵. نیروی موتور یک قایق موتوری که جرم آن با سرنشینش ۴۰۰kg است، به گونه‌ای تنظیم می‌شود که در بازهٔ زمانی معینی، همواره نیروی افقی خالص ۸۰۰N به طرف جلو بر قایق وارد می‌کند.

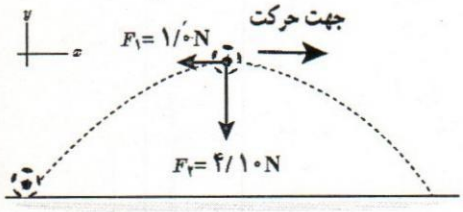
الف) شتاب این قایق چقدر و در چه جهتی است؟



ب) اگر نیروی پیشران در یک لحظه ۱۳۰۰N باشد، نیروی مقاومت در آن لحظه چقدر است؟

پ) چقدر طول می‌کشد تا سرعت قایق از حالت سکون به ۱۵m/s برسد؟ در این مدت قایق چقدر جابه جا می‌شود؟

تمرین۶. شکل روبه‌رو نیروهای وارد بر توپ فوتبالی به جرم ۴۲۰g را در بالاترین نقطهٔ مسیرش نشان می‌دهد که در آن F_1 نیروی مقاومت هوا و F_2 وزن توپ است. جهت و بزرگی شتاب توپ در این نقطه را تعیین کنید. از نیروهای دیگر وارد بر توپ صرف نظر می‌شود.



<u>قانون سوم نیوتن:</u> هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو واردکند، جسم دوم هم به جسم اول نیرویی هم اندازه‌ی آن ولی درخلاف جهت وارد می‌کند. نیرویی که جسم اول وارد می‌کند (کنش) و نیرویی که جسم دوم وارد می‌کند (واکنش) نامیده می‌شوند. این دو نیرو همواره هم اندازه هم راستا و در سوی مخالف یکدیگرند و هریک برجسم دیگروارد می‌شود.

یا: برای هر عملی، عکس العملی است مساوی با آن ولی در جهت مختلف

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \rightarrow F_{12} = F_{21}$$

ویژگی نیروهای کنش و واکنش (نیروهای عمل و عکس العمل) چیست؟

۱) این دو نیرو همواره هم اندازه، هم راستا و در سوی مخالف یکدیگرند.

۲) این دو نیرو هم نوع‌اند به عنوان مثال یا هر دو گرانشی یا هر دو الکتریکی اند.

۳) نیروی کنش و واکنش به دو جسم وارد می شوند نیروی کنش را جسم اول به جسم دوم و نیروی واکنش را جسم دوم به جسم اول وارد می‌کند و نیروی کنش و واکنش برآیند ندارند(برآیند دو نیرو را هنگامی محاسبه می‌کنیم که نیروها بر یک جسم وارد شوند نه دو جسم)

تمرین۷. شخصی در حال هل دادن جعبه‌ای سنگین روی سطح افقی است و این جعبه در جهت این نیرو حرکت می‌کند. با توجه به آنکه نیرویی که شخص به جعبه وارد می‌کند با نیرویی که جعبه به شخص وارد می‌کند هم اندازه است، توضیح دهید چگونه جعبه حرکت می‌کند؟

تمرین۸. دو شخص به جرم های ۷۵kg و ۵۰kg با کفش‌های چرخ‌دار در یک سالن مسطح و صاف روبه روی هم ایستاده‌اند. شخص اول با نیروی ۱۰۰N شخص دوم را به طرف راست هُل می‌دهد.

الف) شتابی که شخص دوم می‌گیرد چقدر است؟

ب) شتابی که شخص اول می‌گیرد چقدر است؟

تکلیف بخش اول (قانونهای نیوتن)

۱. در جای خالی کلمات مناسب بگذارید

A. وقتی جسمی را می‌کشیم یا آن را هل می‌دهیم، به آن..... وارد می‌کنیم.

B. ..... ، حاصل برهم کنش یا اثر متقابل دو جسم بر یکدیگر است.

C. معمولا برای سادگی فرض می‌شود که همهٔ جرم یک جسم در یک نقطه به نام ..... جسم متمرکز شده است و به جای آنکه نیرو به قسمتهای مختلف جسم وارد شود به این نقطه وارد می شود.

D. نیرو را به کمک ..... اندازه گیری می‌کنیم و یکای آن، ..... است.

E. اثر ..... بر یک جسم به صورت شروع به حرکت کردن، توقف، کم و زیاد شدن اندازهٔ سرعت (تندی)، تغییر جهت سرعت و تغییر شکل آن جسم، خود را نشان می دهد.

F. نیروی وارد بر یک جسم می‌تواند سبب ..... یا ..... آن شود.

G. یک جسم، حالت ..... یا حرکت با سرعت ثابت خود را حفظ می‌کند مگرآنکه نیروی خالص غیرصفری به آن وارد شود. این بیان قانون اول ..... نامیده می‌شود.

H. وقتی نیروهای وارد بر جسمی ..... باشند، اگر جسم ساکن باشد، همچنان ساکن باقی می‌ماند و اگر در حال حرکت باشد، سرعت جسم تغییر نمی‌کند و ثابت می‌ماند.

I. خاصیت اجسام که میل دارند وضعیت حرکت خود را هنگامی که نیروی خالص وارد بر آنها صفر است حفظ کنند، ..... گویند.

J. وقتی نیروی خالصی به جسمی وارد می‌شود، سرعت آن تغییر می‌کند و جسم تحت تأثیر آن نیرو، ..... در جهت ..... پیدا می‌کند.

K. قانون ..... بیان می‌کن که هرگاه بر جسم نیروی خالصی وارد شود، جسم تحت تأثیر آن نیرو شتاب می‌گیرد که این شتاب با نیروی خالص وارد بر جسم نسب ..... دارد و در همان جهت نیروی خالص است و با جرم جسم نسبت ..... دارد.

L. ..... برابر با مقدار نیروی خالصی است که به جسمی به جرم یک کیلوگرم، شتابی برابر یک متر بر مربع ثانیه می‌دهد.

M. نیروها همواره به صورت ..... وجود دارند. اگر یکی از این نیروها را ..... بنامیم، نیروی دیگر ..... نامیده می‌شود.

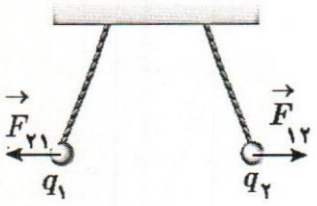
N. هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی ..... و هم راستا اما در ..... وارد می‌کند.

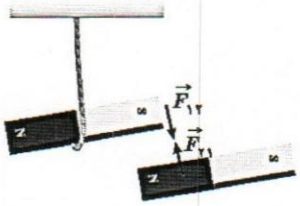
۲. وقتی در خودروی ساکنی نشسته‌اید و خودرو ناگهان شروع به حرکت می‌کند، به صندلی فشرده می‌شوید. همچنین اگر در خودروی در حال حرکتی نشسته باشید، در توقف ناگهانی به جلوپرتاب می‌شوید.

الف)علت این پدیده‌ها را توضیح دهید.

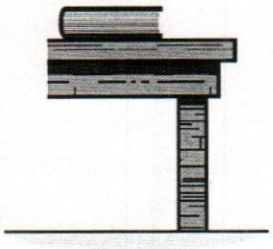
ب) نقش کمربند ایمنی وکیسهٔ هوا در کم شدن آسیب‌ها در تصادف‌ها را بیان کنید.

۳. استنباط خود را از این شکل‌های روبرو بیان کنید.





۴. در شکل روبرو نیروهایی را که کتاب به محیط اطرافش وارد می‌کند یا نیروهای کنش را رسم کرده و واکنش آنها را نیز مشخص کنید.



۵. سیبی را در نظر بگیرید که به شاخهٔ درختی آویزان است و سپس از درخت جدا می‌شود.
الف) با رسم شکل نیروهای وارد بر سیب را قبل و بعد ازجدا شدن از درخت نشان دهید.

ب) در هر حالت واکنش این نیروها بر چه اجسامی وارد می‌شود؟

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

ب) کشتی‌ای با سرعت ثابت در حال حرکت است.

پ) قایقرانی در حال پارو زدن است.

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

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

ج) توپی در راستای قائم به زمین برخورد می‌کند و بر می‌گردد.

۷. اتومبیلی به جرم ۲تن از حال سکون روی جاده‌ای افقی شروع به حرکت می‌کند و بعد از پیمودن مسافت ۱۰۰m با شتاب ثابت، سرعتش به ۷۲km/h می‌رسد. برایند نیروهای وارد بر اتومبیل را در این حرکت محاسبه کنید.

۸. بر جسمی به جرم ۵ کیلوگرم دو نیروی عمود برهم ۶ و ۸ نیوتنی اثر می‌کند، شتاب حرکت چه مقدار می‌شود؟

۹. نیروی $\vec{F} = 3\vec{i} + a\vec{j}$ به جسمی به جرم ۲kg شتاب ۲/۵ m/s^2 را میدهد. مقدار a را به دست آورید..

۲-۲ معرفی برخی از نیروهای خاص

۱) نیروی وزن: وزن یک جسم روی زمین، نیروی گرانشی است که ازطرف زمین بر جسم وارد می‌شود.
اگر جرم جسم را با m شتاب گرانشی را با g و وزن را با W نشان دهیم، داریم:

$$\vec{w} = m\vec{g}$$

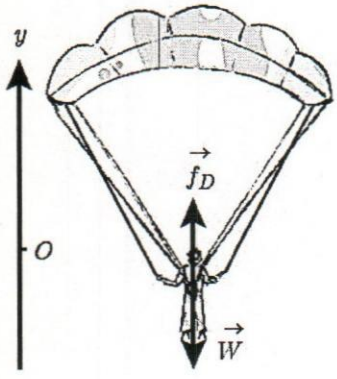
جهت وزن و در نتیجه شتاب گرانشی همواره به طرف زمین (مرکز زمین) است.
جرم یک جسم در مکان های مختلف ثابت است، اما وزن آن به مقدار g در آن مکان بستگی دارد.
شتاب جاذبه در سطح زمین تقریباً ۹/۸N/kg است.

تمرین۹. الف) وزن قطعه ای طلا به جرم ۱۰۰ گرم را روی سطح زمین به دست آورید.

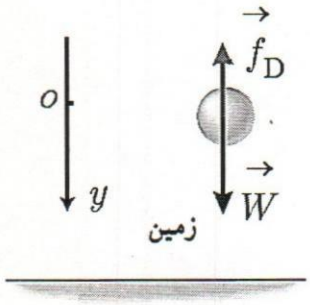
ب) وزن یک جسم در سطح یک سیاره برابر با نیروی گرانشی است که از طرف آن سیاره بر جسم وارد می‌شود. وزن این قطعه طلا را در سطح ماه و مریخ به‌دست آورید و با هم مقایسه کنید. g=۹/۸ N/kg زمین g=۱/۶N/kg ماه g=۳/۷N/kg مریخ

۲) نیروی مقاومت شاره: وقتی جسمی در یک شاره (مایع یا گاز) قرار دارد و نسبت به آن حرکت می‌کند از طرف شاره نیرویی در خلاف جهت حرکت جسم، به آن وارد می شود که به آن نیروی **مقاومت شاره** می‌گویند.

- ❖ نیروی مقاومت شاره به بزرگی جسم، تندی آن و ...بستگی دارد.
- ❖ هر چه تندی جسم بیشتر باشد، نیروی مقاومت شاره بیشتر خواهد شد.
- ❖ اگر جسم در هوا حرکت کند، به این نیرو، نیروی مقاومت هوا می گویند.



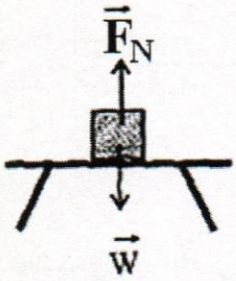
تمرین۱۰. چتربازی به جرم ۶۰kg مدتی پس از یک پرش آزاد، چترش را باز می‌کند. ناگهان نیروی مقاومت هوا به ۱۱۴۰N افزایش می‌یابد. شتاب چترباز را در این لحظه به دست آورید و حرکت آن را تحلیل کنید. برای سادگی g را ۱۰N/kg فرض کنید.



تمرین۱۱. دو گوی هم‌اندازه را که جرم یکی دو برابر دیگری است ($m_2=2m_1$) از بالای برجی به ارتفاع h به طور هم زمان رها می‌کنیم. با فرض اینکه نیروی مقاومت هوا در طی حرکت دو گوی ثابت و یکسان باشد، تندی برخورد کدام گوی با زمین بیشتر است؟

تمرین۱۲. اگر درتمرین بالا اگراز مقاومت هوا صرف نظر کنیم، سرعت برخورد گوی‌ها با زمین را با هم مقایسه کنید.

۳) نیروی عمودی سطح (نیروی عمودی تکیه‌گاه)



در نظر بگیرید جسمی مطابق شکل زیر بر روی سطح افقی میزی به حال سکون قرار دارد و زمین نیروی وزن W=mg را به آن وارد می‌کند.

چون جسم ساکن است، شتاب حرکت آن برابر صفر است، (a=۰) بنابراین طبق قانون دوم نیوتن برآیند نیروهای وارد بر جسم نیز برابر صفر خواهد شد ($F_{net}=ma=0$). پس باید نیرویی برابر وزن جسم اما در خلاف جهت به جسم وارد شود، تا با خنثی کردن نیروی وزن، مانع شتاب گرفتن جسم شود. با توجه به شکل مقابل این نیرو که توسط میز به جسم وارد می‌شود را « نیروی عمودی تکیه‌گاه» می‌نامیم و با N نشان می‌دهیم. بنابراین میتوان‌نوشت:

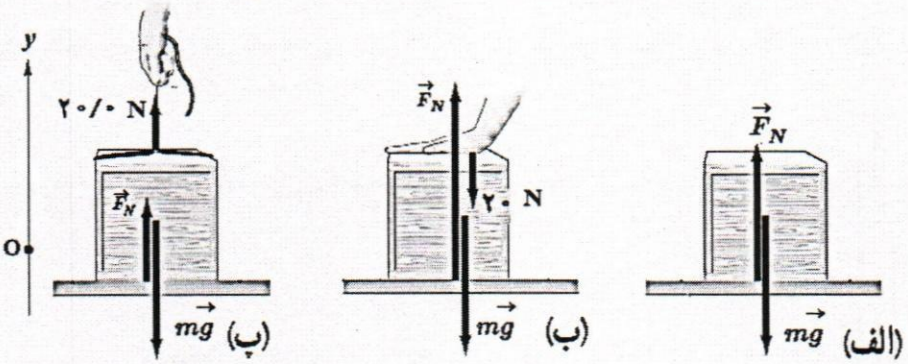
$$F_{net}=ma \rightarrow F_N-W=m\times 0 \rightarrow F_N-W=0 \rightarrow F_N=W$$

دو نیروی وزن (W) و عمودی تکیه‌گاه (F_N) اگرچه هم اندازه و در دو جهت مخالف‌اند ولی کنش و واکنش نیستند. زیرا نیروی کنش و واکنش به دو جسم وارد می‌شوند. در این‌جا W و F_N به یک جسم وارد شده‌اند.

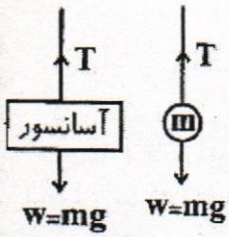
❖نیروی عمودی تکیه‌گاه همیشه با نیروی وزن برابر نیست و بستگی به نیروهای وارد بر جسم در راستای عمودی دارد.

❖نیروی عمودی سطح ناشی از تغییر شکل سطح تماس دو جسم است.

تمرین۱۳. همانند شکل، جعبه ای به جرم ۴kg روی میزی افقی قرار دارد. نیروی عمودی سطح را در حالت‌های نشان داده شده به‌دست آورید.



حرکت جسم در راستای قائم (آسانسور)



هرگاه جسمی در راستای قائم تحت اثر دو نیروی کشش T و وزن W در حرکت باشد، با استفاده از قانون دوم نیوتن می‌توان شتاب آن را به دست آورد.

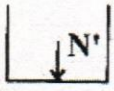
$$T-mg=ma \rightarrow T=m(g+a)$$

پ) در حال تعادل یا حرکت یکنواخت $T=mg$ است. ($F_{net}=0$ ، $a=0$)

❖در روابط بالا اگر [ ] $a>0$ و [ ] $a<0$ در نظر گرفته می‌شود.

وزن ظاهری درون آسانسور

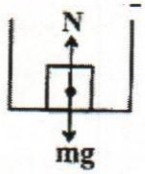
اگر شخصی به جرم m درون آسانسور قرار گیرد و یا بر روی باسکول (ترازوی فنری) بایستد (درون اسانسور) عددی که ترازوی فنری نشان می‌دهد هم اندازه با نیروی عمودی تکیه‌گاه است که آن را وزن ظاهری نیز می‌نامند.



❖وزن ظاهری با نیروی عمودی تکیه‌گاه، کنش و واکنش‌اند.

❖اندازه نیروی وزن ظاهری با نیروی عمودی تکیه‌گاه (N) برابر است.

برای محاسبه‌ی نیروی وزن ظاهری جسم درون آسانسور (W') باید نیرویی که جسم بر کف آسانسور وارد می‌کند(N) و هم اندازه با وزن ظاهری جسم است را محاسبه کنیم با توجه به جهت حرکت آسانسور می‌توان نوشت:



الف) آسانسور $N-mg=ma \rightarrow N=m(g+a)$

ب) آسانسور $N=m(g-a)$

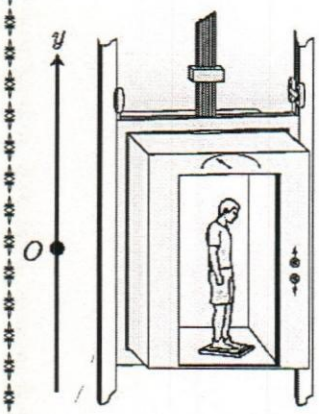
پ) آسانسور با سرعت ثابت(یکنواخت) یا آسانسور ساکن است $N=mg$

مقایسه‌ی وزن ظاهری و وزن حقیقی

۱. در حرکت شتابدار تندشونده رو به بالا و کند شونده رو به پایین، وزن ظاهری بزرگ‌تر از وزن حقیقی است.
۲. در حرکت شتابدار کندشونده رو به بالا و تند شونده رو به پایین وزن ظاهری کوچک‌تر از وزن حقیقی است.
۳. اگر سرعت ثابت باشد ($a=0$) وزن ظاهری برابر وزن حقیقی است.
۴. اگر جسم را به نیرو سنج (یا یک فنر) متصل و آن را از سقف آسانسور آویزان کنیم، با در نظر گرفتن جهت حرکت و نوع حرکت می‌توان نیروی کشسانی فنر را تعیین کرد.
۵. وزن ظاهری جسم‌هایی که سقوط آزاد می‌کنند برابر صفر است. زیرا شتاب حرکت آن‌ها برابر $a=g$ است.

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

تمرین۱۴. شخصی درون آسانسوری ساکن، روی یک ترازوی فنری ایستاده است. در این حالت ترازو عدد ۶۰۰N را نشان می‌دهد.



الف) جرم شخص چند کیلوگرم است؟

ب) وقتی آسانسور شتاب رو به بالای $2m/s^2$ دارد، ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟

پ) وقتی آسانسورشتاب رو به پایین $2m/s^2$ دارد ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟

ت) اگر کابل آسانسور پاره شود و آسانسور سقوط آزاد کند، ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟ ($g=10m/s^2$)

تمرین۱۵. درتمرین قبل، در هر یک از حالتهای زیر، عددی را که ترازوی فنری نشان می‌دهد با وزن شخص مقایسه کنید.

الف) آسانسور به طرف بالا شروع به حرکت کند.

ب) آسانسور به طرف پایین شروع به حرکت کند.

پ) آسانسور در حالی که به طرف بالا حرکت می کند، متوقف شود.

ت) آسانسور در حالی که به طرف پایین حرکت می‌کند، متوقف شود.

۴) نیروی اصطکاک: وقتی تلاش می‌کنیم جسمی را روی سطحی به حرکت درآوریم، چه جسم حرکت کند و چه ساکن بماند، با مقاومتی روبه‌رو می‌شویم که به آن نیروی اصطکاک گویند. این نیرو در خلاف جهت حرکت بر جسم وارد می‌شود و از نیروهای الکترومغناطیسی بین اتم‌ها ناشی می‌شود. نیروی اصطکاک بین دو جسم به جنس سطح دو جسم، و زبری و نرمی آنها و ..... بستگی دارد.

دیدگاه میکروسکوپی: در واقع، نیروی اصطکاک و نیروی عمودی سطح، جمع برداری نیروهای بیشماری است که طبیعت الکتریکی دارند و بین اتمهای سطح یک جسم و اتمهای سطح جسم دیگر عمل می‌کنند. در سطح تماس دو جسم جوش خوردگی‌هایی به‌وجود می‌آید که عامل اصطکاک هستند. سطح میکروسکوپی تماس بین دو جسم بسیار کوچک‌تر از سطح ماکروسکوپی ظاهری تماس آنها است. (حدود 10^{4} بار کوچکتر.)

ویژگی های نیروی اصطکاک :

۱- نیروی اصطکاک همیشه به عنوان یک نیروی مقاوم در خلاف جهت حرکت ظاهر می‌شود و مقدار آن با واکنش عمود بر سطح نسبت مستقیم دارد.

۲- مقدار نیروی اصطکاک به اندازه سطح بستگی ندارد ولی به جنس سطح تماس بستگی دارد.

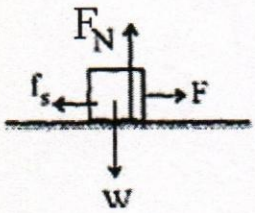
۳- هرچه سطح تماس صیقلی‌تر و صاف‌تر باشد مقدار نیروی اصطکاک کمتر خواهد بود.

نیروی اصطکاک بر دو نوع است:

۱- نیروی اصطکاک ایستایی: در این حالت جسم نسبت به سطحی که بر آن قرار دارد، کشیده شده اما ساکن می‌ماند.

۲- نیروی اصطکاک جنبشی (لغزشی): در این حالت جسم نسبت به سطحی که بر آن قرار دارد در حرکت است.

الف) نیروی اصطکاک ایستایی (f_s): نیروی که در سطح تماس از طرف تکیه‌گاه به جسم ساکن وارد می‌شود، نیروی اصطکاک ایستایی می‌نامیم.



$$F = ma \rightarrow F - f_s = m \times 0 = 0 \rightarrow f_s = F$$

❖ نیروی اصطکاک ایستایی ثابت نیست و با افزایش نیروی F ، افزایش می‌یابد. مادامی که جسم ساکن است نیروی اصطکاک ایستایی با نیروی که در امتداد f_s است و تمایل دارد جسم را به حرکت درآورد برابر است. $(f_s = F)$

❖ نیروی اصطکاک ایستایی دارای حداکثری است که با f_{smax} نشان می‌دهیم و به آن نیروی اصطکاک ایستایی در آستانه‌ی حرکت گفته می‌شود. اگر نیروی F بزرگتر از f_{smax} باشد جسم شروع به حرکت می‌کند.

اصطکاک ایستایی آستانه حرکت از رابطه روبرو به دست می آید. $f_{s,max} = \mu_s F_N$

F_N : نیروی عمود بر سطح است.

μ_s : ضریب اصطکاک ایستایی است و بستگی به جنس سطح تماس (زبری، صافی و ...) رطوبت محیط و ... دارد و چون یک مقدار ثابت است واحد ندارد.

نیروی اصطکاک جنبشی: وقتی جسمی روی سطحی می‌لغزد از طرف سطح بر جسم، نیروی اصطکاک جنبشی وارد می‌شود که موازی با سطح و در خلاف جهت لغزش جسم است. آزمایش نشان می دهد که اندازه نیروی اصطکاک جنبشی متناسب با اندازه نیروی عمودی سطح است.

$$f_k = \mu_k F_N$$

که در آن F_N نیروی عمودی سطح و μ_k ضریب اصطکاک جنبشی است. ضریب اصطکاک جنبشی مانند ضریب اصطکاک ایستایی به عامل هایی مانند جنس سطح تماس دو جسم، میزان صافی و زبری آنها و ... بستگی دارد و بدون واحد است.

❖ μ_s همواره از μ_k بزرگتر است لذا نیروی اصطکاک ایستایی از جنبشی بیشتر است. $(\mu_k < \mu_s)$

❖ در حالت کلی نیروی اصطکاک ایستایی کوچکتر و یا مساوی $f_{s,max}$ است.

❖ نیروی اصطکاک ایستایی بین صفر تا $f_{smax} = \mu_s F_N$ تغییر کند. یعنی: $0 \le f_s \le f_{smax} = \mu_s . F_N$

❖ رابطه‌ی $f_{smax} = \mu F_N$ فقط در حالتی به کار می رود که جسم در آستانه‌ی حرکت باشد.

❖ در حل مسائل ابتدا از رابطه‌ی $f_{smax} = \mu F_N$ نیروی اصطکاک در آستانه‌ی حرکت را حساب نموده و با نیرویی که می‌خواهد جسم را به حرکت در آورد (F) مقایسه می‌کنیم و یکی از حالت های زیر اتفاق می‌افتد.

$F < f_{smax} \rightarrow a=0 \rightarrow f_s = F$
$F > f_{smax} \rightarrow f_k = \mu_k F_N$
$F = f_{smax} \rightarrow f_{smax} = \mu_s F_N$

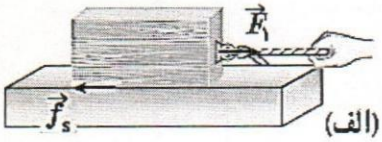
❖شتاب حرکت اجسامی که در امتداد سطح افقی پرتاب می‌شوند به جرم آنها بستگی ندارد و از رابطه‌ی ($a = -\mu_k g$) قابل محاسبه است. بنابراین اگر چند جسم با جرمهای متفاوت را با سرعت اولیه‌ی یکسان V_o بر روی سطح افقی پرتاب کنیم مسافتی که جسم‌ها طی می‌کنند تا متوقف گردند با هم برابر است. زیرا شتاب حرکت، سرعت اولیه و سرعت پایانی ($V=0$) آن‌ها با هم برابر است، بنابراین با توجه به رابطه‌ی $V^2 - V_o^2 = 2a\Delta x$ مسافت توقف آن‌ها نیز با هم یکسان خواهد بود.

تمرین۱۶. الف) بر اساس قانون سوم نیوتون و آنچه از اصطکاک آموختید، توضیح دهید راه رفتن با شروع از حالت سکون چگونه انجام می‌شود؟

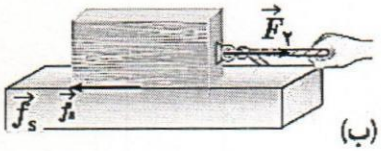
ب) چرا راه رفتن روی یک سطح سُر مانند سطح یخ به سختی ممکن است؟

تمرین۱۷. در شکل روبرو به جسمی به جرم ۴kg در دو حالت نیروی ۴ و ۸ نیوتن وارد شود و جسم همچنان ساکن بماند:

الف) بزرگی نیروهای اصطکاک ایستایی در هر حالت چقدر است؟

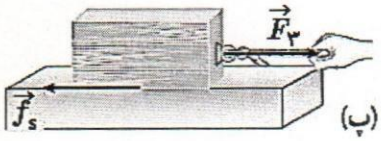


(الف)



(ب)

ب) اگر با نیروی ۱۶نیوتن جسم در آستانه‌ی حرکت قرار گیرد، ضریب اصطکاک ایستایی را پیدا کنید.



(پ)

تمرین۱۸. آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد $f_{s,max}$ متناسب با F_N است.

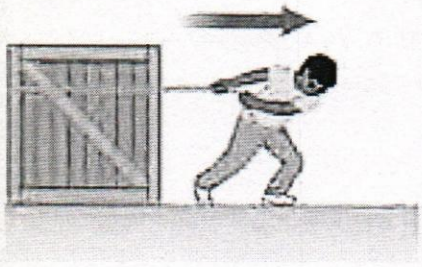
تمرین۱۹. آزمایشی طراحی کنید که با آن بتوانید:

الف) نیروی اصطکاک جنبشی وارد بر جسمی مانند یک قطعه چوب در حال لغزش روی سطح را اندازه بگیرید و با استفاده از آن μ_k را به دست آورید.

ب) بستگی یا عدم بستگی نیروی اصطکاک جنبشی به مساحت سطح تماس دو جسم را تحقیق کنید.

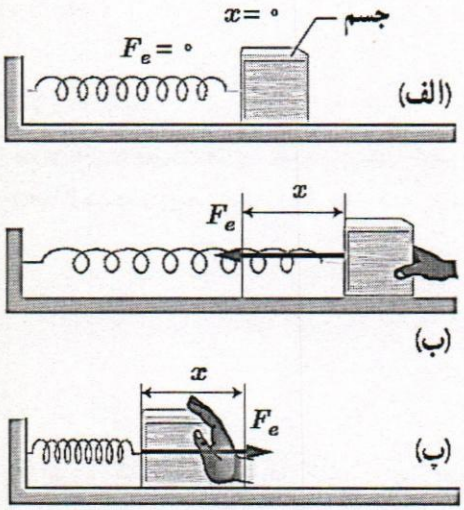
تمرین۲۰. شکل مقابل شخصی را نشان می‌دهد که در حال کشیدن یک جعبهٔ ۷۵kg کیلوگرمی با نیروی ۳۳۰N روی سطح افقی است. نیرویی که شخص به جعبه وارد می‌کند افقی و جعبه در حال حرکت است. اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین سطح و جعبه ۰/۴ باشد،

الف) نیروی اصطکاک جنبشی وارد به جعبه چقدر است؟



ب) شتاب جعبه در این حالت چقدر است؟ ($g=10N/kg$)

تمرین۲۱. در مثال قبل اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین جعبه و زمین ۰/۶ و جسم در ابتدا ساکن باشد، حداقل نیروی افقی لازم برای به حرکت درآوردن جعبه چقدر است؟

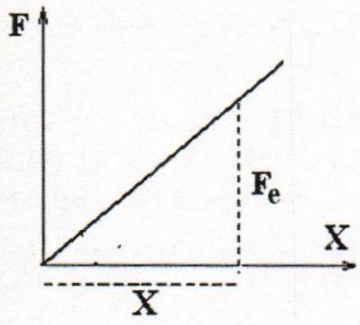


۵) نیروی کشسانی فنر: اگر مطابق شکل یک فنر را به یک نقطه محکم کرده و به سر دیگر آن نیروی کشش یا فشارنده‌ی F را وارد کنیم، فنر به اندازه‌ی x افزایش طول پیدا می‌کند. در این حالت بزرگی نیرو از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$F_e=k\Delta l$ $\Delta l=l-l_o$

Δl تغییر طول فنر، l_o طول اولیه فنر، l طول فنر در اثر نیروی F است.

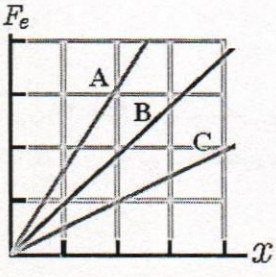
k ثابت فنر و از مشخصه‌های فنر است که ضریب سختی فنر نیز نامیده می‌شود. ثابت فنر به اندازه، شکل و ساختار ماده ای که فنر از آن ساخته شده بستگی دارد و واحد آن N/m است.



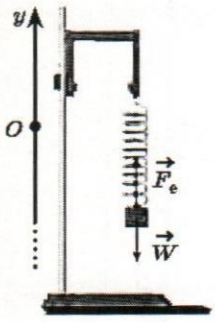
- رسم نمودار F برحسب: $x=l-l_0$
- شیب نمودار نیروی فنر برابر ثابت فنر است. یعنی: $= k$ $= \frac{F_e}{x} \Rightarrow$
- هرچه ثابت فنر بیشتر باشد، شیب نمودار بیشتر و فنر سخت‌تر است.

نیروی کشسانی(قانون هوک): اگر فنری را تحت اثر نیروی کشش یا فشارنده‌ی F از حالت عادی خود خارج کنیم، فنر نیرویی در خلاف جهت تراکم یا کشیده شدن وارد می‌کند این نیرو را نیروی کشسانی یا نیروی بازگرداننده‌ی فنر می‌نامند. (نیرویF_e)

تمرین۲۲. با طراحی یک آزمایش، ثابت فنر را به دست آورید.



تمرین۲۳. نمودار نیروی کشسانی بر حسب تغییر طول برای سه فنر رسم شده است. ثابت این سه فنر را مقایسه کنید.



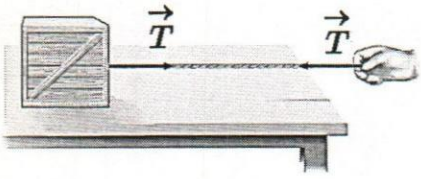
تمرین۲۴. فنری به طول $L_0=10cm$ را از یک نقطه آویزان می‌کنیم و به سر دیگر آن وزنهٔ ۲۰۰گرمی وصل می‌کنیم. پس از رسیدن به تعادل، طول فنر به $L=12cm$ می‌رسد.

الف) ثابت فنر چند نیوتون بر متر است؟

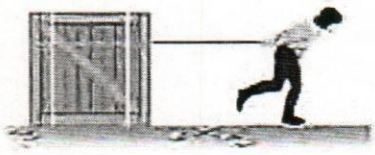
ب) اگر وزنه ای ۳۰۰ گرمی را به فنر وصل کنیم، پس از رسیدن به تعادل طول فنر چند سانتی متر می شود؟

تمرین۲۵. ثابت یک فنر $2000\ N/m$ و طول آن ۱۵ سانتیمتر است. فنر را از یک نقطه آویزان کرده و به انتهای آن وزنه‌ی ۵۰ نیوتنی می‌آویزیم. طول فنر چند سانتیمتر خواهد شد.

تمرین۲۶. به انتهای فنری یک بار وزنه‌ی ۲ نیوتنی و بار دیگر وزنه‌ی ۵ نیوتنی می‌آویزیم. اگر طول فنر در این دو حالت به ترتیب $24cm$ و $30cm$ باشد، ضریب سختی فنر و طول فنر در وضع تعادل را به دست آورید.



۶) نیروی کشش طناب: وقتی طناب متصل به جسمی را می کشیم، طناب جسم را با نیرویی می کشد که جهت آن از جسم به سمت بیرون و در راستای طناب است. چون در این حالت طناب تحت کشش قرار دارد، به این نیرو، نیروی کشش طناب گفته می‌شود.



تمرین۲۷. در شکل روبه‌رو، کارگری جعبهٔ ساکنی را با طنابی افقی با نیروی ثابت افقی $310N$ می‌کشد. اگر جرم جعبه $100kg$ و ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی بین جعبه و سطح به ترتیب ۰/۳ و ۰/۲۵ باشد،$(g=10m/s^2)$

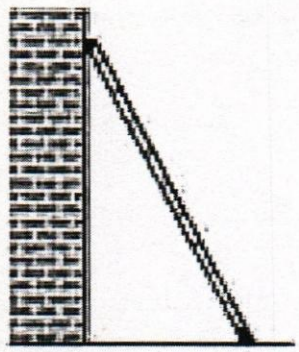
الف) آیا جعبه شروع به حرکت می‌کند؟

ب) اگر جعبه حرکت کند، شتاب حرکت آن را حساب کنید.

پ) سرعت جعبه را $6s$ پس از حرکت به دست آورید.

تمرین۲۸. کارگری یک سطل محتوی مصالح به جرم $16kg$را با طناب سبکی به طرف بالا می‌کشد. اگر شتاب رو به بالای سطل $1/2m/s^2$ باشد، نیروی کشش طناب چقدر است؟

تمرین۲۹. در شکل روبه رو نردبانی به جرم ۲۰kg به دیوار قائم بدون اصطکاکی تکیه داده شده است. ضریب اصطکاک ایستایی بین زمین و پای نردبان ۰/۵است. در آستانهٔ سُرخوردن نردبان،



الف) زمین به نردبان چه نیرویی وارد می کند؟

ب) چه نیرویی از دیوار به نردبان وارد می شود؟

چند نکته برای حل مسائل دینامیکی:

۱- ابتدا جسم را مشخص کرده و شکل ساده‌ای برای آن رسم می‌کنیم.

۲- نیروهایی که از طرف محیط به جسم وارد می‌شود مشخص (تعیین جهت و راستا) می‌کنیم. (دیاگرام آزاد)
(نیروها عبارتند از وزن، عکس العمل تکیه‌گاه، اصطکاک، کشش نخ، نیروی موتور و غیره ....)

۳- دستگاه مختصاتی مناسب مشخص می‌کنیم. (جهت حرکت یا میل به حرکت، جهت + یکی از محورها است.)

۴- نیروهایی که در راستای حرکت یا میل به حرکت (یا عمود بر آن) نیستند به نیروهای درراستای حرکت وعمود برآن تجزیه می‌کنیم

۵- با استفاده از قانون دوم نیوتن، شتاب حرکت یا مجهول دیگر مسأله را به دست می‌آوریم.

تکلیف بخش دوم (معرفی برخی نیروهای خاص)

۱۰. در جای خالی کلمات مناسب بگذارید.

A. ..... یک جسم روی زمین، نیروی گرانشی است که ازطرف زمین بر جسم وارد می‌شود.

B. جهت وزن و در نتیجه شتاب گرانشی همواره به طرف ..... است.

C. جرم یک جسم در مکان های مختلف ..... است، اما وزن آن به مقدار..... در آن مکان بستگی دارد.

D. نیروی ..... به بزرگی جسم، تندی آن و ...بستگی دارد.

E. هر چه ..... جسم بیشتر باشد، نیروی مقاومت شاره بیشتر خواهد شد.

F. اگر جسم در هوا حرکت کند، به نیروی مقاومت شاره، نیروی ..... می گویند.

G. وقتی نیروی مقاومت هوا و وزن هم‌اندازه شده و نیروهای وارد بر یک چترباز متوازن شوند، جسم با ..... سقوط می‌کند.

H. نیروهای وارد بر جسم ..... ، متوازن‌اند.

I. نیروی ..... ناشی از تغییر شکل سطح تماس دو جسم است.

J. ..... نیرویی است که در خلاف جهت حرکت جسم بر جسم وارد می‌شود و به علت نیروهای ..... است که بین اتم‌ها و مولکول‌های اجسام وجود دارد.

K. سطح میکروسکوپی تماس بین دو جسم بسیار ..... از سطح ماکروسکوپی ظاهری تماس آنها است.

L. سطح میکروسکوپی تماس بین دو جسم حدود ..... کوچک‌تر از سطح ماکروسکوپی ظاهری تماس آنها است.

M. نیروی اصطکاک بین دو جسم به ..... و زبری و نرمی آنها و ..... بستگی دارد.

N. بیشینهٔ نیروی اصطکاک ایستایی با اندازهٔ نیروی ..... متناسب است.

O. ..... به عامل‌هایی مانند جنس سطح تماس دو جسم، میزان صافی و زبری آنها و... بستگی دارد.

P. در حالت کلی نیروی ..... کوچکتر و یا مساوی $f_{s,max}$ است.

Q. نیروی اصطکاک عمدتاً به عنوان نیروی ..... شناخته می شود.

R. هر چه فنر را بیشتر بکشیم یا فشرده کنیم، ..... فنر نیز بیشتر می‌شود.

S. ..... از مشخصات فنر است و به اندازه، شکل و ساختار ماده‌ای که فنر از آن ساخته شده بستگی دارد.

۱۱. دانش‌آموزی به جرم ۵۰kg روی یک ترازوی فنری در آسانسور ایستاده‌است. در هر یک از حالت های زیر این ترازو چند نیوتون را نشان می‌دهد؟

الف) آسانسور ساکن است.

ب) آسانسور با سرعت ثابت حرکت می‌کند.

پ) آسانسور با شتاب $1/2\ m/s^2$ به طرف بالا شروع به حرکت می‌کند.

ت) آسانسور با شتاب $1/2\ m/s^2$ به طرف پایین شروع به حرکت می‌کند.

۱۲. در شکل نشان داده شده، شخص با نیروی ۲۰۰N جسم ۹۰ کیلوگرمی را هُل می‌دهد، اما جسم ساکن می‌ماند. ولی وقتی با نیروی ۳۰۰N جسم را هُل می‌دهد، جسم در آستانهٔ حرکت قرار می‌گیرد.

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

ب) ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح چقدر است؟

پ) اگر پس از حرکت، شخص با نیروی ۲۰۰N جسم را هُل دهد و ضریب اصطکاک جنبشی بین سطح و جسم ۰/۲۰ باشد، شتاب حرکت جسم چقدر خواهدشد؟

۱۳. در شکل روبه رو وقتی وزنهٔ 4kg را به فنر آویزان می‌کنیم، طول فنر ۱۴cm می‌شود، و وقتی وزنهٔ 5kg را به فنر آویزان می‌کنیم، طول فنر ۱۵cm می‌شود.

الف) ثابت فنر چقدر است؟

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

۱۴. رانندهٔ خودرویی که با سرعت 75 km/h و جرم ۱۲۰۰کیلوگرم در یک مسیر مستقیم در حال حرکت است، با دیدن مانعی اقدام به ترمز می‌کند و خودرو پس از طی مسافت ۲۰m متوقف می‌شود.

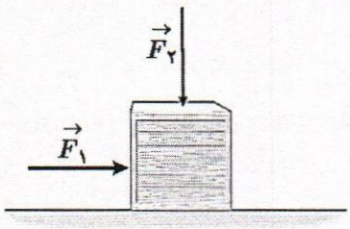
الف) شتاب خودرو در مدت ترمز چقدراست؟

ب) از لحظهٔ ترمز تا توقف کامل خودرو، چقدر طول می‌کشد؟

پ) نیروی اصطکاک بین لاستیک ها و سطح چقدر است؟

۱۵. چتربازی از یک بالگرد تقریباً ساکن که در ارتفاع نسبتاً زیادی قرار دارد، به بیرون می‌پرد و پس از مدتی چتر خود را باز می‌کند و در امتداد قائم سقوط می‌کند. حرکت چترباز را از لحظهٔ پرش تا رسیدن به زمین تحلیل کنید و نموداری تقریبی از تندی آن بر حسب زمان رسم کنید.

۱۶. در شکل زیر، نیروی F_1 به بزرگی ۲۰N بر جعبه وارد شده است، اما جعبه همچنان ساکن است. اگر در همین حالت بزرگی نیروی قائم F_2 که جعبه را به زمین می‌فشارد از صفر شروع به افزایش کند، کمیت‌های زیر چگونه تغییر می‌کنند؟



الف) اندازهٔ نیروی عمودی سطح وارد بر جعبه

ب) اندازهٔ نیروی اصطکاک ایستایی وارد بر جعبه

پ) اندازهٔ بیشینهٔ نیروی اصطکاک ایستایی

ت) نیروی خالص وارد بر جسم

۱۷. می‌خواهیم به جسمی که جرم آن 5kg است، شتاب $2m/s^2$ بدهیم. در هر یک از حالت‌های زیر، نیرویی را که باید به جسم وارد کنیم محاسبه کنید.

الف) جسم روی سطح افقی بدون اصطکاک حرکت کند.

ب) جسم روی سطح افقی با ضریب اصطکاک ۰/۲۰ به طرف راست حرکت کند، و شتابش نیز به طرف راست باشد.

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

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

۱۸. قطعه چوبی را با سرعت افقی $10m/s$ روی سطحی افقی پرتاب می‌کنیم. ضریب اصطکاک جنبشی بین چوب و سطح ۰/۲ است.

الف) چوب پس از پیمودن چه مسافتی می‌ایستد؟

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

۱۹. وزنه‌ای به جرم ۲kg را به انتهای فنری به طول ۱۲cm که ثابت آن ۲۰N/cm است می‌بندیم و فنر را از سقف یک آسانسور آویزان می‌کنیم. طول فنر را در حالت های زیر محاسبه کنید.

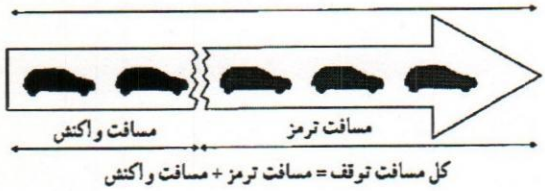
الف) آسانسور ساکن است.

ب) آسانسور با سرعت ثابت ۲m/s رو به پایین در حرکت است.

پ) آسانسور با شتاب ثابت ۲ m/s^2 از حال سکون رو به پایین شروع به حرکت کند.

ت) آسانسور با شتاب ثابت ۲ m/s^2 از حال سکون رو به بالا شروع به حرکت کند.

۲۰. برای یک راننده دانستن مسافت توقف اتومبیل او اهمیت دارد. علائم بزرگراهی به ما می‌گوید که کل مسافت توقف، دو قسمت دارد (شکل زیر)



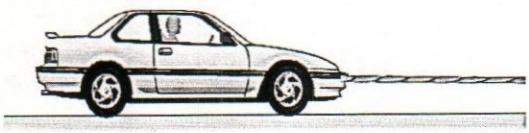
الف) دو عامل موثر در مسافت فکر کردن را نام ببرید.

ب) زمان واکنش راننده‌ای ۰/۶s است. در طی این زمان، اتومبیل ۱۸m طی می‌کند. با فرض ثابت بودن سرعت در این مدت، سرعت اتومبیل را حساب کنید.

ت) اگر در این سرعت راننده ترمز کند و خودرو پس از ۵s متوقف شود، مسافت ترمز و شتاب خودرو را حساب کنید.

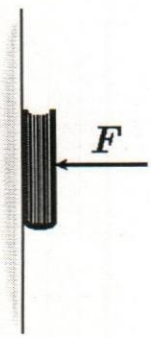
ت) وقتی خودرو ترمز می کند، نیروی خالص وارد بر آن چقدر است؟ جرم خودرو را ۱۵۰۰kg فرض کنید.

۲۱. یک خودروی باری با طناب افقی محکمی، یک خودروی سواری به جرم ۱۵۰۰kg را می‌کشد. نیروی اصطکاک و مقاومت هوا در مقابل حرکت خودروی سواری ۲۲۰N و ۳۸۰N است.



الف) اگر سرعت خودرو ثابت باشد نیروی کشش طناب چقدراست؟

ب) اگر خودرو با شتاب ثابت ۲ m/s^2 به طرف راست کشیده شود، نیروی کشش طناب چقدر است؟



۲۲. کتابی را مانند شکل با نیروی عمودی F به دیوار قائمی فشرده و ثابت نگه داشته‌ایم.

الف) نیروهای وارد بر کتاب را رسم کنید.

ب) اگر جرم کتاب ۲۵kg باشد، اندازهٔ نیروی اصطکاک را به دست آورید.

پ) اگر کتاب را بیشتر به دیوار بفشاریم، آیا نیروی اصطکاک تغییر می‌کند؟ با این کار چه نیروهایی افزایش می‌یابد؟

---

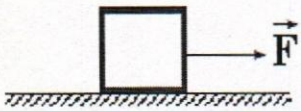
۲۳. با طنابی که می‌توان از جرم آن چشم پوشید، جسمی به جرم ۵kg را با شتاب $۶m/s^2$ در راستای قائم به طرف بالا می‌کشیم. نیروی کشش طناب چند نیوتن می‌شود؟ ($g=۱۰N/kg$)

۱) ۳۰ ۲) ۲۵ ۳) ۵۶ ۴) ۸۰

۲۴. شخصی به جرم ۷۰ کیلوگرم درون آسانسوری قرار دارد که با شتاب $۲m/s^2$ به طور تند شونده پایین می‌آید. وزن ظاهری شخص چند نیوتن است؟

۱) ۵۶۰ ۲) ۶۳۰ ۳) ۷۷۰ ۴) ۸۴۰

۲۵. جسمی به جرم ۵kg روی یک سطح افقی به حال سکون قرار دارد. به جسم نیروی افقی F را وارد می‌کنیم. الف) به ازای $F= ۱۵N$ جسم ساکن می‌ماند. نیروی اصطکاک وارد بر آن چه‌قدر است؟ ب) به ازای $F= ۲۰N$ جسم در آستانه‌ی حرکت قرار می‌گیرد و با ضربه‌ی افقی بسیار کوچکی شروع به حرکت می‌کند و پس از ۸s مسافت ۳۲m را می‌پیماید. ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی را محاسبه کنید.



۲۶. جسمی به وزن ۱۰۰ نیوتن را روی سطح افقی با ضریب اصطکاک ۰/۴ قرار داده و آن را با نیروی افقی ۲۵ نیوتن می‌کشیم. وقتی قادر به تکان دادن آن نیستیم، نیروی اصطکاک بر حسب نیوتن چه خواهد بود؟

۱) ۴ ۲)۲۵ ۳) ۴۰ ۴) نامشخص است.

۲۷. به جرم ۱۲۰۰kg با سرعت ۷۲km/h روی جاده‌ای افقی و مستقیم در حرکت است. در یک لحظه راننده ترمز می‌گیرد و اتومبیل پس از پیمودن مسافت ۱۲۵m میایستد.

الف) شتاب حرکت اتومبیل پس از ترمز

ب) نیروی اصطکاک جنبشی وارد بر اتومبیل را محاسبه کنید.

۲۸. جسمی به وزن ۵۰ نیوتن روی یک سطح افقی با ضریب اصطکاک ۰/۲ قرار دارد. اگر بر جسم نیروی افقی ۲۰ نیوتن اثر کند، شتاب این جسم چند متر بر ثانیه خواهد بود؟($g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$)

۲۹. اتومبیلی به جرم ۹۰۰kg در جاده‌ای افقی و مستقیم شروع به حرکت می‌کند و پس از ۸s به سرعت ۱۲m/s می‌رسد. الف) برایند نیروهای وارد ب اتومبیل ب) نیروی رو به جلو که به اتومبیل وارد می‌شود را در صورتی که نیروی اصطکاک جنبشی در مقابل حرکت اتومبیل ۴۵۰N باشد، محاسبه کنید.

۳۰. اتومبیلی در مسیرِ افقی با سرعتِ $۵۴\frac{km}{h}$ در حرکت است. راننده ترمز می‌کند. اگر ضریب اصطکاک بینِ جادّه و لاستیک۰/۲باشد، اتومبیل تقریباً پس از طیِ چند-متر متوقّف می‌شود؟($g = 10\frac{m}{s^2}$).

۱)۵۶ ۲)۶۲ ۳)۱۱۲ ۴)جرمِ اتومبیل باید معیّن باشد.

۳۱. جسمی را با سرعت افقی ۱۰m/s روی سطح افقی پرتاب می‌کنیم. ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح برابر ۰/۲ است. الف) جسم پس از پیمودن چه مسافتی می‌ایستد؟ ب) اگر جسم دیگری که جرم و سرعت آن به ترتیب دو برابر جرم و سرعت جسم اول است، روی همان سطح پرتاب شود، شتاب و مسافت پیموده شده آن چند برابر می‌شود؟

۳۲. جسمی به جرم M با سرعت اولیه‌ی V_o روی سطح افقی به حرکت درمی‌آید و پس از طی مسافتی در اثر نیروی اصطکاک متوقف می‌شود. اگر جرم جسم نصف شود و با همان سرعت روی همان سطح به حرکت درآید، مسافتی که طی می‌کند،

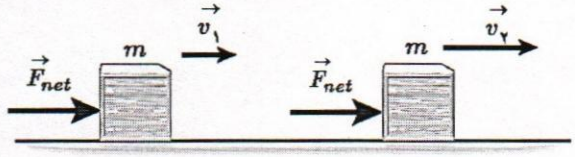
۱) نصف می‌شود. ۲) دو برابر می‌شود. ۳) تغییر نمی‌کند. ۴) چهار برابر می‌شود.

۳۳. مکعبی به جرم ۰/۲kg را روی سطح افقی که ضریب اصطکاک آن با جسم ۰/۴ است با سرعت ۶ m/s به حرکت در می‌آوریم. پس از طی مسافت چند متر سرعت جسم به ۴m/s می‌رسد؟ (g =۱۰N/kg)

۱) ۲/۵ ۲) ۱۲/۵ ۳) ۴ ۴) ۱۰

۲-۳ تکانه و قانون دوم نیوتون

قانون دوم نیوتون را می‌توان به صورت دیگری نیز نوشت که در بسیاری از موارد مناسب تر است. فرض کنید سرعت جسمی به جرم m تحت تأثیر نیروی خالص ثابت F_{net} در بازهٔ زمانی Δt از V_1 به V_2 برسد. در این صورت قانون دوم نیوتون به صورت $\vec{F}_{net} = m\vec{a} = m\frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$ درمی آید.



با فرض ثابت بودن جرم جسم (m) می توانیم جرم را در کنار سرعت (V) قرار دهیم $\vec{F}_{net} = \frac{\Delta(m\vec{V})}{\Delta t}$.

❖ **تکانه (اندازه حرکت):** حاصلِ ضربِ جرمِ جسم در سرعتِ آن، تکانه نام دارد و آن را با $\vec{p}$ نشان می‌دهیم، که کمّیتی برداری است. یکایِ تکانه در SI ، $N.s$ یا $\frac{kg.m}{s}$ است.

$$\vec{p} = m\vec{V}$$

قانون دوم نیوتون برحسب تکانه برای نیروی ثابت به صورت روبرو است: $\vec{F}_{net} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$

یعنی نیروی خالص وارد بر جسم برابر با تغییر تکانهٔ جسم تقسیم بر زمان تغییر آن است. همچنین از این رابطه نتیجه می‌گیریم که تغییر تکانه برابر با حاصل ضرب نیرو در مدت زمان تأثیر آن است. $\Delta \vec{P} = \vec{F}_{net}\Delta t$

تمرین۳۰. انرژی جنبشی(k) جسمی به جرم m را بر حسب اندازه‌ی تکانه (P) بنویسید.

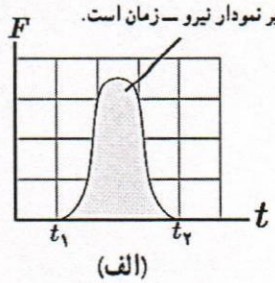
تمرین۳۱. گلوله ای به جرم ۱۰g با سرعت $\vec{V} = 5\vec{i}(\frac{m}{s})$ در حال حرکت است. الف) تکانهٔ گلوله را تعیین کنید. ب) انرژی جنبشی گلوله را به دست آورید.

برای بازهٔ زمانی بزرگ به جای نیروی خالص باید نیروی خالص متوسط در فاصلهٔ زمانی مورد نظر را به کار برد. یعنی: $\vec{F}_{av} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$

تغییر تکانهٔ یک جسم را می‌توان از سطح زیر نمودار نیرو زمان نیز به دست آورد. $\Delta \vec{P} = \vec{F}_{av}\Delta t$

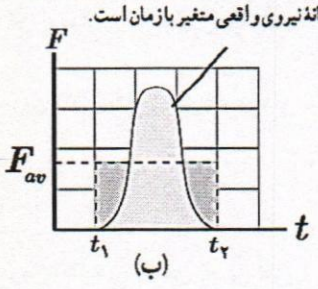
مقدار نیروی F_{av} ضربدر Δt (برابر با مساحت مستطیل) برابر با مساحت سطح زیر منحنی شکل الف است.

تغییر تکانه برابر با مساحت سطح زیر نمودار نیرو ــ زمان است.



(الف)

تغییر تکانهٔ ناشی از نیروی متوسط برابر با تغییر تکانهٔ نیروی واقعی متغیر با زمان است.



(ب)

تمرین۳۲. شکل روبه رو صحنه ای از یک آزمون تصادف را نشان می‌دهد که در آن خودرویی به جرم ۱۲۰۰kg به دیواری برخورد کرده و سپس برمی‌گردد. اگر تندی اولیه و نهایی خودرو به ترتیب ۵۴km/h و ۹km/h باشد و تصادف ۰/۱۵s طول بکشد،

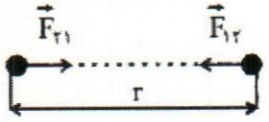
الف) تغییر تکانهٔ خودرو را پیدا کنید.

ب) اندازه و جهت نیروی متوسط وارد بر خودرو را تعیین کنید.

۲-۴ نیروی گرانشی

نیروی گرانشی میان دو ذره با حاصل ضرب جرم دو ذره نسبت مستقیم و با مربع فاصلهٔ آنها ازیکدیگر نسبت وارون دارد.

(نیروی گرانشی بین دو ذره) $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$



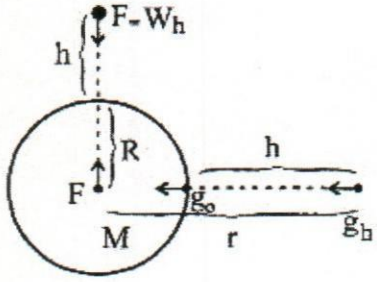
$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2} \quad \text{یا} \quad F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

که در آن : m_1 : جرم جسم ۱ m_2 : جرم جسم ۲ r : فاصله بین دو جسم F : نیرو G : ثابت جهانی گرانش

❖ G ثابت جهانی گرانش است که مقدار آن $G = 6/67\times10^{-11}\frac{N\cdot m^2}{kg^2}$ است که مقداری بسیار کوچک می‌باشد. بنابراین نیروی گرانشی میان جسم‌های با جرم‌های کوچک قابل ملاحظه نیست.

❖ دو جرم همواره یکدیگر را می‌ربایند. به عبارت دیگر نیروی گرانشی از نوع رانشی(دافعه) نیست.

نیروی وزن و شتاب گرانش: نیروی گرانشی که از طرف یک سیاره مانند زمین یا ماه بر یک جسم وارد می‌شود، در واقع همان وزن جسم (W) است، بنابراین: (mجرم جسم و M جرم سیاره است.)



$$\begin{cases} F = W = mg \\ F = G\frac{mM}{r^2} \end{cases} \Rightarrow mg = G\frac{mM}{r^2} \Rightarrow g = G\frac{M}{r^2}$$

r فاصله‌ی جسم از مرکز سیاره است یعنی اگر R شعاع سیاره و h ارتفاع از سطح سیاره باشد، داریم:
r=R+h

❖ اگر شتاب گرانش را در نزدیک سطح زمین با g_o و در ارتفاع h از سطح زمین با g_h نشان دهیم، می‌توان نوشت:

$$\left.\begin{array}{l} g = G\frac{M}{r^2} \\ r_1 = R \\ r_2 = R+h \end{array}\right\} \quad \frac{g_2}{g_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{g_h}{g_o} = \left(\frac{R}{R+h}\right)^2$$

❖ چون جرم جسم ثابت است (W=mg) نسبت شتابهای گرانش برابر نسبت وزن جسم در دو محل است. (W_h وزن جسم در ارتفاع h)

$$\frac{W_h}{W_o} = \left(\frac{R}{R+h}\right)^2$$

❖ مقدار g در قطبین برابراست با ۹/۸۳ N/kg و در سطح استوا ۹/۷۸ N/kg می‌باشد و در مرکز زمین تقریباً برابر صفر است.

تمرین۳۳. مقدار g به چه عواملی بستگی دارد؟

تمرین۳۴. جرم کره‌ی زمین تقریبا ۸۰ برابر کره‌ی ماه و شتاب گرانش در سطح زمین تقریبا ۶ برابر شتاب گرانش در سطح ماه است. شعاع زمین تقریبا چند برابر شعاع ماه است؟

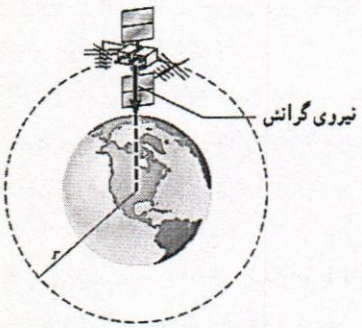
تمرین۳۵. در چه ارتفاعی از سطح زمین شتاب گرانش $\frac{۱}{۱۶}$ مقدار آن در سطح زمین خواهد شد؟

تمرین۳۶. جرم زمین و ماه به ترتیب حدود $۶\times۱۰^{۲۴}\ kg$ و $۷\times۱۰^{۲۲}\ kg$ و فاصلهٔ متوسط آنها از یکدیگر حدود $۴\times۱۰^{۸}\ m$ است. نیروی گرانشی را که زمین و ماه به یکدیگر وارد می‌کنند پیدا کنید $G = ۷\times۱۰^{-۱۱}\frac{N\cdot m^۲}{kg^۲}$.

تمرین۳۷. دو کرهٔ همگن به جرم های $۱۰۰۰\ kg$ و $۵۰۰۰kg$ را در نظر بگیرید که فاصلهٔ مرکز آنها از یکدیگر $۱m$ است. نیروی گرانشی را که این دو کره بر یکدیگر وارد می‌کنند محاسبه کنید. $G = ۷\times۱۰^{-۱۱}\frac{N\cdot m^۲}{kg^۲}$

تمرین۳۸. ماهواره‌ها در اثر نیروی گرانشی بین زمین و ماهواره، روی مدار تقریباً دایره ای به دور زمین می‌چرخند. اگر جرم ماهواره $۲۰۰kg$ و فاصلهٔ آن از سطح زمین $۲۶۰۰km$ باشد: ($M_e=۶\times۱۰^{۲۴}\ kg$ ، $R_e=۶۴۰۰km$ و $G=۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}\ Nm^۲/kg^۲$)

الف) نیروی گرانشی بین ماهواره و زمین چقدر است؟



ب) نمودار نیروی گرانشی وارد بریک ماهواره را بر حسب فاصلهٔ آن از مرکز زمین رسم کنید.

تمرین۳۹. ماهواره‌ای مخابراتی در ارتفاع ۳۵۶۰۰ کیلومتری سطح زمین به دور زمین می‌چرخد. شتاب گرانشی در این ارتفاع چقدر است؟ ($M_e=۶\times۱۰^{۲۴}\ kg$ ، $R_e=۶۴۰۰km$)

تمرین۴۰. نشان دهید شتاب گرانشی روی زمین برابر است با: $g = G\frac{M_e}{R_e^2}$

تمرین۴۱. تلسکوپ فضایی هابل در ارتفاع تقریبی ۶۰۰ کیلومتری از سطح زمین به دور زمین می چرخد.

الف) شتاب گرانشی در این فاصله چقدر است؟

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

تکلیف بخش سوم (تکانه و قانون دوم نیوتن)

۳۴. در جای خالی کلمات مناسب بگذارید.

A. حاصل ضرب جرم جسم در سرعت آن ..... جسم نامیده می شود.

B. تکانه کمیتی ..... است. جهت تکانه همان جهت ..... است.

C. ..... وارد بر جسم برابر با تغییر تکانهٔ جسم تقسیم بر زمان تغییر آن است.

D. ..... برابر با حاصل ضرب نیرو در مدت زمان تأثیر آن است.

E. تغییر تکانه برابر با مساحت سطح زیر نمودار..... است.

F. تغییر تکانهٔ ناشی از..... برابر با تغییر تکانهٔ نیروی واقعی متغیر با زمان است.

G. منشأ نیرویی که سبب چرخش ماه به دور زمین می شود ..... است.

H. براساس قانون‌های نیوتون باید نیروی خالصی بر ماه وارد شود. اگر چنین نبود، ماه به جای مدار تقریباً دایره‌ای به گرد زمین، باید روی خط راست حرکت می‌کرد.

I. اگر بر ماه نیرویی وارد نشود ماه باید به طور مستقیم حرکت کند نه به صورت دایره‌ای

J. نیروی گرانشی میان دو ذره با حاصل ضرب جرم دو ذره نسبت ..... و با مربع فاصلهٔ آنها ازیکدیگر نسبت ..... دارد.

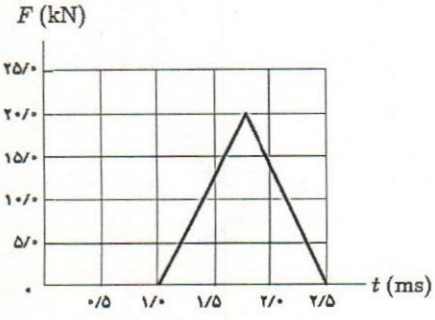
K. نیروی گرانشی بین دو ذره ..... است و در امتداد ..... دو ذره وارد می شود.

۳۵. توپی به جرم ۲۸۰g با تندی ۱۵m/s به طور افقی به بازیکنی نزدیک می‌شود. بازیکن با مشت به توپ ضربه می‌زند و باعث می‌شود توپ با تندی ۲۲m/s در جهت مخالف برگردد.

الف) اندازهٔ تغییر تکانهٔ توپ را محاسبه کنید.

ب) اگر مشت بازیکن ۰/۰۶۰۰ با توپ در تماس باشد، اندازهٔ نیروی متوسط وارد بر مشت بازیکن از طرف توپ را به دست آورید.

۳۶. شکل زیر، منحنی نیروی خالص برحسب زمان را برای توپ بیسبالی که با چوب بیسبال به آن ضربه زده شده است، نشان می‌دهد. تغییر تکانهٔ توپ و نیروی خالص متوسط وارد بر آن را به دست آورید.



۲-۴ نیروی گرانشی

۳۷. دو جسم در فاصلهٔ ۲۰m از هم، یکدیگر را با نیروی گرانشی کوچک $۱\times۱۰^{-۸}\ N$ ، جذب می‌کنند. اگر جرم یکی از اجسام ۵۰kg باشد، جرم جسم دیگر چقدر است؟

۳۸. ماهواره‌ای به جرم ۶۰۰kg در مداری دایره‌ای به ارتفاع ۲۸۰۰km کیلومتر از سطح زمین، به دور آن می‌چرخد. ($M_e= ۵/۹۸\times۱۰^{۲۴}\ kg$ ، $R_e=۶۴۰۰km$ و $G=۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}\ Nm^۲/kg^۲$)

الف) نیروی گرانشی وارد بر ماهواره

ب) شتاب ماهواره

پ) تندی ماهواره

۳۹. الف) در چه ارتفاعی از سطح زمین، وزن یک شخص به نصف مقدار خود در سطح زمین می‌رسد؟

ب) اگر جرم ماهواره‌ای ۲۵۰kg باشد، وزن آن در ارتفاع ۳۶۰۰۰ کیلومتری از سطح زمین چقدر خواهد شد؟

$M_{ماه}= ۷/۳۶\times۱۰^{۲۲}\ kg$ و $M_{خورشید}= ۱/۹۹\times۱۰^{۳۰}\ kg$ ، فاصله زمین تا خورشید، $= ۱۴۹/۶\times۱۰^{۶}\ km$ فاصله زمین تا ماه $= ۳/۸۴\times۱۰^{۵}\ km$

۴۰. الف) شتاب گرانشی ناشی از خورشید در سطح زمین چقدراست؟

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

۴۱. الف) سفینه ای به جرم $۳/۰۰\times۱۰^{۴}kg$ در وسط فاصلهٔ بین زمین و ماه قرار دارد. نیروی گرانشی خالصی را که از طرف زمین و ماه به این سفینه در این مکان وارد می‌شود به دست آورید (از داده های مسئله‌های قبل استفاده کنید).

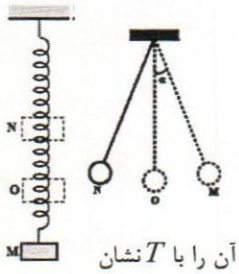
ب) در چه فاصله‌ای از زمین، نیروی گرانشی ماه و زمین برسفینه، یکدیگر را خنثی می‌کنند؟

فصل سوم: نوسان وموج

۳-۱ و ۳-۲ نوسان دوره‌ای و حرکت هماهنگ ساده

نوسانِ دوره‌ای: حرکتی است که متحرّک، پس از طیِ زمانِ معیّنی، به وضعیّتِ اوّلیه برگشته و حرکتِ خود را از نو، آغاز می‌کند. مانندِ حرکتِ منظّمِ قلب، حرکتِ تاب، حرکتِ زمین به دورِ خورشید و ...

حرکتِ هماهنگِ ساده: به نوسان‌های سینوسی، حرکت هماهنگ ساده (SHM) گفته می‌شود. در این حرکت، متحرّک، رویِ یک پاره خط، حولِ نقطه‌ی تعادلی واقع در وسطِ پاره خط، حرکتِ رفت و برگشت، انجام می‌دهد. دو نمونه از حرکتِ هماهنگِ ساده، عبارت از: (در هر دو حالتِ فوق، از اصطکاک، صرفِ نظر می‌کنیم).



۱)حرکتِ آونگ، وقتی که، زاویه‌ی α خیلی کوچک باشد، به طوری که $\sin\alpha \cong tg\alpha \cong \alpha$.

۲)حرکتِ نوسانیِ وزنه‌ی متّصل به فنر.

- ❖ دستگاهی را که دارایِ حرکتِ هماهنگِ ساده است، نوسان‌گرِ هماهنگِ ساده می‌نامیم.
- ❖ حرکت هماهنگ ساده، مبنایی برای درک هر نوع نوسان دوره ای دیگر است زیرا هر نوسان دوره‌ای را می‌توان مجموعی از نوسان‌های سینوسی در نظر گرفت.

دوره تناوب: در حرکتِ هماهنگِ ساده، مدّت زمانی که جسم، یک بار رفت و برگشت را انجام می‌دهد، دوره‌ی حرکت نامیده و آن را با T نشان می‌دهیم و واحدِ آن، ثانیه است.

بسامد: درحرکتِ هماهنگِ ساده، تعدادِ رفت و برگشت‌ها، در مدّتِ ۱ ثانیه، بسامدِ حرکت است. (توجّه کنید که در حرکتِ دایره‌ای، بسامد، تعداد دورهایِ کامل در ۱ثانیه بود). بسامد را با f نشان می‌دهیم و واحدِ آن هرتز است. داریم: $T = \frac{1}{f}$ یا $f = \frac{1}{T}$

- ❖ تعداد نوسانات در مدت زمان t ثانیه (N) برابر است با $N = ft = \frac{t}{T}$

دامنه‌ی نوسان: درحرکتِ هماهنگِ ساده، بیشترین فاصله‌ی نوسان‌گر از نقطه‌ی تعادل را دامنه‌ی حرکت نامیده و آن را با A نشان می‌دهیم و واحدِ آن متر می‌باشد. در شکلِ بالا، فاصله‌یONیا OM، برابرِ دامنه(A) است.

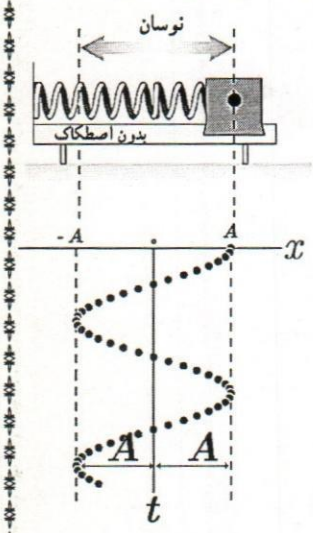
- ❖ هنگامی که جسم، نوسان می‌کند، در هر نوسانِ کامل، دو بار مسیرِ نوسان، طی می‌شود. این نوسانِ کامل، شاملِ۴ بار، طیِ دامنه است. پس تعدادِ نوسان‌هایِ کامل(N)،عبارت از: $N = \frac{\text{تعداد دفعات طیِ مسیر}}{۲} = \frac{\text{تعداد دفعات طیِ دامنه}}{۴}$

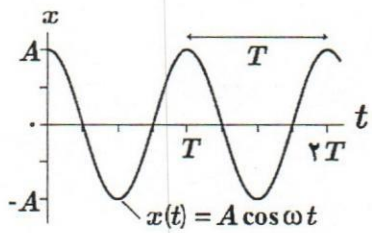
- ❖ در حرکت هماهنگ ساده نمودار مکان زمان، نموداری سینوسی است. یعنی مکان (یا جابه جایی نسبت به نقطهٔ تعادل) را می توان به صورت تابعی سینوسی یا کسینوسی از زمانِ t نوشت.

(معادلهٔ مکان زمان در حرکت هماهنگ ساده) $x(t)=A\cos\omega t$

در این رابطه ω بسامد زاویه ای نوسانگر نامیده می شود و برابر است با:

(بسامد زاویه ای) $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ یکای بسامد زاویه ای درSI ، rad/s است.





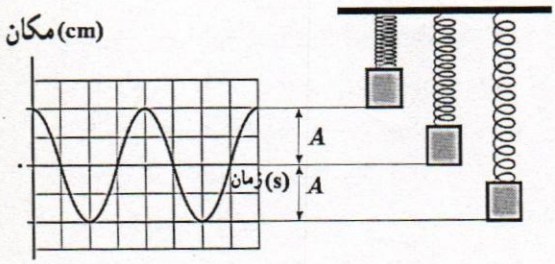
- ❖ وقتی نوسانگر در x=±A است، سرعت آن برابر با صفر است به این نقطه‌ها اصطلاحاً نقطه‌های بازگشتِ حرکت می‌گویند. وقتی x=o است (یعنی نوسانگر از نقطهٔ تعادل می‌گذرد) اندازهٔ سرعت بیشینه است.

دورهٔ تناوب T ، بسامد fو بسامد زاویه‌ای ω برای هر سامانهٔ جرم فنر، برابر است با: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ ، $f = \frac{۱}{۲\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$ و $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

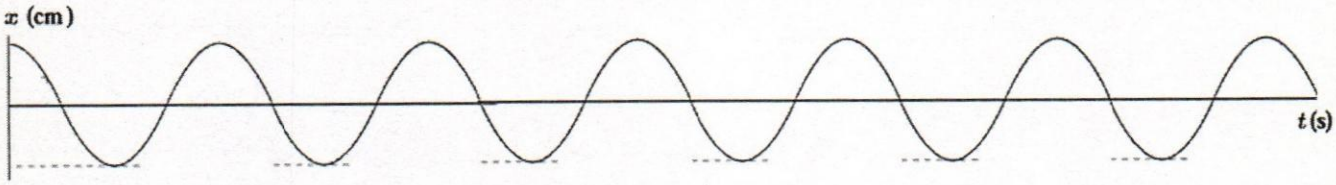
- ❖ دورهٔ تناوب سامانهٔ جرم فنر با یک فنر معیّن ولی وزنه های متفاوت، با جذر جرم وزنه به طور مستقیم متناسب است
- ❖ دورهٔ تناوب سامانهٔ جرم فنر با یک وزنهٔ معیّن ولی فنر های متفاوت، با جذر ثابت فنر به طور وارون متناسب است.

تمرین۱. سرعتِ زاویه‌ای، دوره و بسامد به ویژگی‌هایِ فیزیکیِ نوسان‌گر، یعنی به جرمِ وزنه و نوعِ فنر بستگی دارد و از دامنه حرکت، مستقل است.در یک حرکت دوره‌ای در مدت ۲دقیقه ۲۴۰ نوسان کامل یا چرخه طی شده است. بسامد و دور تناوب را به دست آورید.

تمرین۲. جرمی متصل به یک فنر با بسامد ۰/۲Hz و دامنهٔ ۳cm به طور هماهنگ در امتداد قائم نوسان می‌کند. الف) معادله‌ی مکان زمان این نوسانگر را بنویسید. ب) پس ازگذشت زمان‌های، $\frac{5}{6}$ s و ۱۰ s از رها شدن جرم از بالای نقطهٔ تعادل، جابه‌جایی این جرم نسبت به نقطهٔ تعادل چقدر است؟ (مثال۳-۱)



تمرین۳. ذره‌ای در حال نوسان هماهنگ ساده با دوره تناوب T است. با فرض اینکه در t=۰s ذره در x=A باشد، تعیین کنید در هریک از لحظات t=۲Ts، t=۳/۵Ts و t=۵/۲۵Ts آیا ذره در x=+A ، x=-A و یا در x=۰ خواهد بود؟ (تمرین ۳-۱)



تمرین۴. در حرکت هماهنگ ساده، مکان x(t) باید پس از گذشت یک دورهٔ تناوب برابر مقدار اولیه‌اش شود. یعنی اگر x(t) مکان در زمان دلخواه t باشد، آن گاه نوسانگر باید در زمان t+T دوباره به همان مکان بازگردد و بنابراین $Acos\omega t=Acos\omega(t+T)$ بر این اساس نشان دهید $\omega = \frac{2\pi}{T}$ (تمرین ۳-۲)

تمرین۵. قطعه‌ای به جرم ۶۵۰g به فنری با ثابت فنر k=۶۵N/m بسته شده است. قطعه را به اندازهٔ ۵ cm از مکان تعادل خود روی یک سطح افقی بدون اصطکاک می‌کشیم و از حالت سکون رها می‌کنیم. الف) دورهٔ تناوب، و بسامد زاویه‌ای نوسان چقدر می‌شود؟ و پ) معادله‌ی مکان-زمان را بنویسید. (مثال ۳-۲)

تمرینهای بخش اول، نوسان دوره ای و حرکت هماهنگ ساده

تمرین۶. در جای خالی کلمات مناسب بگذارید

A. ضربان قلب انسان، تاب خوردن، بالا و پایین رفتن سرنشینان کشتی، زمین لرزه، نمونه‌هایی از ..... هستند.

B. ..... و ..... نوسان‌ها در سامانه‌های مختلف دو هدف اصلی فیزیک‌دان‌ها و مهندسان است.

C. ..... می‌توانند دوره‌ای یا غیر دوره‌ای باشند.

D. نوسان‌هایی را که هر ..... آن در دورهای دیگر تکرار شود نوسان‌های دوره‌ای می‌نامند.

E. مدت زمان یک چرخه، ..... حرکت نامیده می شود وتعداد نوسان‌های انجام شده (تعداد چرخه) در هر ثانیه ..... نامیده می‌شود. یکای بسامد در SI، ..... است.

F. به نوسان‌های سینوسی، .... گفته می‌شود.

G. هر ..... را می‌توان مجموعی از نوسان‌های سینوسی در نظر گرفت.

H. .... یک نمونهٔ از حرکت هماهنگ ساده است.

I. در حرکت هماهنگ ساده، ..... ، بیشینهٔ فاصلهٔ جسم از نقطهٔ تعادل است.

J. در حرکت هماهنگ ساده نمودار ..... ، نموداری سینوسی است.

K. که وقتی نوسانگر در $x = \pm A$ است، سرعت آن برابر با ..... است. به این نقطه‌ها نقطه‌های .... می‌گویند.

L. وقتی نوسانگر از نقطهٔ تعادل می‌گذرد یا $x=0$ است، اندازهٔ سرعت ..... است.

M. آزمایش با جرم و فنر نشان می‌دهد که افزایش جرم m در سامانهٔ جرم فنر (با فنر یکسان) به ..... دوره تناوب T می‌انجامد.

N. با افزایش ثابت فنر دوره تناوب نوسان‌ها ..... می‌شود.

تمرین۷. یک وزنهٔ ۲۰N را از انتهای یک فنر قائم می آویزیم، فنر ۲۰ cm کشیده می شود. سپس این فنر را در حالی که به یک وزنهٔ ۵N متصل است روی میز بدون اصطکاکی به نوسان درمی آوریم. دورهٔ تناوب این نوسان چقدر است؟ (۱کتاب)

تمرین۸. هرگاه جسمی به جرم m به فنری متصل شود و به نوسان درآید، با دورهٔ تناوب ۲s نوسان می کند .اگر جرم این جسم ۲kg افزایش یابد، دورهٔ تناوب ۳s می شود .مقدار m چقدر است؟(۲کتاب)

تمرین۹. جرم خودرویی همراه با سرنشینان آن ۱۶۰۰kg است .این خودرو روی چهار فنر با ثابت $۲\times۱۰^{۴}N/m$ سوار شده است. دورهٔ تناوب، بسامد، و بسامد زاویه ای ارتعاش خودرو وقتی ازچاله ای می‌گذرد چقدر است؟ فرض کنید وزن خودرو به طوریکنواخت روی فنرهای چهارچرخ توزیع شده است. (۳کتاب)

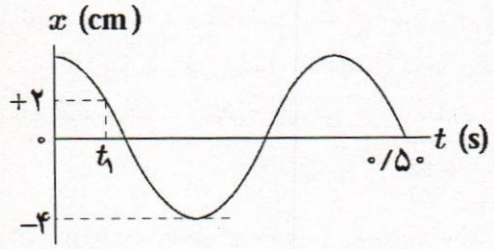
تمرین۱۰. دامنهٔ نوسان یک حرکت هماهنگ ساده $۳\times۱۰^{-۲}m$ و بسامد آن ۵Hz هرتز است. معادلهٔ حرکت این نوسانگر را بنویسید و نمودار مکان زمان آن را در یک دوره رسم کنید. (۴کتاب)

تمرین۱۱. نمودار مکان زمان نوسانگری مطابق شکل روبرو است:

الف) معادلهٔ حرکت این نوسانگر را بنویسید.

ب) مقدار t_1 را به دست آورید.

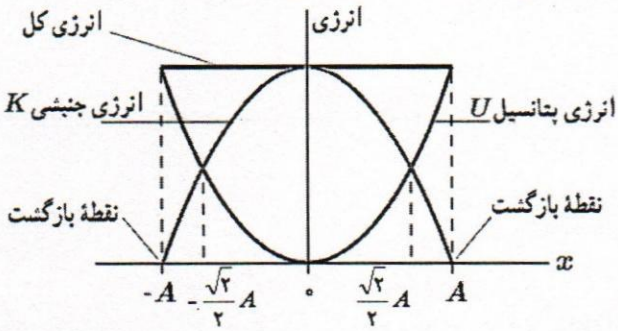
پ) اندازه شتاب نوسانگر را در لحظهٔ t_1محاسبه کنید. (۵کتاب)



۳- ۳ انرژی در حرکت هماهنگ ساده

در سامانهٔ جرم فنر انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره می‌شود، به طوری که با افزایش جابه جایی از نقطهٔ تعادل (جایی که فنر نه فشرده و نه کشیده شده است) این انرژی پتانسیل افزایش می یابد. بنابراین انرژی پتانسیل سامانهٔ جرم فنر در نقاط بازگشتی ($x = \pm A$) بیشینه و در نقطهٔ تعادل ($x=0$) برابر صفر است.

انرژی جنبشی این سامانه نیز به جرم قطعهٔ متصل به فنر و تندی آن بستگی دارد.



طبق رابطه‌ی پایستگی انرژی مکانیکی، مجموعِ انرژیِ جنبشی و پتانسیلِ سامانهِ جرم-فنر در تمامِ نقاطِ مسیرِ حرکت ثابت است. در نقطه‌ی تعادل($x=0$) ، انرژیِ جنبشی بیشینه و انرژیِ پتانسیل صفر است و در ابتدا و انتهایِ مسیر ($x=\pm A$)، انرژیِ جنبشی صفر و انرژیِ پتانسیل بیشینه است. در بقیه‌ی نقاط، قسمتی از انرژیِ سیستم جنبشی و قسمتی پتانسیل است. هرچه فاصله (x) بیشتر، انرژی پتانسیل بیشتر و هرچه سرعت بیشتر، انرژی جنبشی بیشتر است. **در دامنه‌ی $\pm\frac{\sqrt{2}}{2}A$ مقدار انرژی جنبشی و پتانسیل با هم برابر است.**

انرژی مکانیکی سامانهٔ جرم فنر در حرکت هماهنگ ساده از رابطهٔ $E = \frac{1}{2}kA^2$ به دست می آید. که در آن k ثابت فنر و A دامنهٔ نوسان است.

انرژی کل یک نوسانگر هارمونیک ساده با مجذور بسامد، مجذور دامنه و جرم نوسانگر رابطه‌ی مستقیم دارد.

$$E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2 = 2\pi^2mA^2f^2$$

ازرابطه‌ی بالا، در می‌یابیم، انرژی‌ی که به وسیله‌ی موج **مکانیکی**، منتقل می‌شود، با مجذورِ بسامد و مجذورِ دامنه‌ی موج نسبتِ مستقیم دارد:

$$\frac{E_2}{E_1} = (\frac{f_2}{f_1})^2 \times (\frac{A_2}{A_1})^2$$

تمرین۱۲. در طولِ طنابی، یک بار با دامنه‌ی A و دوره‌ی Tو بارِ دیگر با دامنه‌ی $\frac{A}{2}$ و دوره‌ی $2T$،موجِ سینوسی ایجاد می‌کنیم. انرژیِ مکانیکیِ ذرّه‌ی Mاز این طناب در حالتِ دوّم چند برابرِ حالتِ اوّل است؟

تمرین۱۳. الف) نشان دهید تندی بیشینه در حرکت هماهنگ ساده برابر است با $A\omega$ ب) تندی نوسانگر هماهنگ ساده‌ای که با دامنهٔ ۱۰cm و دوره‌ی ۰/۵s نوسان می کند هنگام عبور از نقطهٔ تعادل چقدر است؟ (مثال۳-۳)

آونگ ساده: آونگ ساده شامل وزنهٔ کوچکی به جرم m است که از نخ بدون جرم و کش نیامدنی به طول L که سر دیگر آن ثابت شده، آویزان است. اگر زاویهٔ انحراف آونگ از وضع تعادل کوچک باشد، آونگ حرکت هماهنگ ساده خواهد داشت. دورهٔ تناوب آونگ ساده فقط به شتاب گرانشی(g) وطول آونگ (L) بستگی دارد، و از رابطهٔ زیر به دست می آید:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \qquad \Rightarrow \quad \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}\times\frac{g_1}{g_2}} \ , \ \omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

❖ با توجه به رابطه‌ی دوره تناوب آونگ: دورهٔ تناوب آونگ ساده به جرم و دامنهٔ آن بستگی ندارد.

❖ اگر اندازه‌گیری در محلّی به غیر از زمین باشد، به جایِ g شتابِ جاذبه در آن محل را قرار می‌دهیم. مثلا اگر اندازه‌گیری در آسانسور باشد، به جایِ g ، g' یعنی نتیجه‌ی شتاب خود آسانسور و شتاب زمین ($g' = g \pm a$) را قرار می‌دهیم.

تمرین۱۴. ژئوفیزیک‌دانی با استفاده از یک آونگ ساده به طول ۰/۱۷۱m که ۷۲ نوسان کامل را در ۶۰s انجام می‌دهد، شتاب g زمین را در مکانی خاص تعیین می‌کند. وی مقدار g را در این مکان چقدر به دست می‌آورد؟ (مثال ۳-۴)

تمرین۱۵. دوره و بسامد یگ آونگ ساده به طول ۸/۱cm درحرکت نوسانی کم دامنه چقدراست؟

تمرین۱۶. طول یک آونگ ساده کم دامنه چه اندازه باشد تا در هر دقیقه ۶۰ نوسان انجام دهد؟ ($g=10m/s^2$ و $\pi^2=10$)

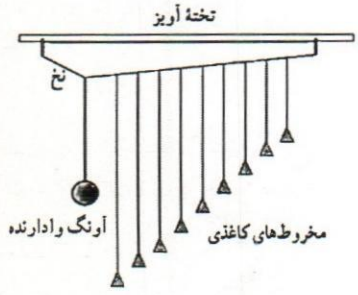
۳-۴ تشدید

نوسانگر (مثلاً جرم فنر یا آونگ ساده) با انحراف از وضع تعادل با بسامدی معیّن شروع به نوسان می‌گند. به بسامد این نوسان ها بسامد طبیعی گفته می‌شود.

❖ بسامد طبیعی آونگ ساده $f_o = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}$ و بسامد طبیعی سامانهٔ جرم فنر $f_o = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$

این نوسانگر ها می‌توانند با اعمال یک نیروی خارجی، با بسامدهای دیگری نیز به نوسان درآیند. به چنین نوسانی، **نوسان واداشته** گفته می‌شود و بسامد این نوسان را با f_d نمایش می‌دهند. اگر در نوسانگری نوسان‌های واداشته با بسامد طبیعی نوسانگر برابرشود (یعنی $f_d=f_o$)، در چنین وضعیتی اصطلاحاً گفته می‌شود که برای نوسانگر تشدید (رزونانس) رخ داده است. در این حالت دامنه‌ی نوسان افزایش می‌یابد.

تمرین۱۷. یک آونگ با وزنهٔ سنگین و تعدادی آونگ سبک با طول های متفاوت را مطابق شکل سوار کنید. (آونگ های بارتون) آونگ وادارنده را به نوسان درآورید و آنچه را مشاهده می کنید توضیح دهید.(فعالیت ۳-۳)



تمرین۱۸. طول تعدادی آونگ ساده که از میله‌ای افقی آویزان‌اند، عبارت‌اند از، ۰/۴m ، ۰/۸m، ۱/۲m، ۲/۸m و ۳/۵m. فرض کنید میله دستخوش نوسان‌هایی افقی با بسامد زاویه‌ای در گسترهٔ ۲rad/s و ۴rad/s بشود. کدام آونگ‌ها با دامنهٔ بزرگ تری به نوسان در می‌آیند؟ (توجه کنید گرچه تشدید در بسامد مشخصی رخ می‌دهد، اما دامنهٔ نوسان در نزدیک این بسامد همچنان بزرگ است.) (تمرین ۳-۳)

تمرین۱۹. در پی زمین لرزهٔ عظیمی (به بزرگی ۸/۱ در مقیاس ریشتر) که در ساحل غربی مکزیک در سال ۱۹۸۵ اتفاق افتاد ساختمان‌های نیمه بلند فرو ریختند، ولی ساختمان‌های کوتاه‌تر و بلندتر پابرجا ماندند. علت این پدیده را توضیح دهید. (پرسش۳-۲)

تمرین۲۰. الف) نشان دهید شتاب نوسانگر در سامانه جرم- فنر از رابطه‌ی $a= -\omega^2x$ به دست می‌آید. ب) پیستون‌های یک اتومبیل ۴سیلندر در حالت خلاص تقریبا حرکت نوسانی ساده دارند. اگر دامنه‌ی نوسان آنها ۵۰میلیمتر و بسامد آن ۱۰۰هرتز باشد، کمیت‌های زیر را به‌دست آورید: بیشینه‌ی سرعت پیستونها و بیشینه‌ی شتاب نوسان آنها

تمرینهای بخش دوم، انرژی در حرکت هماهنگ ساده و تشدید

تمرین۲۱. در جای خالی کلمات مناسب بگذارید.

A. در سامانهٔ جرم- فنر انرژی پتانسیل کشسانی با افزایش جابه جایی از نقطهٔ تعادل ..... می‌یابد.
B. انرژی پتانسیل سامانهٔ جرم- فنر در نقاط بازگشتی ..... و در نقطهٔ تعادل برابر ..... است.
C. ..... سامانه جرم- فنر به جرم قطعهٔ متصل به فنر و تندی آن بستگی دارد.
D. در ابتدا و انتهایِ مسیر (x=±A)، انرژیِ جنبشی ..... و انرژیِ پتانسیل ..... است.
E. هرچه ..... بیشتر، انرژی پتانسیل سامانهٔ جرم- فنر بیشتر و هرچه ..... بیشتر، انرژی جنبشی بیشتر است.
F. انرژی کل یک نوسانگر هارمونیک ساده با ..... رابطه‌ی مستقیم دارد.
G. اگر دامنه و بسامد یک نوسانگر هارمونیک ساده به ترتیب ۲ و ۳ برابر شود، انرژی کل نوسانگر ..... برابر می‌شود.
H. تندی بیشینه در حرکت هماهنگ ساده برابر است با ..... است.
I. اگر زاویهٔ انحراف آونگ از وضع تعادل کوچک باشد، آونگ حرکت ..... خواهد داشت.
J. دورهٔ تناوب آونگ ساده فقط به ..... و ..... بستگی دارد.
K. اگر جرم وزنه‌ی آونگی چهار برابر شود، دوره تناوب آونگ ..... می‌شود.
L. اگر در نوسانگری نوسان‌های واداشته با بسامد طبیعی نوسانگر برابرشود، برای نوسانگر ..... رخ داده است.
M. در تشدید (رزونانس) دامنه‌ی نوسان ..... می‌یابد.

تمرین۲۲. دامنهٔ نوسان وزنه‌ای که به یک فنر با ثابت فنر ۷۴N/m متصل است و در راستای افقی نوسان می‌کند، برابر با ۸cm است. اگر انرژی پتانسیل این نوسانگر در نقطه‌ای از مسیر نوسان، 8×10^{-2}J باشد، انرژی جنبشی آن در این مکان چقدر است؟ (از نیروهای اتلافی چشم پوشی شود). (۶ کتاب)

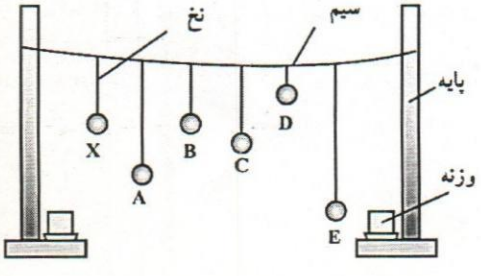
تمرین۲۳. جسمی به جرم ۱kg به فنری افقی با ثابت۶N/cm متصل است. فنر به اندازهٔ ۹cm فشرده و سپس رها می‌شود و جسم روی سطح افقی شروع به نوسان می‌کند. با چشم پوشی از اصطکاک الف) دامنهٔ نوسان و تندی بیشینهٔ جسم چقدر است؟ ب) وقتی تندی جسم ۱/۶m/s است، انرژی پتانسیل کشسانی آن چقدر است؟(۷ کتاب)

تمرین۲۴. معادلهٔ حرکت هماهنگ سادهٔ ی ک نوسانگر درSI به صورت $x=0/05\cos20\pi t$ است. الف) در چه زمانی، پس از لحظهٔ صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به بیشترین مقدار خود می رسد؟ ب) در چه زمانی، پس از لحظهٔ صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به صفر می رسد؟ پ) تندی نوسانگر چقدر باشد تا انرژی جنبشی نوسانگر برابر باانرژی پتانسیل آن شود؟(۸ کتاب)

تمرین۲۵. الف) ساعتی آونگ دار (با آونگ ساده) در تهران تنظیم شده است. اگر این ساعت به منطقه ای در استوا برده شود، عقب می‌افتد یا جلو؟ مقدار این عقب یا جلوافتادن در یک شبانه روز چقدر است؟ ب) به نظر شما آیا با افزایش دما، یک ساعت آونگ دار جلو می‌افتد یا عقب؟(۹ کتاب)
$g_{\text{استوا}}=9/78\text{m/s}^2$ و $g_{\text{تهران}}=9/7800\text{m/s}^2$

تمرین۲۶. هر فرد معمولاً با چرخش اندک بدنش به چپ و راست، راه می‌رود و بدین ترتیب نیروهای کوچکی به زمینِ زیر پایش وارد می‌کند. این نیروها بسامدی در حدود ۰/۵Hz دارند. لرزش شدید پل هوایی *میلینیوم* در آغاز هزارهٔ جدید را به عبور منظم گروهی ازافراد از این پل ربط داده‌اند. چگونه ممکن است نوسان‌های بدن این افراد موجب چنین لرزشی شده باشد؟(۱۰ کتاب)

تمرین۲۷. مطابق شکل چند آونگ را از سیمی آویخته‌ایم. توضیح دهید با به نوسان درآوردن آونگ x، آونگ‌های دیگر چگونه نوسان می‌کنند؟ (۱۱ کتاب)



۳-۵ موج و انواع آن

موج: انتشارِ هر آشفتگی در محیط را موج می‌نامند.

اقسامِ موج با توجّه به محیطِ انتشار: امواج را با توجّه به محیطِ انتشار، به دو دسته تقسیم می‌کنیم:

۱-امواجِ مکانیکی: این امواج برایِ انتشار، به محیطِ مادّی نیاز دارند، بنابراین در خلأ انتشار نمی‌یابند. مانندِ امواجِ صوتی، تشکیلِ موج بر سطحِ آب، موجِ ایجاد شده در طناب، فنر و ... .

۲-امواجِ الکترومغناطیس: این امواج در همه جا (مایعات، جامدات، گازها و خلأ)منتشر می‌شوند. مانندِ نور، امواجِ رادیویی، اشعه‌ی گاما و .....

امواجِ عرضی: اگر راستایِ نوسانِ ذرّه‌هایِ محیط، عمود بر راستایِ انتشارِ موج باشد، موج را عرضی می‌نامند.

امواجِ طولی: اگر راستایِ نوسانِ ذرّه‌هایِ محیط، موازی با راستایِ انتشارِ موج باشد، موج را طولی می‌نامند.

امواجِ **مکانیکی** عرضی، در محیط‌هایی منتشر می‌شوند که نیرویِ بینِ ذرّاتِ آن نسبتاً زیاد باشد. با این حساب، امواجِ **مکانیکی** عرضی، فقط در جسم‌هایِ جامد و سطحِ مایع(به دلیلِ کششِ سطحی در سطحِ مایع) ایجاد و منتشر می‌شوند. ولی امواجِ طولی در تمامِ حالاتِ مادّه، ایجاد و منتشر می‌شوند.

- ❖ در گازها و داخلِ مایع ها، فقط امواجِ طولی منتشر می‌شوند.
- ❖ در فنر می‌توان هر دو نوع موجِ مکانیکیِ عرضی و طولی را ایجاد کرد.

به موج های عرضی و طولی که از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر حرکت کرده و انرژی را با خود منتقل می‌کنند، موج‌های پیش رونده گفته می‌شود.

دقت کنید که موج از یک نقطه به نقطه‌ی دیگر حرکت می‌کند نه ماده‌ای که موج در آن حرکت می‌کند و اجزای محیط حول نقطهٔ تعادل خود با همان بسامد چشمه موج نوسان می‌کنند.

تمرین۲۸. همان طور که گفتیم یکی از ویژگی‌های موج پیش رونده انتقال انرژی از یک نقطه به نقطهٔ دیگر، در جهت انتشار موج است. با در نظر گرفتن یک تپ طولی در یک فنر بلندِ کشیده شده، این ویژگی را توضیح دهید. (پرسش ۳-۳)

۳-۶ مشخصه های موج

برای مطالعهٔ برخی از مشخصه های موج از وسیله ای موسوم به تشت موج استفاده می شود.

به هر یک از برآمدگی ها یا فرورفتگی های ایجادشده روی سطح آب، یک جبههٔ موج می‌گویند. به برآمدگی ها، قلّه(ستیغ) و به فرورفتگی ها درّه (پادستیغ)گفته می‌شود. فاصلهٔ بین دو برآمدگی یا دو فرورفتگی مجاور، **طول موج** نامیده می‌شود و آن را با λ نشان می‌دهند. طول موجِ λ برابر با مسافتی است که موج در مدت دورهٔ تناوب نوسان چشمه طی می‌کند.

دامنه (A): بیشینهٔ فا صلهٔ یک ذره از مکان تعادل، دامنهٔ موج نامیده می‌شود که همان فاصلهٔ قله یا دره نسبت به سطح آرام یا ساکن است.

دورهٔ تناوب(T): مدت زمانی که هر ذرهٔ محیط یک نوسان کامل انجام می‌دهد دورهٔ تناو ب موج نامیده می‌شود که برابر با زمانی است که چشمهٔ موج یک نوسان کامل انجام می‌دهد.

بسامد (f): تعداد نوسان‌های انجام شده توسط هر ذرهٔ محیط در یک ثانیه بسامد موج نامیده می‌شود که برابر با بسامد چشمهٔ موج نیز هست.

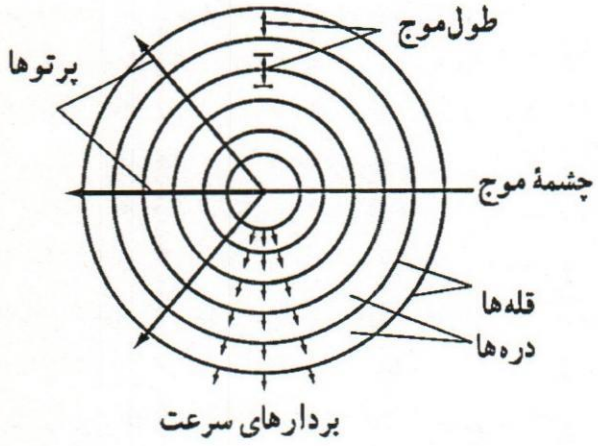
پس: $f = \frac{1}{T}$

تندی انتشار موج (v): اگر جبههٔ موج در مدت Δt مسافت L را طی کند، تندی انتشار موج از رابطهٔ $v = \frac{L}{\Delta t}$ به دست می‌آید. از آنجا که طول موج λ در دورهٔ T طی می‌شود، داریم: (تندی انتشار موج $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$)

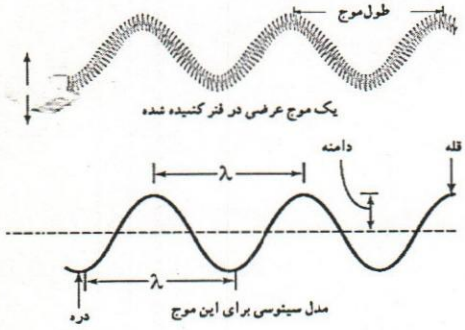
عواملِ مؤثر بر سرعتِ انتشارِ موج: سرعتِ انتشارِ موج در یک محیط، به ویژگی‌هایِ فیزیکیِ آن محیط (جنس،دما، فشار و ...) بستگی دارد، امّا به شرایطِ فیزیکیِ چشمه‌ی موج (بسامد، دامنه، انرژیِ مکانیکی و ...) بستگی ندارد.

- ❖ دقت کنید که تندی ارتعاش (نوسان) که بیشینه‌ی آن $A\omega$ است را با تندی انتشار موج که مقداری ثابت است، اشتباه کنید.

تمرین۲۹. امواج دایره‌ای تشکیل شده بر سطح آب تشت موج را در نظر بگیرید. آزمایش نشان داده است اگر گوی متحرک با دورهٔ تناوب ۱s در تشتی به عمق ۲/۵cm نوسان کند، فاصلهٔ بین دو برآمدگی مجاور ۵۰cm و اگر در تشتی به عمق ۳/۵cm نوسان کند، این فاصله ۶۰cm می‌شود. تندی انتشار موج سطحی در این تشت در هر حالت چقدر است؟ از این محاسبه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟(مثال ۳-۵)



موج عرضی: اگر یک سر فنر بلند کشیده شده‌ای را با حرکت هماهنگ ساده، پیاپی به بالا و پایین حرکت دهید موج عرضی پیوسته‌ای در طول فنر منتشر می‌شود. امواج عرضی، همانند موج عرضی ایجاد شده در این فنر، در هر لحظه از زمانِ انتشار موج را می‌توان با شکل موجی سینوسی مانند مدل سازی کرد.



تندی انتشار موج عرضی در یک فنر، تار یا ریسمان کشیده به نیروی کشش (F) و چگالی خطی جرم ($\mu=m/L$) بستگی دارد و از رابطهٔ زیر به دست می آید:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$ (تندی انتشار موج عرضی در تار یا فنر)

$$V = \sqrt{\frac{F}{\frac{m}{L}}} \quad , \quad \mu = \frac{m}{L} \Rightarrow$$

❖ اگر به جای جرم مقدار آن $m=\rho V$ را جا گذاری کنیم، داریم: ($\mu=\rho V$)

$$V = \sqrt{\frac{F}{\frac{\rho V}{L}}} = \sqrt{\frac{F}{\frac{\rho AL}{L}}} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$$

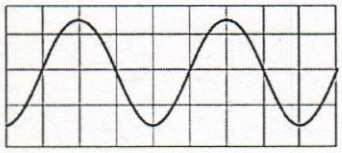
تمرین۳۰. سیمی به طول ۸۰cm وجرم ۲۰gr بین دونقطه محکم کشیده شده است.اگرنیروی کشش سیم برابر ۲/۵N باشد،سرعت انتشارموج دراین سیم راحساب کنید.

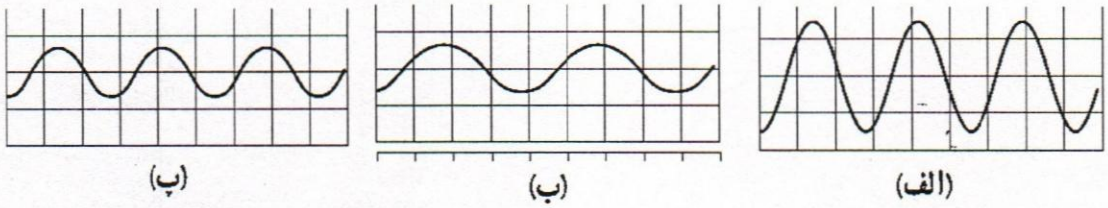
تمرین۳۱. طرفینِ سیمی به طولِ $80cm$ را با نیروی $40N$ می‌کشیم. اگر موج با سرعتِ $10\frac{m}{s}$ در آن منتشر شود، جرمِ سیم چند گرم و جرمِ واحدِ طولِ آن چند کیلوگرم بر متر است؟

تمرین۳۲. طرفینِ سیمی با چگالیِ $۲\frac{g}{cm^۳}$ و قطرِ $۴cm$ را با نیروی $۶۰N$ می‌کشیم. موج با چه سرعتی در سیم منتشر می شود؟ $(\pi \cong 3)$ و $(\frac{g}{cm^۳} \xrightarrow{\times ۱۰۰۰} \frac{Kg}{m^۳})$.

انتقال انرژی در موج عرضی: مقدار متوسط آهنگ انتقال انرژی (توان متوسط) در یک موج سینوسی برای همهٔ انواع امواج مکانیکی با مربع دامنه ($A^۲$) و نیز مربع بسامد ($f^۲$) موج متناسب است.

تمرین۳۳. شکل روبه رو موجی عرضی را نشان می‌دهد. دامنه و طول موج هر کدام از شکل موج‌های (الف)، (ب)، و (پ) را با دامنه و طول موج این شکل مقایسه کنید.(پرسش ۳-۴)

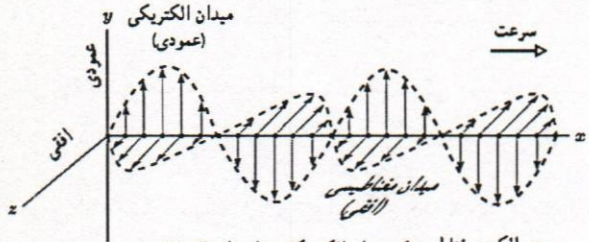




تمرین۳۴. فنری به جرم ۰/۶kg و طول ۴m را با نیروی ۱/۲N می‌کشیم. الف) تندی انتشار موج در این فنر چقدر است؟ ب) سر آزاد فنر را با چه بسامدی تکان دهیم تا طول موج ایجاد شده در فنر ۱m شود؟(مثال ۳-۶)

تمرین۳۵. در سازهای زهی همانند تار، کمانچه و گیتار با سفت یا شُل کردن تار، تندی انتشار موج عرضی در تار تغییر می‌کند. در یک گیتار طول هر تار بین دو انتهای ثابت ۰/۶۲۸ m است. برای نواختن بالاترین بسامد، جرم تار ۰/۲۰۸g و برای نواختن پایین ترین بسامد، جرم تار۳/۳۲g است. تارها تحت کششی برابر ۲۲۶N قرار دارند. تندی انتشار موج برای ایجاد این دو بسامد چقدر است؟ (تمرین ۳-۴)

امواج الکترومغناطیسی: امواج الکترومغناطیسی از رابطهٔ متقابل میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی به وجود می‌آیند. یعنی هر تغییری در میدان الکتریکی در هر نقطه از فضا، میدان مغناطیسی متغیری ایجاد می‌کند و این میدان مغناطیسی متغیر، خود میدان الکتریکی متغیری به وجود می‌آورد. این رابطهٔ متقابل میدان ها سبب انتقالِ نوسان‌های میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی از یک نقطهٔ فضا به نقاط دیگر و یا همان انتشار موج الکترومغناطیسی می شود.

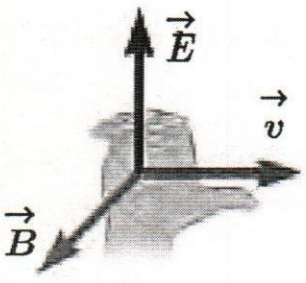


موجی الکترومغناطیسی که میدان الکتریکی در امتداد قائم (y) و میدان مغناطیسی در امتداد افقی (z) و انتشار موج در جهت x است.

ایجاد میدان الکتریکی به علت تغییر میدان مغناطیسی همان القای الکترومغناطیسی است؛ توسط مایکل فاراده به طور تجربی کشف شد. پدیدهٔ معکوس این اثر، یعنی تولید میدان مغناطیسی بر اثر تغییر میدان الکتریکی بعدها توسط جیمز کلارک ماکسول، ۳۴سال بعد پیش بینی شد.

ماکسول از این دو پدیده نتیجه گرفت که امواج الکترومغناطیسی باید لزوماً ناشی از تغییرات هم زمانِ میدان های الکتریکی و مغناطیسی (اصطلاحاً میدان الکترومغناطیسی) باشد.

مشخصهٔ بارز امواج الکترومغناطیسی



- ❖ میدان الکتریکی $\vec{E}$ همواره عمود بر میدان مغناطیسی $\vec{B}$ است.
- ❖ میدان های الکتریکی و مغناطیسی E و B همواره بر جهت حرکت موج عمود ند و در نتیجه موج الکترومغناطیسی، یک موج عرضی است.
- ❖ میدان‌ها با بسامد یکسان و همگام با یکدیگر تغییر می‌کنند.
- ❖ جهت انتشار امواج الکترومغناطیسی را می‌توان مطابق شکل از قاعدهٔ دست راست تعیین کرد.

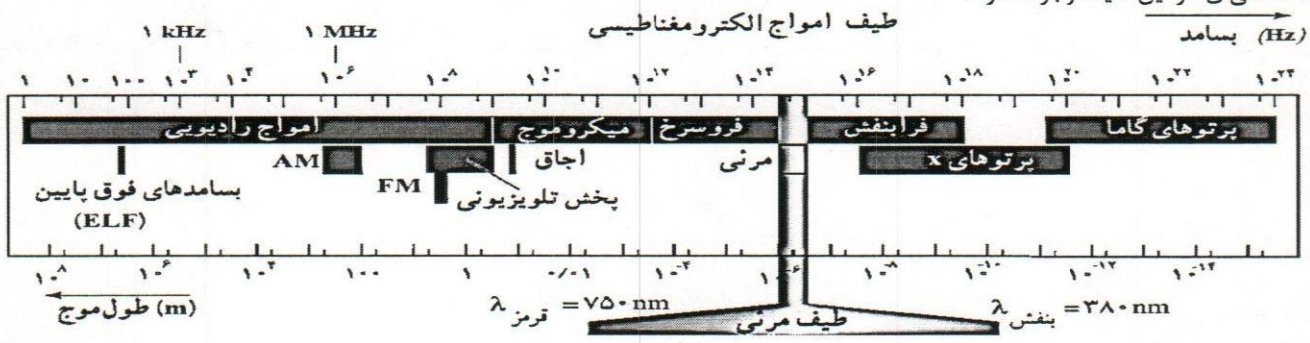
جهتِ انتشارِ موجِ الکترومغناطیسی($\vec{k}$)هم جهت با بردارِ($\vec{E} \times \vec{B}$)است. همانندِ محورهایِ مختصات $(\vec{E}, \vec{B}, \vec{k})$ ، پس اگر چها انگشتِ دستِ راست را در جهتِ $\vec{B}$ طوری قرار داده که انگشتِ شصتِ دستِ راست $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ در جهتِ $\vec{E}$ باشد،آن گاه بردارِ $\vec{k}$ از کفِ دستِ راست خارج می شود.

تندی انتشار امواج الکترومغناطیسی در خلأ از رابطهٔ $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_o \varepsilon_o}}$ به دست می آید. که در آن تراوایی مغناطیسی خلأ $\mu_o = 4\pi \times 10^{-7}\ T.m/A$ و ضریب گذردهی الکتریکی خلأ $\varepsilon_o = 8/85 \times 10^{-12}\ C^2/Nm^2$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_o \varepsilon_o}} = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$$

- ❖ نور هم یک موج الکترومغناطیسی است زیرا با تندی c منتشر می‌شود.
- ❖ امواج الکترومغناطیسی انرژی را صورت انرژی میدان های الکتریکی و مغناطیسی منتقل می کنند.

طیف امواج الکترومغناطیسی: امروزه طیف وسیعی از امواج الکترومغناطیسی را می‌شناسیم. این طیف شامل امواج رادیویی، میکروموج، فروسرخ، طیف نور مرئی، فرابنفش، پرتوهای x وپرتوهای گاما است، که از کمترین بسامد تا بیشترین بسامد گسترده شده‌اند. تمام این امواج به رغم تفاوت فراوان در روش‌های تولید و کاربردهای آنها، امواجی الکترومغناطیسی هستند و همگی با تندی نور در خلأ حرکت می‌کنند و هیچ گسستگی‌ای در این طیف وجود ندارد.



تمرین۳۶. در یک لحظهٔ خاص، میدان الکتریکی مربوط به یک موج الکترومغناطیسی در نقطه‌ای از فضا در جهت $+Z$ و میدان مغناطیسی مربوط به آن در جهت $+y$ است. جهت انتشار در کدام سو است؟ (پرسش ۳-۵)

تمرین۳۷. گستره بسامد نور مرئی از $4 \times 10^{14}\ Hz$ (نور قرمز) تا $7/9 \times 10^{14}\ Hz$ (نور بنفش) است. گستره طول موج های مربوط به نور مرئی در خلأ را بر حسب نانومتر تعیین کنید.(مثال ۳-۷)

تمرین۳۸. طول آنتن یک گوشی تلفن همراه قدیمی معمولاً $\frac{1}{4}$ طول موج دریافتی است. اگر طول چنین آنتنی تقریباً برابر ۸/۵cm باشد بسامدی را که این گوشی با آن کار می‌کند تعیین کنید. (تمرین ۳-۵)

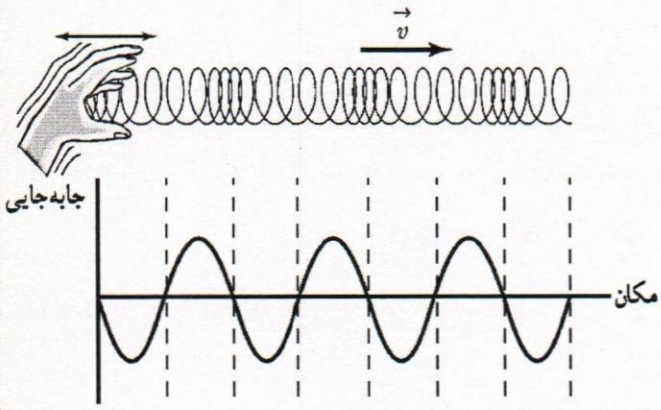
تمرین۳۹. اگر یک گوشی تلفن همراه را در یک محفظهٔ تخلیهٔ هوای شیشه‌ای آویزان کنید. با برقراری تماس با گوشی، صدای آن را خواهید شنید. ولی با به کار افتادن پمپ تخلیهٔ هوا، صدا به تدریج ضعیف و سرانجام خاموش می‌شود، در حالی که امواج الکترومغناطیسی همچنان به گوشی می‌رسند. ازاین آزمایش چه نتیجه ای می‌گیرید؟ (فعالیت ۳-۴)

موج طولی و مشخصه‌های آن:

در یک لحظه از زمان، در مکان هایی که بیشترین جمع شدگی یا بیشترین بازشدگی حلقه‌ها رخ می‌دهد، جابه جایی هر جزء فنر از وضعیت تعادل برابر صفر است (تراکم‌ها و انبساط‌ها) ولی در وسط فاصلهٔ بین یک جمع شدگی بیشینه و یک بازشدگی بیشینهٔ مجاور هم، اندازهٔ جابه‌جایی هر جزء فنر از وضعیت تعادل، بیشینه است.

در مورد امواج طولی، طول موج برابر با فاصلهٔ بین دو تراکم (برای فنر،جمع شدگی) یا دو انبساط (برای فنر، بازشدگی) متوالی است. همچنین دامنهٔ موج طولی برابر با بیشینهٔ جابه جایی از مکان تعادل است.

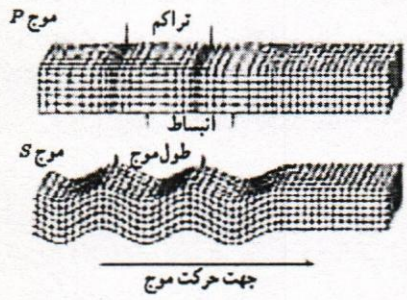
برای امواج مکانیکی، تندی انتشار امواج طولی در یک محیط جامد بیشتر از تندی انتشار امواج عرضی درهمان محیط است.



الف) تصویری لحظه‌ای از ایجاد نواحی جمع‌شدگی و بازشدگی در طول یک فنر بلند کشیده، هنگام انتشار موج طولی سینوسی در فنر

ب) نمودار جابه‌جایی ــ مکان برای موج ایجاد شده در فنر

تمرین۴۰. امواج لرزه‌ای موج های مکانیکی‌ای هستند که از لایه های زمین عبورمی‌کنند. یکی از منشأهای مهم امواج لرزه‌ای، زمین لرزه‌ها هستند . دو نوع ازامواج لرزه‌ای، امواج اولیهٔ P و امواج ثانویهٔ S هستند .امواج P ، امواجی طولی و امواج S امواجی عرضی هستند. معمولاً تندی موج‌های P در حدود ۸km/s و تندی موج های S در حدود ۴/۵km/s است. یک دستگاه لرزه نگارموج های P و S حاصل از یک زمین لرزه را ثبت می‌کند. فرض کنید نخستین امواج P ، ۳ دقیقه پیش از نخستین امواج S دریافت شوند. اگر این موج‌ها روی خط راستی حرکت کنند، زمین لرزه در چه فاصله‌ای از محل لرزه نگار رخ داده است؟ (مثال ۳-۸)



موج صوتی: صوت یک موج طولی است که توسط جسمی مرتعش (چشمه صوت) تولید می‌شود. صوت فقط درمحیط های مادی مانند گاز، مایع، یا جامد می‌تواند ایجاد و منتشر شود. امواج صوتی مجموعه‌ای از تراکم‌ها و انبساط‌ها تشکیل شده‌اند.

- ❖ تندی انتشار صوت نیز مانند هر موج مکانیکی دیگری با رابطهٔ $V= f\lambda$ به بسامد و طول موج مربوط می‌شود و به ویژگی‌های فیزیکی محیط بستگی دارد. تندی صوت افزون بر جنس محیط به دما نیز بستگی دارد.
- ❖ معمولا سرعت صوت در جامدها بیشتر از مایع‌ها و در مایع‌ها بیشتر از گازها است.

شدت و تراز شدت صوت: شدت یک موج صوتی(I) در یک سطح، برابر با آهنگ متوسط انرژی‌ای است که توسط موج به واحد سطح، عمود بر راستای انتشار صوت می رسد یا از آن عبور می کند

$$I = \frac{E}{At} = \frac{\overline{P}}{A}$$

که در آن $\bar{P}$ آهنگ متوسط انتقال انرژی و A مساحت سطحی است که صوت با آن برخورد می‌کند. بنابراین یکای شدت صوت، وات بر متر مربع (W/m^2) است.

❖ شدت صوتی که از سطح کره‌ای به مساحت $A = 4\pi R^2$ عبور می‌کند، از رابطه‌ی روبرو به دست می‌آید. $I = \frac{P}{4\pi R^2}$

برای بررسی گسترهٔ وسیعی از شدت‌ها ساده‌تر این است که از تراز شدت صوت (تراز صوتی) استفاده کنیم:

شدّتِ صوتِ مبنا: آستانه‌ی شنواییِ صوتی با بسامدِ $1000\,Hz$ برایِ گوشِ سالم است که برابر است با: $I_o = 10^{-12}\frac{W}{m^2} = 10^{-6}\frac{\mu W}{m^2}$

ترازِ شدّتِ صوت یا شدّتِ احساسِ نسبیِ صوت: ترازِ شدتِ صوت، در واقع درکِ انسان را از بلندیِ صوت بیان می‌کند و عبارت از لگاریتم در پایه‌ی ده نسبتِ شدّتِ آن صوت به شدّتِ صوتِ مبنا که آن را با β نشان داده و واحدِ آن بِل می‌باشد:

$\beta = \log\frac{I}{I_o}(b)$ هر بِل ۱۰ دسی بِل است. بنابراین: $\beta = 10\log\frac{I}{I_o}(db)$

بلندیِ نسبیِ صوت: تفاضلِ ترازِ شدّتِ دو صوت را بلندیِ نسبیِ آن‌ها گویند. اگر صوتی به شدّتِ I_2 با ترازِ β_2 و صوتی دیگر با شدّتِ I_1 با ترازِ β_1 شنیده شوند، اگر $\beta_2 > \beta_1$ باشد، بلندیِ نسبیِ آن‌ها برابر است با:

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 10\log\frac{I_2}{I_o} - 10\log\frac{I_1}{I_o} \Rightarrow \Delta\beta = 10\log\frac{I_2}{I_1}$$

یادآوری از رابطه‌های محاسبه‌ی لگاریتم:

$$\log 10 = 1 \quad , \log 1 = 0, \qquad \log A^n = n\log A,$$

$$\log(AB) = \log A + \log B, \qquad \log\frac{A}{B} = \log A - \log B.$$

تمرین۴۱. الف) چگونگی ایجاد صوت توسط دیاپازون را توضیح دهید. ب) به نظر شما چه ساز و کاری موجب صدای وزوزِ حشرات هنگام پرواز می‌شود؟(پرسش ۳-۶)

تمرین۴۲. شخصی با چکّش به انتهای میلهٔ باریک بلندی ضربه‌ای می‌زند. تندی صوت در این میله ۱۵ برابر تندی صوت در هوا است. شخص دیگری که گوش خود را نزدیک به انتهای دیگر میله گذاشته است، دو صدا را که یکی از میله می‌آید و دیگری از هوای اطراف میله، با اختلاف زمانی ۰/۱۲s می‌شنود. اگر تندی صوت در هوا ۳۴۰m/s باشد، طول میله چقدر است؟ (تمرین ۳-۶)

تمرین۴۳. با وجودِ صرفِ نظر کردن از میرایی، چرا هر چه از یک چشمه‌ی صوت، دورتر می‌شویم، صدا ضعیف‌تر شنیده می‌شود؟

تمرین۴۴. تراز شدت صوت یک مخلوط کن ۸۰dB است. شدت این صدا چقدر است؟(مثال ۳-۹)

تمرین۴۵. با زیاد کردن صدای تلویزیونی، شدت صوتی که به گوش ما می‌رسد ۱۰۰ برابر می‌شود. تراز شدت صوتی که می‌شنویم چند دسی بل افزایش یافته است؟(تمرین ۳-۷)

تمرین۴۶. ترازِ شدّتِ صوتی، $96db$است. شدّتِ این صوت، چند $\frac{W}{m^2}$ است؟ ($I_o = 10^{-12}\frac{W}{m^2}$ و $\log 2 = 0/3$)

ادراک شنوایی: وقتی دیاپازونی را با ضربه‌ای به ارتعاش وا می‌داریم، دیاپازون نوسان‌هایی انجام می‌دهد که به دلیل میرایی کم، به حرکت هماهنگ ساده نزدیک است. به صوت حاصل از چنین چشمه‌هایی تُنِ موسیقی یا به اختصار تُن گفته می‌شود. با شنیدن هر تُن، دو ویژگی را می‌توان از هم متمایز ساخت: ارتفاع و بلندی آن. ارتفاع و بلندی هر دو به ادراک شنوایی ما مربوط می‌شوند. ارتفاع، بسامدی است که گوش انسان درک می کند؛ مثلاً اگر چند دیاپازون با بسامدهای مختلف به طور یکسان نواخته شوند بسامد آنها را می‌توان از کمترین تا بیشترین مقدار تشخیص داد. اما بلندی، شدتی است که گوش انسان از صوت درک می‌کند. اگر یک دیاپازون با بسامد مشخص را با ضربه هایی متفاوت به ارتعاش وادایم، با آنکه بسامد صدایی که می‌شنویم تغییر نمی‌کند، اما صداهایی با بلندی متفاوت را حس می‌کنیم که این به شدت ضربه ها بستگی دارد. بلندی متفاوت با شدت است.

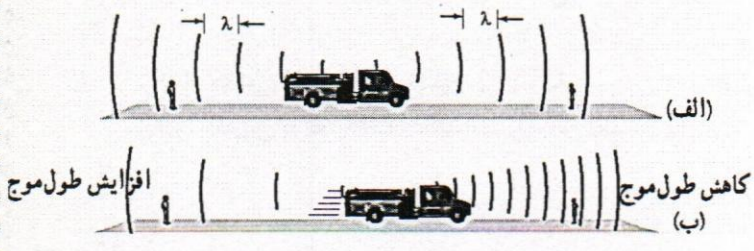
شدت را می‌توان با یک آشکار ساز اندازه گرفت، در حالی که بلندی چیزی است که شما حس می‌کنید. دستگاه شنوایی انسان به بسامدهای متفاوت حساسیت های متفاوتی نشان می‌دهد، به طوری که بیشترین حساسیت گوش انسان به بسامدهایی در گسترهٔ ۲۰۰۰Hz تا ۵۰۰۰ Hz است، در حالی که گوش انسان قادر به شنیدن تُن های صدای ۲۰Hz تا ۲۰۰۰۰ Hz است.

اثر دوپلر:

اثر دوپلر نه تنها برای امواج صوتی بلکه برای امواج الکترومغناطیسی، مانند میکروموج ها، موج های رادیویی و نورمرئی نیز برقرار است.

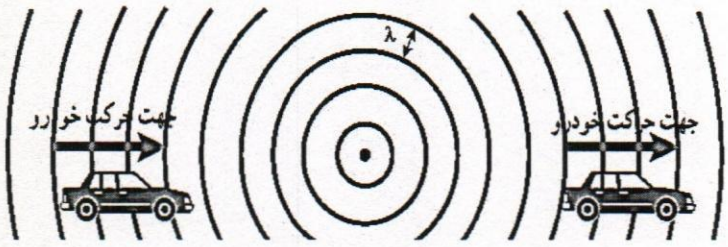
اثرِ دوپلر: تغییرِ بسامدی که در اثرِ حرکتِ نسبیِ منبعِ صوت و شنونده ایجاد می‌شود را پدیده‌ی دوپلر گویند. (این پدیده برایِ امواجِ دیگر نیز اتّفاق می‌افتد).

الف) چشمهٔ متحرک و ناظر(شنوندهٔ) ساکن:



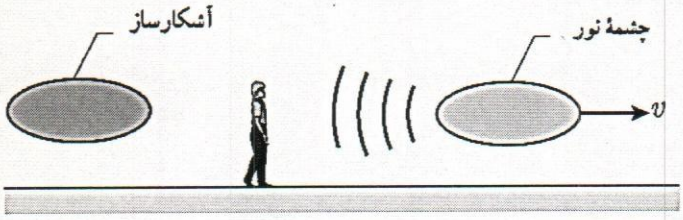
اگر ناظر ساکنی را روبه روی ماشین در نظر بگیریم، این ناظر طول موج کوتاه تری را نسبت به وضعیتی که ماشین ساکن بود اندازه می گیرد، که این به معنی افزایش بسامد برای این ناظر است. در حالی که ناظر ساکن عقب ماشین طول موج بلندتری را نسبت به وضعیتی که ماشین ساکن بود اندازه می گیرد، که این به معنی کاهش بسامد برای این ناظر است.

ب) چشمهٔ ساکن و ناظر(شنوندهٔ) متحرک:



در این حالت تجمع جبهه‌های موج در دو سوی چشمه یکسان است. اگر ناظر به طرف چشمه حرکت کند، در مقایسه با ناظر ساکن، در مدت زمان یکسان، با جبهه های موج بیشتری مواجه می‌شود که این منجر به افزایش بسامد صوتی می‌شود که ناظر می‌شنود. در حالی که اگر ناظر از چشمه دور شود، در مقایسه با ناظر ساکن، در مدت زمان یکسان، با جبهه های موج کمتری مواجه می‌شود که این منجر به کاهش بسامد صوتی می‌شود که ناظر می‌شنود.

تمرین۴۷. شکل زیر چشمهٔ نوری را نشان می دهد که در حال حرکت به طرف راست است. چشمه، نوری با بسامد f_0 را گسیل می‌کند. بسامد نوری که آشکارساز ساکن دریافت می‌کند بیشتر از f_0 است یا کمتر؟ (پرسش ۳-۸)



تمرینهای بخش سوم، موج و انواع آن ، مشخصه‌های موج

تمرین۴۸. در جای خالی کلمات مناسب بگذارید.

A. امواجِ مکانیکی برایِ انتشار، به محیطِ مادّی نیاز .....، و در خلأ انتشار .....

B. امواجِ الکترومغناطیس در همه‌ی محیط ها (مایعات، جامدات، گازها و خلأ) منتشر .....

C. اگر راستایِ نوسانِ ذرّه‌هایِ محیط، عمود بر راستایِ انتشارِ موج باشد، موج را ..... می‌نامند.

D. اگر راستایِ نوسانِ ذرّه‌هایِ محیط، موازی با راستایِ انتشارِ موج باشد، موج را ..... می‌نامند.

E. ..... برابر با مسافتی است که موج در مدت دورهٔ تناوب نوسان چشمهٔ طیّ می‌کند.

F. تندی انتشار موج به جنس و ویژگی‌های محیط انتشار .....

G. تندی انتشار موج عرضی در یک فنر، تار یا ریسمان کشیده به ..... و ..... بستگی دارد.

H. مقدار متوسط آهنگ انتقال انرژی (توان متوسط) در یک موج سینوسی برای همهٔ انواع امواج مکانیکی با ..... و نیز ..... موج متناسب است.

I. امواج الکترومغناطیسی ناشی از تغییرات ..... میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی (میدان الکترومغناطیسی) است.

J. برای امواج مکانیکی، تندی انتشار امواج طولی در یک محیط جامد ..... از تندی انتشار امواج عرضی درهمان محیط است.

K. صوت یک موج ..... است که توسط ..... تولید می‌شود.

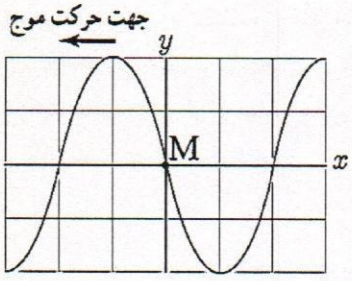
L. با شنیدن هر تُن، دو ویژگی را می‌توان از هم متمایز ساخت: ..... و ..... آن.

M. ارتفاع، ..... است که گوش انسان درک می کند. اما بلندی، ..... است که گوش انسان از صوت درک می‌کند.

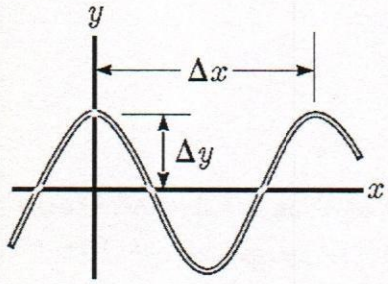
N. بیشترین حساسیت گوش انسان به بسامدهایی در گسترهٔ ..... تا ..... است.

O. اگر ناظر ساکنی را روبه روی ماشین در نظر بگیریم، این ناظر طول موج ..... را نسبت به وضعیتی که ماشین ساکن بود اندازه می‌گیرد، که این به معنی ..... بسامد برای این ناظر است.

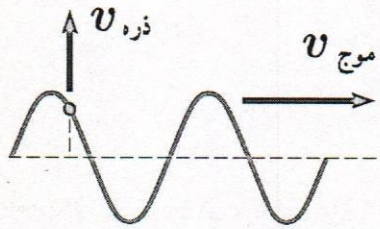
تمرین۴۹. یک نوسان ساز موج هایی دوره‌ای در یک ریسمان کشیده ایجاد می‌کند. الف) با افزایش بسامد نوسان ساز کدام یک از کمیت‌های زیر تغییرنمی‌کند؟ بسامد موج، تندی موج، طول موجِ موج. ب) حال اگر به جای افزایش بسامد، کشش ریسمان را افزایش دهیم، هر یک از کمیت‌های زیر چه تغییری می‌کند؟ بسامد موج، تندی موج، طول موج موج. (۱۲کتاب)



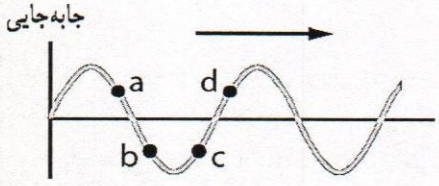
تمرین۵۰. شکل زیر یک تصویر لحظه‌ای از موجی عرضی در یک ریسمان کشیده شده را نشان می‌دهد. موج به سمت چپ حرکت می‌کند. الف) با رسم این موج در زمان T/۴ بعد، نشان دهید جزء M ریسمان در این مدت در چه جهتی حرکت کرده است. همچنین روی این موج، دامنهٔ موج و طول موج را نشان دهید. ب) اگر طول موج ۵cm و تندی موج ۱۰cm/s باشد، بسامد موج را به دست آورید. پ) تعیین کنید موج در مدت T/۴ چه مسافتی را پیموده است؟(۱۳کتاب)



تمرین۵۱. در نمودار جابه جایی مکانِ موجِ عرضیِ شکل زیر Δx=۴۰cm و Δy=۱۵cm است. اگر بسامد نوسان‌های چشمه ۸Hz باشد، طول موج، دامنه، تندی و دورهٔ تناوب موج چقدر است؟(۱۴کتاب)



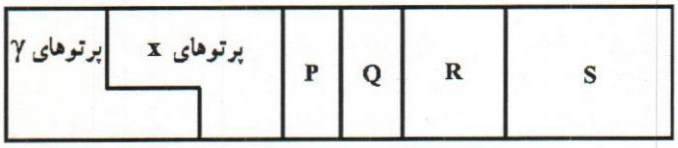
تمرین۵۲. شکل زیر موجی عرضی در یک ریسمان را نشان می‌دهد که با تندی $V_{موج}$ به سمت راست حرکت می‌کند، در حالی که تندیِ ذرهٔ نشان داده شدهٔ ریسمان $V_{ذره}$ است. آیا این دو تندی با هم برابرند؟ توضیح دهید. (۱۵کتاب)



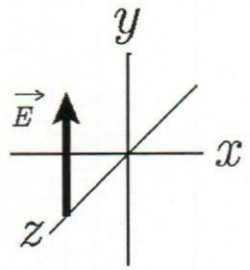
تمرین۵۳. شکل زیر یک موج سینوسی را در لحظه‌ای از زمان نشان می‌دهد که در جهت محورx در طول ریسمان کشیده شده‌ای حرکت می‌کند. چهار جزء از این ریسمان روی شکل نشان داده شده‌اند. در این لحظه هر یک از این چهار جزء بالا می‌روند یا پایین؟ (۱۶کتاب)

تمرین۵۴. سیمی با چگالی ۷/۸۰ g/cm^3 و سطح مقطع ۰/۵mm^2 بین دو نقطه با نیروی ۱۵۶N کشیده شده است. تندی انتشار موج عرضی را در این سیم محاسبه کنید. (۱۷کتاب)

تمرین۵۵. شکل زیر طیف موج‌های الکترومغناطیسی را با یک مقیاس تقریبی نشان می‌دهد. الف) نام قسمت‌هایی از طیف را که با حروف علامت گذاری شده‌اند، بنویسید. ب) اگر در طول طیف از چپ به راست حرکت کنیم، مقدار کدام مشخصه‌های موج افزایش یا کاهش می‌آبد و کدام ثابت می‌ماند؟(۱۸کتاب)



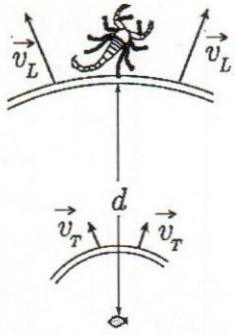
تمرین۵۶. شکل زیر میدان الکتریکی یک موج الکترومغناطیسی سینوسی را در نقطه‌ای معیّن و دور از چشمه، در یک لحظه نشان می‌دهد. موج انرژی را در خلاف جهت محور Z انتقال می‌دهد. جهت میدان مغناطیسی موج را در این نقطه و این لحظه تعیین کنید. (۱۹کتاب)



تمرین۵۷. الف) طول موج نور نارنجی در هوا حدود $۶/۲\times۱۰^{-۷}m$ است، بسامد این نور چند هرتز است؟ ب) بسامد نور قرمز در حدود $۴/۳\times۱۰^{۱۴}$ Hz است. طول موج این نور را در هوا و آب حساب کنید (سرعت نور را در هوا $۳\times۱۰^{۸}m/s$ و و در آب $۲/۲۵\times۱۰^{۸}m/s$ فرض کنید). (۲۰کتاب)

تمرین۵۸. چشمهٔ موجی با بسامد ۱۰ Hz در یک محیط که تندی انتشار موج در آن ۱۰۰m/s است، نوسان‌هایی طولی ایجاد می‌کند. اگر دامنهٔ نوسان‌ها ۴cm باشد، الف) فاصلهٔ بین دو تراکم متوالی این موج چقدر است؟ ب) فاصلهٔ بین یک تراکم و یک انبساط متوالی چقدر است؟(۲۱کتاب)

تمرین۵۹. عقرب‌های ماسه‌ای وجود طعمه را با امواجی که بر اثر حرکت طعمه در ساحل شنی ایجاد می‌شود، احساس می‌کنند .این امواج که در سطح ماسه منتشر می‌شوند، بر دو نوع‌اند: امواج عرضی با تندی $V_T=۵۰m/s$ و امواج طولی با تندی $V_s=۱۵۰m/s$. عقرب ماسه‌ای می‌تواند با استفاده از اختلاف زمانی بین زمان رسیدن این امواج به نزدیک ترین پای خود، فاصلهٔ خود از طعمه را تعیین کند. اگر این اختلاف زمان برابر $\Delta t=۴ms$ باشد، طعمه در چه فاصله‌ای از عقرب قرار دارد؟ (۲۲کتاب)



تمرین۶۰. توضیح دهید کدام یک از عامل‌های زیر بر تندی صوت درهوا مؤثر است. الف) شکل موج ب) دامنهٔ موج پ) بسامد موج ت) دمای هوا(۲۳کتاب)

تمرین۶۱. در سونوگرافی معمولاً از کاوه‌ای دستی موسوم به تراگذار فراصوتی برای تشخیص پزشکی استفاده می‌شود که دقیقاً روی ناحیهٔ موردنظر از بدن بیمار گذاشته و حرکت داده می‌شود. این کاوه در بسامد ۶/۷MHz عمل می‌کند. الف) بسامد زاویه‌ای در این کاوهٔ نوسان چقدر است؟ ب) اگر تندی موج صوتی در بافتی نرم از بدن ۱۵۰۰m/s باشد، طول موج این موج در این بافت چقدر است؟ (۲۴کتاب)

تمرین۶۲. تندی صوت در یک فلز خاص، برابر $V_{فلز}$ است. به یک سر لولهٔ توخالی بلندی از جنس این فلز به طول L ضربهٔ محکمی می‌زنیم. شنونده‌ای که در سر دیگر این لوله قرار دارد دو صدا را می‌شنود. یکی ناشی از موجی است که از دیوارهٔ لوله می‌گذرد و دیگری از موجی است که از طریق هوای داخل لوله عبورمی‌کند. الف) اگر تندی صوت در هوا $V_{هوا}$ باشد، بازهٔ زمانی Δt بین دریافت این دو صدا در گوش شنونده چقدر خواهد بود؟ ب) اگر $\Delta t=1s$ فلز از جنس فولاد باشد، طول L لوله چقدر است؟ ($V_{هوا}=340m/s$) (۲۵کتاب)

تمرین۶۳. موجی صوتی با توان $1/2\times10^{-4}$ W عمود بر جهت انتشار از دو صفحهٔ فرضی می‌گذرد. با فرض اینکه مساحت صفحه‌ها به ترتیب $A_1=4m^2$ و $A_2=12m^2$ باشد، شدت صوت در دو سطح را تعیین کنید و توضیح دهید چرا شنونده در محل صفحهٔ دوم، صدا را آهسته‌تر می‌شنود. (۲۶کتاب)

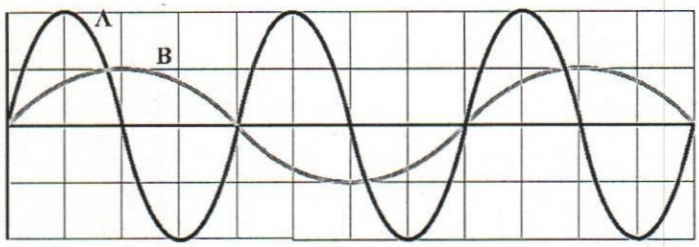
تمرین۶۴. شدت صدای حاصل از یک متهٔ سنگ شکن در فاصلهٔ ۱۰m از آن 1×10^{-2} W/m^2 است .تراز شدت صوتی آن برحسب dB چقدر می‌شود؟ (۲۷کتاب)

تمرین۶۵. اگر به مدت ۱۰ دقیقه در معرض صوتی با تراز شدت ۱۲۰dB باشیم، آستانهٔ شنوایی به طور موقت از ۰dB به ۲۸dB افزایش می‌یابد. مطالعات نشان داده است که به طور متوسط اگر به مدت ۱۰ سال در معرض صدایی با تراز شدت ۹۲dB قرار گیریم، آستانهٔ شنوایی به طور دائم به ۲۸dB افزایش می‌یابد. شدت‌های صوت مربوط به ۲۸dB و ۹۲dB چقدر است؟ (راهنمایی: برای پاسخ دادن لازم است از ماشین حساب مناسب استفاده کنید). (۲۸کتاب)

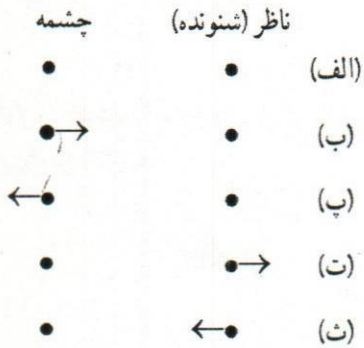
تمرین۶۶. یک دستگاه صوتی، صدایی با تراز شدت $\beta_1=90dB$ و دستگاه صوتی دیگر، صدایی با تراز شدت $\beta_2=95dB$ ایجاد می‌کند. شدت‌های مربوط به این دو تراز (برحسب W/m^2) به ترتیب I_1 و I_2 هستند. نسبت I_2/I_1 را تعیین کنید. (۲۹کتاب)

تمرین۶۷. در یک آتش بازی، موشکی در بالای آسمان منفجر می‌شود. فرض کنید صوت به طور یکنواخت در تمام جهت‌ها منتشر شود. از جذب انرژی صوتی در محیط و نیز از بازتابی که ممکن است امواج صوتی از زمین پیدا کند چشم پوشی کنید. با فرض اینکه صوت با شدت $I=۰/۱W/m^۲$ به شنونده‌ای برسد که به فاصلهٔ $r_۱=۶۴۰m$ از محل انفجار قراردارد، این صوت به شنونده‌ای که در فاصلهٔ $r_۲=۱۶۰m$ از محل انفجار قرار دارد با چه شدتی می‌رسد؟(۳۰کتاب)

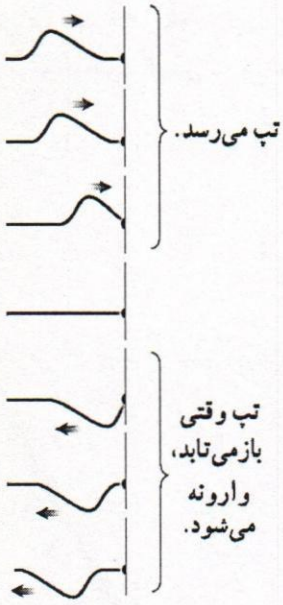
تمرین۶۸. نمودار جابه جایی مکان دو موج صوتی A وB که در یک محیط منتشر شده‌اند، به صورت زیر است. دامنه، طول موج، بسامد و شدت این دو موج صوتی را با هم مقایسه کنید. (۳۱کتاب)



تمرین۶۹. شکل روبرو جهت‌های حرکت یک چشمهٔ صوتی و یک ناظر(شنونده)را در وضعیت‌های مختلف نشان می‌دهد. بسامدی راکه ناظر در حالت‌های مختلف می‌شنود با حالت الف مقایسه کنید. (۳۲کتاب)



۳-۷ بازتاب موج

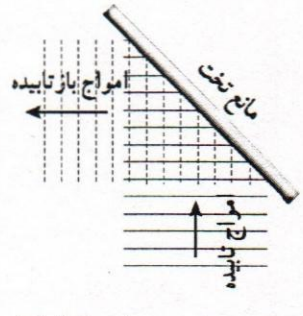


بازتاب و شکست دو برهمکنش موج با محیط هستند. پژواک صوت نمونه‌ای از بازتاب امواج مکانیکی است. خفاش برای یافتن طعمه از پژواک موج صوتی خود استفاده می‌کند. امواج الکترومغناطیسی (از جمله نور) نیز بازمی‌تابند.شکست وقتی رخ می‌دهد که جهت پیشروی موج در ورود به یک محیط جدید تغییر کند. شکست برای امواج مکانیکی نیز رخ می‌دهد.

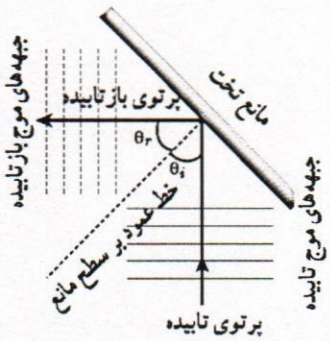
تولید صدا در آلات موسیقی، پژواک صداها، دیدن ماه، دیدن صفحهٔ این کتاب، گرم شدن مواد غذایی در اجاق های خورشیدی، جمع شدن امواج رادیویی در کانون آنتن های بشقابی و ...مثال هایی از کاربرد بازتاب امواج در زندگی هستند.

بازتاب امواج مکانیکی: اگر تپی را در یک فنر(یا یک ریسمان) کشیدهٔ بلند که یک سرآن بر تکیه گاهی ثابت شده است روانه کنیم، وقتی تپ به تکیه گاه (مرز) می‌رسد نیرویی به آن وارد می‌کند و طبق قانون سوم نیوتون، تکیه گاه نیز نیرویی با اندازهٔ برابر و در جهت مخالف بر فنر وارد می‌آورد. این نیرو در محل تکیه گاه، تپی در فنر ایجاد می کند که روی فنر در جهت مخالف تپِ تابیده حرکت می‌کند.

با استفاده از تجربی به رفتار پی‌ببریم. طرح رفتار موج، یک پرتو، پیکان موج است که می‌دهد. زاویهٔ بین خط تابیده (فرودی) نشان می‌دهند.



طرحی از جبهه‌های موج تابیده (خطوط توپر) و جبهه‌های موج بازتابیده (خطوط خط‌چین)



نمودار پرتویی همراه با جبهه‌های موج برای بازتاب امواج تخت از سطح مانعی تخت

جبهه‌های موج می‌توانیم به طور موج در برخورد با یک مانع معادل دیگری برای نشان دادن استفاده از **نمودار پرتویی** است. مستقیمی عمود بر جبهه‌های جهت انتشار موج را نشان

عمود بر سطح مانع و پرتوی را **زاویهٔ تابش** می‌نامند و با θ_i

زاویهٔ بین خط عمود بر سطح مانع و پرتوی بازتابیده را **زاویهٔ بازتابش** می‌نامند و با θ_r نشان می‌دهند.

همواره زاویهٔ بازتابش برابر با زاویهٔ تابش است: یعنی $\theta_i = \theta_r$ که به آن، **قانون بازتاب عمومی** گفته می‌شود.

پژواک: اگر صوت پس از بازتاب، با یک تأخیر زمانی به گوش شنونده‌ای برسد که صوت اولیه را مستقیماً می‌شنود، به چنین بازتابی **پژواک** می‌گویند. اگر تأخیر زمانی بین این دو صوت کمتر از۰/۱s باشد، گوش انسان نمی تواند پژواک را از صوت مستقیم اولیه تمیز دهد.

مکان‌یابی پژواکی روشی است که بر اساس امواج صوتی بازتابیده از یک جسم، مکان آن جسم را تعیین می‌کند.

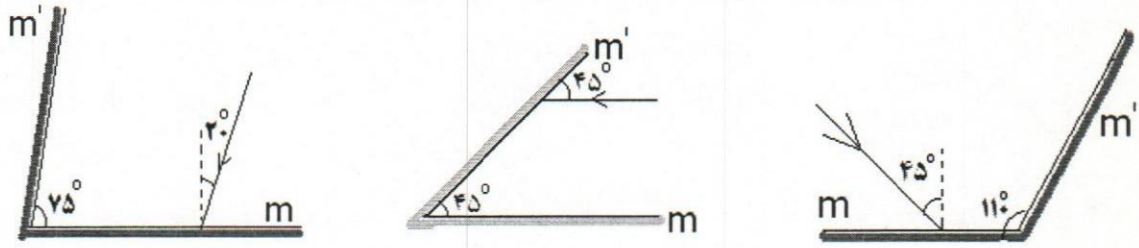
مکان یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر، در تعیین مکان اجسام متحرک و نیز تعیین تندی آنها به کار می‌رود. همین طور در فنّاوری‌هایی نظیر اندازه‌گیری تندی شارش خون در رگ‌ها نیز از این روش استفاده می‌شود.

همچنین در دستگاه سونار که در کشتی‌ها برای مکان‌یابی اجسام زیر آب به کار می‌رود، و در سونوگرافی نیز از مکان یابی پژواکی استفاده می‌شود. دستگاه لیتوتریپسی که از آن برای شکستن سنگ های کلیه، با کمک بازتابنده های بیضوی استفاده می‌شود.

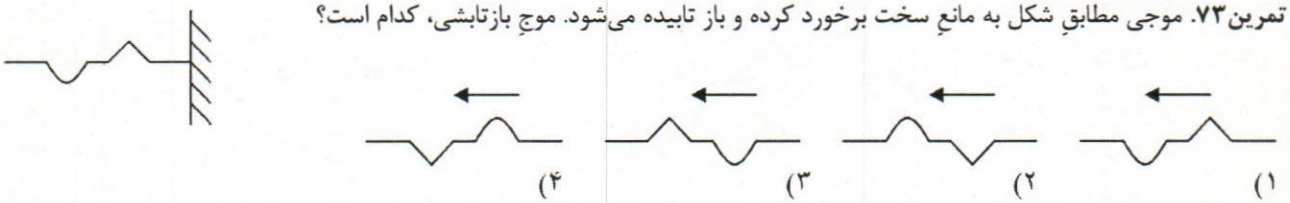
تمرین۷۰. کمترین فاصلهٔ بین شما و یک دیوار بلند چقدر باشد تا پژواک صدای خود را از صدای اصلی تمیز دهید؟ تندی صوت در هوا را ۳۴۰m/s در نظر بگیرید. (تمرین۳-۸)

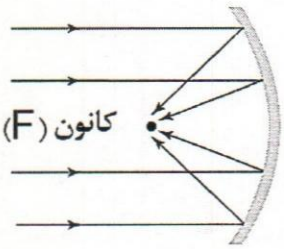
تمرین۷۱. والِ عنبر یکی از جانورانی است که با استفاده از پژواک امواج فراصوتی، مکان یابی می‌کند. بسامد امواج فراصوتی‌ای که این وال تولید می‌کند حدود ۱۰۰kHz است. با توجه به اینکه تندی صوت در آب دریا حدود $1/52\times10^{3}m/s$ است، الف) طول موج این صوت و ب) زمان رفت و برگشت صوت گسیل شده توسط وال برای مانعی که در فاصلهٔ ۱۰۰m از آن قرار گرفته، چقدر است؟(مثال۳-۱۰)

تمرین۷۲. در شکل های زیر پرتو بازتاب را از دو آینه m و m رسم کنید. (اندازه زوایه‌ها مشخص شود)



تمرین۷۳. موجی مطابقِ شکل به مانعِ سخت برخورد کرده و باز تابیده می‌شود. موجِ بازتابشی، کدام است؟





بازتاب امواج الکترومغناطیسی: امواج الکترومغناطیسی نیز می‌توانند از یک سطح، بازتابیده شوند و بازتاب آنها از همان قانون بازتاب عمومی پیروی می‌کند. امواج الکترومغناطیسی تخت تابیده به یک سطح کاو پس از بازتابش، دریک نقطه کانونی می‌شوند. این نمونهٔ دیگری از بازتاب در سه بُعد است.

از همین ساز و کار برای دریافت امواج رادیویی توسط آنتن های بشقابی و یا امواج فروسرخ برای گرم کردن آب یا مواد غذایی در اجاق های خورشیدی استفاده می شود. از امواج الکترومغناطیسی نیز می‌توان برای مکان‌یابی پژواکی استفاده کرد. نور مرئی بخشی از طیف امواج الکترومغناطیسی است.

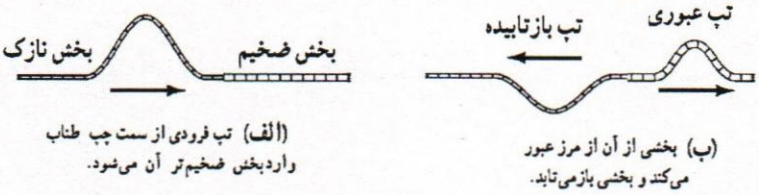
اگر سطح بازتابندهٔ نور همچون یک آینه، بسیار هموار باشد، بازتاب نور را **بازتاب آینه‌ای** یا **منظم** می‌گویند. نوع دیگر بازتابش، **بازتاب پخشنده** یا **نامنظم** است. این بازتاب وقتی رخ می‌دهد که نور به سطحی برخورد کند که صیقلی و هموار نباشد. به دلیل این بازتاب است که شما این صفحهٔ کاغذ، دیوار، دستتان، دوست خود، و ... را می‌بینید. منظور از سطح ناهموار آن است که سطح در مقایسه با طول موج نور ناهموار است. اگر طول موج الکترومغناطیسی خیلی کوچکتر از بخش‌های یک سطح باشد، آن سطح هموار محسوب می‌شود و بازتاب از آن آینه‌ای است.

۳-۸ شکست موج

رنگ‌های رنگین‌کمان، تصویری که با کمک عینک می‌بینیم، تصاویری که با استفاده از عدسی های ابزارهای نوری مانند میکروسکوپ و دوربین دیده می شود، و ...مثال‌های رایجی از شکسته شدن موج‌های نوری در پیرامون‌ما است. این پدیده برای امواج صوتی نیز رخ می‌دهد ولی به اندازهٔ موج های نوری اهمیت ندارد.

وقتی موج به مرز جدایی دو محیط می‌رسد بخشی از آن بازتابیده می‌شود و بخشی دیگر عبور می‌کند که این افزون بر جذب موج است که در هر دو محیط رخ می‌دهد.

عبور یک تپ در طول طنابی را در نظر بگیرید که از دو بخش، یکی نازک و دیگری ضخیم، تشکیل شده است (شکل الف). وقتی این تپ از سمت بخش نازک به مرز دو بخش می رسد، بخشی از این تپ باز می‌تابد و بخشی دیگر عبور می‌کند (شکل ب). برای یک موج سینوسی بسامد این دو موج همان بسامد موج فرودی است که توسط چشمهٔ موج تعیین می‌شود. بنابراین موج عبوری که تندی آن در قسمت ضخیم کمتر است، بنا به رابطهٔ $V=\lambda/f$ طول موج کمتری نسبت به موج فرودی خواهد داشت.

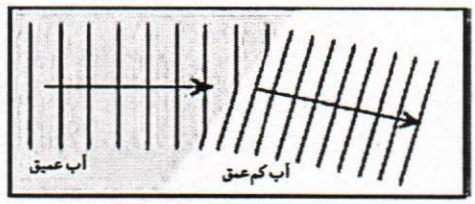


(الف) تپ فرودی از سمت چپ طناب وارد بخش ضخیم‌تر آن می‌شود.

(ب) بخشی از آن از مرز عبور می‌کند و بخشی بازمی‌تابد.

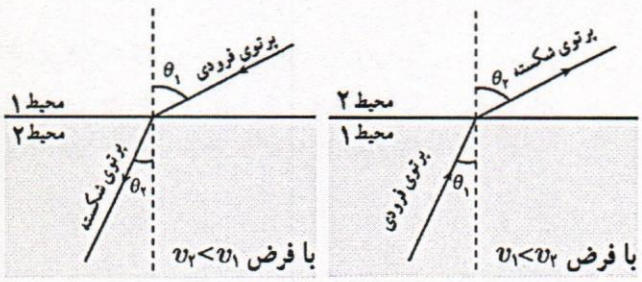
تمرین۷۴. در شکل بالا اگر موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد، تندی، و طول موجِ موجِ عبوری در مقایسه با موج فرودی چه تغییری می کند؟(۳-۸)

در حالت‌های دو یا سه بُعدی با عبور موج از یک مرز و ورود آن به محیط دیگر، تندی موج تغییر می‌کند و ممکن است جهت انتشار موج نیز تغییر کند و اصطلاحاً موج **شکست** پیدا کند. تندی امواج روی سطح آب به عمق آن بستگی دارد. با ورود موج به بخش کم عمق، تندی موج سطحی کاهش می‌یابد. روشن است، آن بخش موج که زودتر به ناحیهٔ کم عمق می‌رسد، چون با تندی کمتر حرکت می‌کند از بقیهٔ موج که هنوز وارد این ناحیه نشده عقب می‌افتد و بنابراین فاصلهٔ بین جبهه‌های موج و در نتیجه طول موج کاهش می‌یابد و به این ترتیب جبهه‌های موج در مرز دو ناحیه تغییر جهت می‌دهند.



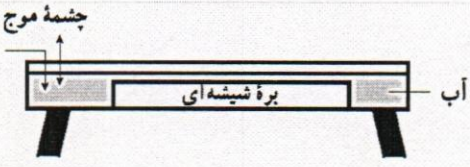
قانون شکست عمومی: برای جبهه‌های موج تختی به طور مایل به مرز دو محیط می‌رسند و سپس شکست پیدا می کنند، رابطهٔ زیر برقرار است که به آن **قانون شکست عمومی** می‌گویند

$$\frac{sin\theta_2}{sin\theta_1}=\frac{V_2}{V_1}$$



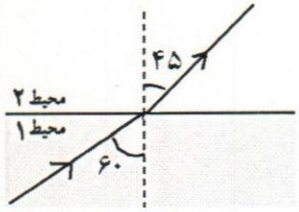
اگرموجی از محیطی که در آن تندی موج کمتر است وارد محیطی شود که در آن تندی موج بیشتر است، زاویهٔ شکست بزرگ تر از زاویهٔ تابش می‌شود و برعکس یعنی اگر سرعت موج در محیط دوم کمتر باشد زاویه‌ی شکست کوچکتر از زاویه‌ی تابش می‌شود.

تمرین۷۵. در یک تشت موج به کمک یک نوسان ساز تیغه ای که با بسامد ۵/۰Hz کار می کند، امواجی تخت ایجاد می‌کنیم، به طوری که فاصلهٔ بین دو برآمدگی متوالی آن برابر با ۱۰/۰cm می‌شود. اگر اکنون بُره ای شیشه‌ای را در کف تشت قرار دهیم، امواج در ورود به ناحیهٔ کم عمقِ بالای بُره، شکست پیدا می‌کنند. اگر تندی امواج در ناحیهٔ کم عمق، ۰/۴۰ برابر تندی در ناحیهٔ عمیق باشد، طول موج امواج در ناحیهٔ کم عمق چقدر می‌شود؟ (تمرین ۳-۹)

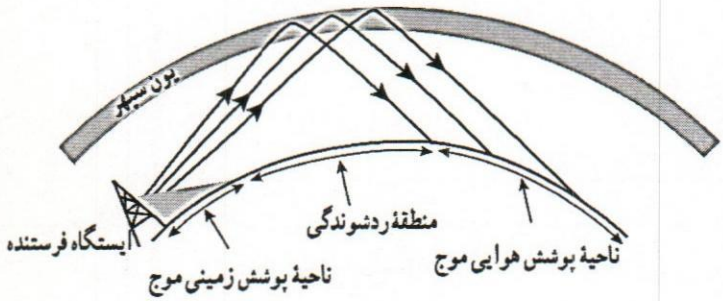


تمرین۷۶. در تمرین قبل با فرض اینکه زاویهٔ تابش امواج برابر 30°باشد، زاویهٔ شکست چقدر می‌شود؟ (تمرین ۳-۱۰)

تمرین۷۷. نور تکرنگی مطابق شکل از محیط ۱ وارد محیط ۲ می‌شود سرعت نور در محیط ۱ چند برابر سرعت نور در محیط ۲ است؟



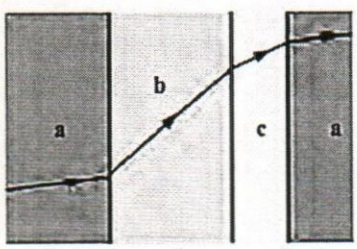
شکست امواج الکترومغناطیسی: امواج الکترومغناطیسی (و از جمله نور مرئی) نیز با گذر از یک محیط به محیطی دیگر که در آن تندی آنها متفاوت می شود، شکست پیدا می کنند.



یک موج پر قدرت رادیویی، با بسامد بین ۳ تا ۳۰ مگاهرتز، به لایهٔ یون سپهر(یونسفر) بالای جو که در ارتفاع ۸۰ تا ۱۰۰۰ کیلومتری سطح زمین واقع است فرستاده می‌شود. این لایه به علت وجود یون‌ها و الکترون‌های آزاد، پلاسمایی را ایجاد می‌کند.

یون سپهر(یونسفر) چه امواجی را عبور میدهد وچه امواجی را بازتاب میدهد؟ چرا؟ یون سپهر در حالی که نور مرئی و تابش فروسرخ را عبور می‌دهد، امواج رادیویی با طول موج‌های بلند (با λی بزرگ‌تر از حدود ۱۰m را که در جهت‌های مناسبی به سوی این لایه ارسال شده باشند، به طرف زمین برمی‌گرداند. دلیل این اتفاق، یکنواخت نبودن چگالی الکترون‌های آزاد در این لایه و در نتیجه، تفاوت تندی امواج رادیویی در قسمت‌های مختلف آن است، به طوری که در سازوکاری مانند پدیدهٔ سراب، امواج را به سمت پایین باز می‌گرداند.

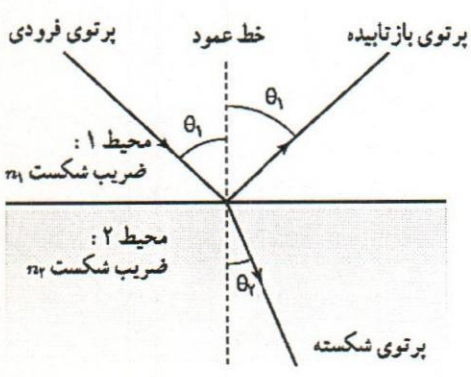
تمرین۷۸. شکل روبه رو یک پرتوی موج الکترومغناطیسی را نشان می دهد که با عبور از محیط اولیهٔ a، از طریق محیط های b و c به محیط a باز می‌گردد .این محیط‌ها را بر حسب تندی موج در آنها ازبیشترین تا کمترین مرتب کنید. (پرسش ۳-۹)



ضریب شکست: برابر با نسبت تندی نور در خلأ به تندی نوردر یک محیط است:

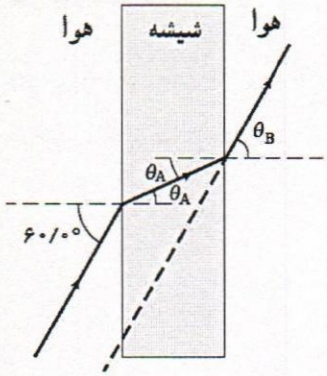
$$n = \frac{\text{تندی نور در خلا}}{\text{تندی نور دریک محیط}} = \frac{c}{v}$$

چون تندی نور در خلأ بیشترین تندی ممکن است، ضریب شکست همواره بزرگ‌تر یا مساوی ۱ است (که ۱ مربوط به خلأ است.)



$$\frac{sin\theta_2}{sin\theta_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{c}{n_2}}{\frac{c}{n_1}} = \frac{n_1}{n_2} \quad \Rightarrow \quad \frac{sin\theta_2}{sin\theta_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

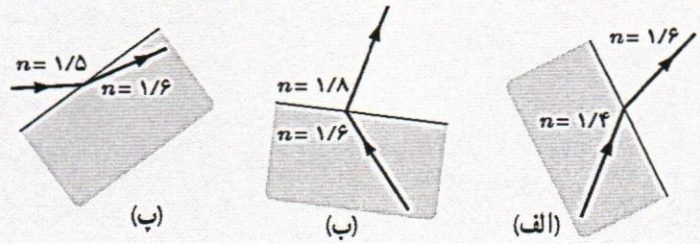
و یا: قانون شکست اسنل $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$



تمرین۷۹. پرتوی نوری مطابق شکل، از هوا بر تیغهٔ شیشه ای متوازی السطوحی، با زاویهٔ تابش 60° فرود می‌آید. الف) زاویهٔ شکست (θ_A) پرتو در شیشه چقدر است؟ ب) زاویه خروجی (θ_B) پرتو از شیشه چقدر است؟ (ضریب شکست هوا $n_1=1$ و ضریب شکست شیشه $n_2=1/5$) (مثال۳-۱۱)

تمرین۸۰. با توجه به تمرین بالا آزمایشی را طراحی و اجرا کنید که به کمک آن بتوان ضریب شکست یک تیغهٔ متوازی السطوح شفاف را اندازه گرفت. (فعالیت ۳-۱۱)

تمرین۸۱. کدام یک از سه شکل زیر یک شکست را نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟ (پرسش ۳-۱۰)



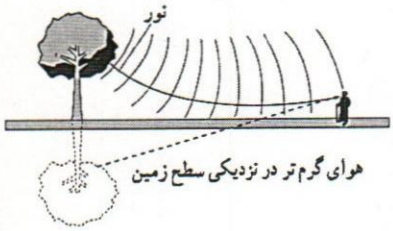
تمرین۸۲. پرتو نوری از هوا وارد محیط شفافی به ضریب شکست $\sqrt{3}$ می‌شود اگر پرتو شکست با خط عمود زاویه ۳۰ درجه بسازد زاویه تابش را مشخص کنید.

تمرین۸۳. پرتو نور تکرنگی با زاویه ۴۵ درجه به سطح مایعی می‌تابد و با زاویه ۳۰ درجه شکسته شده وارد مایع می‌گردد ضریب شکست مایع را حساب کنید.

تمرین۸۴. یک شعاع نور که با زاویه‌ی تابش ۶۰ درجه از هوا وارد مایعی شده، ۱۵ درجه منحرف می‌شود، سرعت این شعاع در داخل مایع تقریبا چند کیلومتر بر ثانیه است؟ ($C=3\times10^5$ km/s)

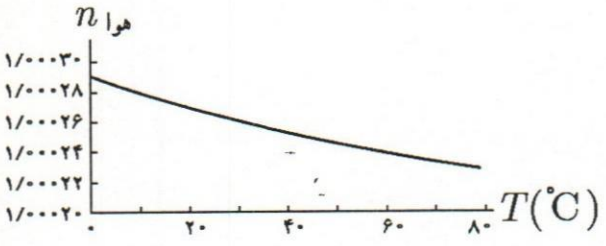
تمرین۸۵. وقتی پرتو نور تک رنگی از هوا وارد محیط شفافی به ضریب شکست n_1 می‌شود از سرعت آن ۲۵ درصد کاسته می‌شود. اگر این پرتو از هوا وارد محیط شفافی به ضریب شکستn_2 شود سرعتش ۸۰ درصد سرعت آن در هوا خواهد شد نسبت n_1 بهn_2 را حساب کنید.

تمرین۸۶. اگر زمانی که نور مسافت ۱۲۰سانتیمتر را در آب به ضریب شکست $\frac{۴}{۳}$ طی می‌کند، برابر باشد با زمانی که مسافت d را در هوا طی می‌کند، d چند سانتی‌متر است؟

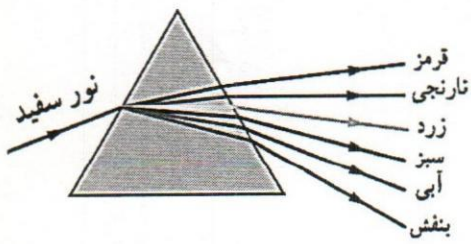


سراب: در روزهای گرم ممکن است برکهٔ آبی را در دوردست ببینید که بر سطح زمین قراردارد، اما وقتی به آن محل می رسید، آنجا را خشک می یابید .به این پدیده **سراب** یا سراب آبگیر می‌گویند.

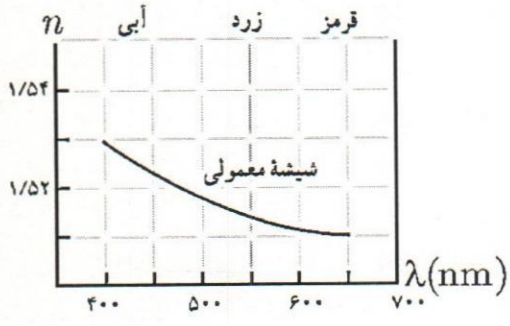
در روزهای گرم هوای سطح زمین نسبتا داغ است. چگالی هوا با افزایش دما کاهش می‌یابد که این سبب کاهش ضریب شکست می شود. با پایین آمدن هر چه بیشتر پرتوهای نظیر جبهه‌های موج، آنها با ضریب شکست‌های کوچک‌تر و کوچک‌تری روبه‌رو می‌شوند و در هرمرحله با دور شدن از خط عمود، بیشتر و بیشتر به سمت افق و در ادامه به سمت بالا خم می‌شوند. نوری که به چشم ما می‌رسد، به نظر می‌آید از امتداد پرتوهای نشان داده شده است و این حس را ایجاد می‌کند که گویی از تصویری از جسم (مثلا درخت) بر روی سطح زمین ایجاد شده است. چون این اتفاق وقتی می‌افتد که آب روی زمین است، تصور می‌شود آب روی زمین است.



پاشندگی نور: وقتی باریکهٔ نور سفید خورشید به وجهی ازیک منشور می‌تابد، در عبور از منشور به رنگ‌های مختلفی تجزیه می‌شود. دلیل این پدیده آن است که ضریب شکست هر محیطی به جز خلأ به طول موج نور بستگی دارد. یعنی وقتی باریکهٔ نوری شامل پرتوهایی با طول موج های مختلف باشد، این پرتوها هنگام عبور از مرز دو محیط در زاویه‌های مختلفی شکسته می‌شوند. به این پخش شدگی نور، **پاشندگی نور** می گویند.

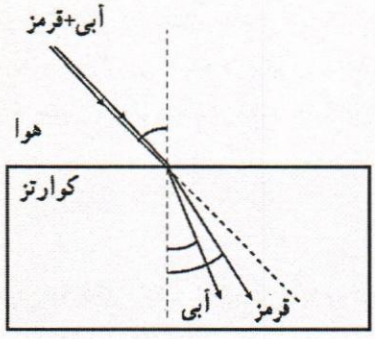


عموماً ضریب شکست یک محیط معیّن برای طول موج های کوتاه تر، بیشتر است. اگر مثلاً دو باریکهٔ نور آبی و قرمز با زاویهٔ تابش یکسانی از هوا وارد شیشه شوند باریکهٔ آبی بیشتر از باریکهٔ قرمز خم می شود.



تمرین۸۷. کمترین و بیشترین انحراف پرتوهای خروج از منشور مربوط به کدام نورها است؟ چرا؟

تمرین۸۸. شکل روبه رو باریکهٔ نوری متشکل از دو پرتوی قرمز وآبی را نشان می‌دهد که از هوا و با زاویهٔ 45° بر سطح تیغهٔ تختی از کوارتز می‌تابد. زاویه‌های شکست برای این دو پرتو را محاسبه کنید. ضریب شکست نورهای قرمز و آبی درکوارتزبه ترتیب برابرند با $n_{قرمز}=1/459$ و $n_{آبی}=1/467$. (تمرین۳-۱۱)



بخش چهارم پرسش ها و مسئله های فصل۳

۳-۷ بازتاب موج

تمرین۸۹. در جای خالی کلمات مناسب بگذارید

A. ..... صوت نمونه‌ای از بازتاب امواج مکانیکی است.

B. ..... وقتی رخ می‌دهد که جهت پیشروی موج در ورود به یک محیط جدید تغییر کند.

C. زاویهٔ بین خط عمود بر سطح مانع و پرتوی تابیده (فرودی) را ..... می‌نامند.

D. زاویهٔ بین خط عمود بر سطح مانع و پرتوی بازتابیده را ..... می‌نامند.

E. بنابر .....، همواره زاویهٔ بازتابش برابر با زاویهٔ تابش (یعنی $\theta_i = \theta_r$) است.

F. . اگر تأخیر زمانی بین دو صوت کمتر از ..... باشد، گوش انسان نمی تواند پژواک را از صوت مستقیم اولیه تمیز دهد.

G. ..... به همراه اثر ..... ، در تعیین مکان اجسام متحرک و نیز تعیین تندی آنها به کار می‌رود.

H. دستگاه ..... در کشتی‌ها برای مکان‌یابی اجسام زیر آب به کار می‌رود.

I. در..... از مکان یابی پژواکی استفاده می‌شود.

J. ..... بخشی از طیف امواج الکترومغناطیسی است.

K. اگر سطح بازتابندهٔ نور همچون یک آینه، بسیار هموار باشد، بازتاب نور را ..... می‌گویند.

L. ..... وقتی رخ می‌دهد که نور به سطحی برخورد کند که صیقلی و هموار نباشد.

M. اگر طول موج الکترومغناطیسی ..... از بخش‌های یک سطح باشد، آن سطح هموار محسوب می‌شود و بازتاب از آن آینه‌ای است.

N. با ورود موج به بخش کم عمق، تندی موج سطحی ..... می‌یابد.

O. اگرموجی از محیطی که در آن تندی موج کمتر است وارد محیطی شود که در آن تندی موج بیشتر است، زاویهٔ شکست ..... از زاویهٔ تابش می‌شود.

P. ..... برابر با نسبت تندی نور در خلأ به تندی نوردر یک محیط است.

Q. شکست نور در منشور (پاشندگی نور) به این دلیل است که ..... هر محیطی به جز خلأ به طول موج نور بستگی دارد.

R. ضریب شکست یک محیط معیّن برای طول موج های کوتاه تر، ..... است.

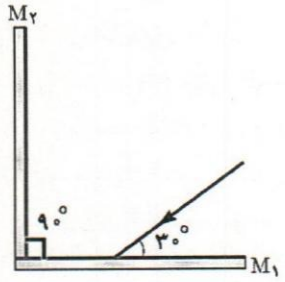
تمرین۹۰. مثالهایی برای کاربرد بازتاب و مثالهایی برای کاربرد شکست امواج در زندگی را نام برید.

تمرین۹۱. دانش آموزی بین دو صخرهٔ قائم ایستاده‌است و فاصلهٔ او از صخرهٔ نزدیک تر $240m$ است. دانش آموز فریاد می‌زند و اولین پژواک صدای خود را پس از $1/50s$ و صدای پژواک دوم را $1/00s$ بعد از پژواک اول می‌شنود. الف) تندی صوت در هوا چقدراست؟ ب) فاصلهٔ بین دو صخره را بیابید. (تمرین۳۳ کتاب)

تمرین۹۲. اگر در فاصلهٔ مناسبی از یک رشته پلکان بلند بایستید و یک بار کف بزنید، پژواکی بیشتر از یک صدای برهم زدن دست می‌شنوید. نمونهٔ جالبی از این پدیده در برابر رشته پله های معبد قدیمی کوکولکان در مکزیک رخ می‌دهد. این معبد از ۹۲ پلهٔ سنگی تشکیل شده است. در مورد چنین پژواکی توضیح دهید. (تمرین۳۴ کتاب)

تمرین۹۳. وقتی یک باریکهٔ لیزر را به دیوار کلاس می‌تابانیم، همهٔ دانش آموزان نقطهٔ رنگی ایجاد شده روی دیوار را می‌بینند. دلیل آن چیست؟(تمرین۳۵ کتاب)

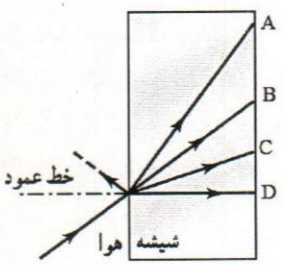
تمرین۹۴. در شکل زیر پرتوهای بازتابیده از آینه های تخت M_1 و M_2 را رسم کنید. (تمرین۳۶ کتاب)



۴-۲ شکست موج

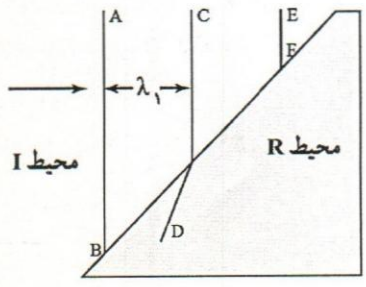
تمرین۹۵. با رسم شکلی از جبهه‌های موج توضیح دهید چگونهٔ جهت انتشار جبهه‌های موج با رسیدن به یک ساحل شیب دار، تغییرمی‌کند. (تمرین ۳۷ کتاب)

تمرین۹۶. شکل زیر پرتویی را نشان می‌دهد که از هوا وارد شیشه شده است. کدام گزینه‌های A تا D می‌تواند پرتوی داخل شیشه را نشان‌دهد؟ (تمرین ۳۸ کتاب)

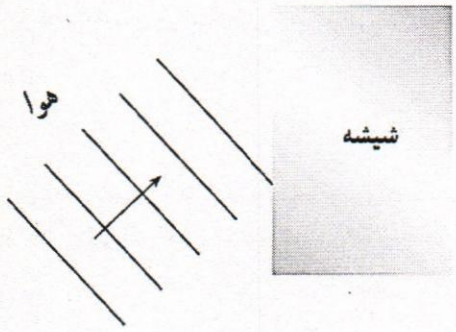


تمرین۹۷. ضریب شکست آب ۱/۳ و ضریب شکست شیشه ۱/۵ است. اگر نوری به طور مایل از آب به مرز شیشه با آب بتابد، با رسم نموداری، جبهه‌های موج را در دو محیط نشان‌دهید. (تمرین ۳۹ کتاب)

تمرین۹۸. شکل روبرو جبهه‌های موجی را نشان می‌دهد که بر مرز بین محیط I و محیط R فرود آمده‌اند. الف) ادامهٔ جبههٔ موج EF را در محیط R رسم‌کنید. ب) توضیح دهید در کدام محیط تندی موج بیشتر است. پ) آیا با استفاده از این نمودار می توان نسبت تندی موج عبوری به موج فرودی را محاسبه کرد؟(تمرین ۴۰ کتاب)



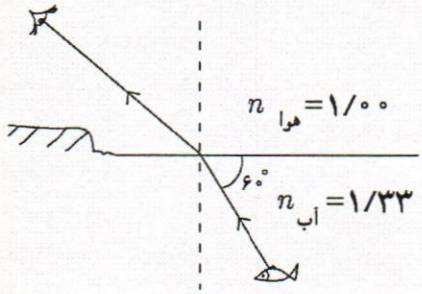
تمرین۹۹. در شکل زیر موج نوری فرودی از هوا وارد شیشه می‌شود. بخشی از موج در سطح جدایی دو محیط بازمی‌تابد و بخشی دیگر شکست می‌یابد و وارد شیشه می‌شود. الف) مشخصه‌های موج بازتابیده و موج شکست یافته را با موج فرودی مقایسه کنید. ب) جبهه‌های موج بازتابیده و شکست یافته را رسم‌کنید. (تمرین ۴۱ کتاب)



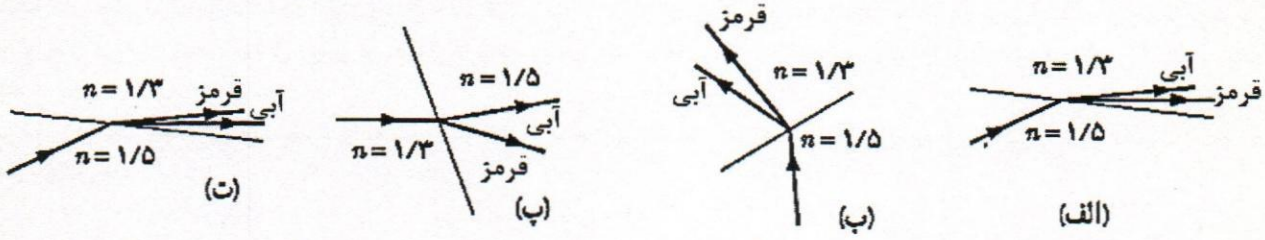
تمرین۱۰۰. طول موج نور قرمز لیزر هلیم نئون در هوا حدود ۶۳۳nm ولی در زجاجیهٔ چشم ۴۷۴nm است. الف) بسامد این نور چقدر است؟ ب) ضریب شکست زجاجیه برای این نورچقدر است؟ پ) تندی این نور در زجاجیه را محاسبه کنید. (تمرین۴۲ کتاب)

تمرین۱۰۱. سکه‌ای را در گوشهٔ فنجانی خالی قرار دهید و طوری مقابل آن قرار گیرید که نتوانید سکه را ببینید. سپس بی‌آنکه سرتان را حرکت دهید به آرامی در فنجان آب بریزید، به طوری که آب ریختن شما موجب جابه جایی سکه نشود. با پرشدن فنجان، سکه را خواهید دید. با رسم پرتوها علت دیده شدن سکه را توضیح دهید. (تمرین۴۳ کتاب)

تمرین۱۰۲. مطابق شکل، پرتو نوری که از ماهی به چشمان شخص می‌رسد تحت زاویهٔ 60° به مرز آب هوا برخورد کرده است. زاویهٔ شکست این پرتو در هوا چقدر است؟(تمرین۴۴ کتاب)



تمرین۱۰۳. در شکل‌های زیر، پرتوی فرودی که شامل نورهای قرمز و آبی است در سطح مشترک دو ماده شکست پیدا کرده‌اند. کدام شکل، شکستی را نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟(تمرین۴۵ کتاب)

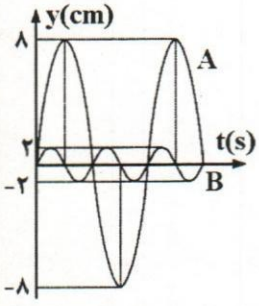


تمرین۱۰۴. دو دانش آموز به نور زرد نگاه می‌کنند. یکی از آنها نور زرد را ترکیب دو نور قرمز و سبز و دیگری آن را از یک نوع رنگ می‌داند. به نظر شما با چه تجربه‌ای می‌توان بین این دو نظر، یکی را انتخاب کرد؟(تمرین۴۶ کتاب)

چند تست برای فصل ۳

تمرین۱۰۵. دامنه‌ی حرکتِ نوسان‌گرِ وزنه-فنر، ۵cm است. اگر جرمِ وزنه۲۰۰g و ثابتِ فنر $۲۰۰\frac{N}{m}$ باشد، انرژیِ کلِّ نوسان‌گر چند ژول است؟

۱) ۰/۲۵ ۲) ۲/۵ ۳) ۵ ۴) ۵۰



تمرین۱۰۶. ریاضی ۹۲-با توجه به نمودار روبرو که مربوط به مکان- زمان دو نوسان کننده‌ی A و B است و جرم جسم A چهار برابر جسم B است، بیشینه‌ی نیروی وارد بر جسم A چند برابر بیشینه‌ی نیروی وارد بر جسم B است؟

۱) ۶۴ ۲) $\frac{۱}{۴}$ ۳) ۱۶ ۴) ۴

تمرین۱۰۷. موجی در جهتِ $x+$ منتشر می‌شود. اگر در یک لحظه و در یک نقطه، جهتِ میدانِ مغناطیسی در جهتِ $y+$ باشد، جهتِ میدانِ الکتریکی در همین لحظه و در همین نقطه، در چه جهتی است؟

۱) $+z$ ۲) $-z$ ۳) $+y$ ۴) $-y$

تمرین۱۰۸. یک موجِ الکترومغناطیسی به طرفِ شرق منتشر می‌شود. در یک لحظه در محلِّ معیّنی، بردارِ E مستقیماً به طرفِ بالا است. جهتِ بردارِ B کدام است؟

۱)شمال ۲)پایین ۳)شرق ۴)جنوب

تمرین۱۰۹. $(\varepsilon_o\mu_o)^{\frac{۱}{۲}}$ از جنسِ کدام کمّیتِ فیزیکی است؟

۱)انرژی ۲)شتاب ۳)سرعت ۴)زمان

تمرین۱۱۰. یک موجِ الکترومغناطیس با بسامدِ۲۰MHz با سرعتِ $۲/۲\times۱۰^۸ m/s$ درونِ نوعی شیشه منتشر می‌شود. طولِ موجِ آن در شیشه چند متر است؟

۱) ۱۱ ۲) ۲۲ ۳) ۱/۱ ۴) ۲۵۶

تمرین۱۱۱. در موردِ امواجِ فرابنفش و فروسرخ، کدام یک از مواردِ زیر درست است؟

۱)هر دو مرئی هستند. ۲) بسامدِ هر دو از اشعه‌ی ایکس کم‌تر است.
۳) بسامدِ هر دو از نورِ مرئی کم‌تر است . ۴) طولِ موجِ هر دو از اشعه‌ی ایکس کم‌تر است.

تمرین۱۱۲. هنگامی که سیمِ یک گیتار مرتعش می شود، موجِ پدید آمده در سیم و موجِ صوتیِ حاصل از آن در هوا به ترتیب از راست به چپ از چه نوع هستند؟

۱) عرضی-عرضی ۲) عرضی-طولی ۳) طولی-عرضی ۴) طولی-طولی

تمرین۱۱۳. صوت در کدام یک از محیط‌هایِ زیر منتشر نمی‌شود؟

۱) آب ۲) میله‌ی آهنی ۳) گازهایِ بی اثر ۴) خلأ

تمرین۱۱۴. کدام یک از گزینه‌هایِ زیر، در موردِ موجِ صوتی در هوا، صحیح است؟

۱) مولکول‌هایِ هوا با سرعتِ ثابت در جهتِ انتشارِ موج، جابجا می‌شوند. ۲) مولکول‌هایِ هوا با شتابِ متغیّر در جهتِ انتشارِ موج، جابجا می‌شوند.
۳) مولکول‌هایِ هوا حولِ نقطه‌ی تعادلِ خود و در راستایِ موج، نوسان می‌کنند. ۴) مولکول‌هایِ هوا حولِ نقطه‌ی تعادلِ خود و عمود بر راستایِ موج، نوسان می‌کنند.

تمرین۱۱۵. اگر یک چشمه‌ی صوتی، صوت را به طورِ یکنواخت در تمامِ جهات،گسیل کند و جبهه‌هایِ موج، نقاطِ پُر فشار را نشان دهند، فاصله‌ی هر دو جبهه‌ی متوالی، چند برابرِ طولِ موج است؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۰/۵ ۴) ۰/۲۵

تمرین۱۱۶. کدام یک از عامل‌های زیر بر سرعت صوت در هوا موثر است؟

۱) شکل موج ۲) دامنه‌ی موج ۳) بسامد موج ۴) دمای هوا

تمرین۱۱۷. چنانچه بسامدِ صوتی را ۲ برابر و شدّتِ آن را ۴برابر کنیم، سرعتِ انتشارِ صوت در محیط، چند برابر می‌شود؟

۱) ۲ ۲) ۸ ۳) ۰/۵ ۴)تغییر نمی‌کند.

تمرین۱۱۸. (ریاضی ۹۰) تراز شدت صوت ۲۶ دسی‌بل است. شدت این صوت، چند وات بر متر مربع است؟ ($\log ۲ = ۰/۳$ و $I_o = ۱۰^{-۱۲} W/m^۲$)

۱) ۴×۱۰^{-۱۰} ۲) ۲×۱۰^{-۴۰} ۳) ۴×۱۰^{-۴} ۴) ۲×۱۰^{-۱۰}

تمرین۱۱۹. (ریاضی ۹۲) شدت صوتی $۳/۲\times۱۰^{-۳} W/m^۲$ است. تراز شدت این صوت چند دسی‌بل است؟ ($\log ۲ = ۰/۳$ و $I_o = ۱۰^{-۱۲} W/m^۲$)

۱) ۱۵ ۲) ۲۵ ۳) ۸۵ ۴) ۹۵

تمرین۱۲۰. (۹۱ ریاضی) شنونده‌ای که در فاصله‌ی ۸متری یک منبع صوت قرار دارد، چند متر به منبع صوت نزدیک شود تا صوت منبع را با تراز شدت ۱۲دسی‌بل بیشتر از حالت قبل احساس کند؟ ($\log ۲ = ۰/۳$)

۱) ۷/۵ ۲) ۶ ۳) ۴/۵ ۴) ۲

تمرین۱۲۱. دو چشمه‌ی صوت، صوت‌هایی با بسامدِ $f_۱$ و $f_۲=2f_۱$ و دامنه‌های $A_۱$ و $A_۲ = \frac{A_۱}{۴}$ ایجاد می‌کنند. در چه فاصله‌ای بر حسبِ متر از چشمه‌ی اوّل، شدتِ صوت برابر با شدتِ صوت در فاصله‌ی ۱متریِ چشمه‌ی دوّم می‌باشد؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۰/۵

تمرین۱۲۲. اگر بسامدِ یک چشمه‌ی صوتی را به تدریج از $۲۰Hz$ تا $۲۰۰۰۰Hz$ افزایش دهیم، شدتِ صوتِ آستانه‌ی شنوایی، چه تغییری می‌کند؟

۱)پیوسته افزایش می‌یابد. ۲)پیوسته کاهش می‌یابد .

۳)ابتدا افزایش یافته سپس کاهش می‌یابد. ۴) ابتدا کاهش یافته سپس افزایش می‌یابد.

تمرین۱۲۳. ترازِ شدتِ صوتِ مبنا را به دست آورید.

تمرین۱۲۴. فاصله‌ی خود را از منبعِ صوتی، ۳برابر می‌کنیم. ترازِ شدتِ صوت، چند بِل کاهش می‌یابد؟($\log ۳ = ۰/۵$)

۱) ۱ ۲) ۹ ۳) ۳ ۴) $\frac{۱}{۳}$

تمرین۱۲۵. اگر شدتِ صوتی، $\sqrt{۱۰}$ برابر شود، ترازِ شدتِ آن چگونه تغییر می‌کند؟

۱)۵ برابر می‌شود. ۲) ۱۰برابر می‌شود. ۳) $۵db$افزایش می‌یابد. ۴) $۱۰db$افزایش می‌یابد.

تمرین۱۲۶. اگر دامنه‌ی ارتعاشِ چشمه‌ی صوتی ۵ برابر شود و فاصله‌ی شنونده از چشمه‌ی صوت نیز نصف شود، ترازِ شدتِ صوتی که شنونده دریافت می‌کند، چگونه تغییر می‌کند؟(جذبِ انرژی در محیطِ انتشار ناچیز است.)

۱)۲۰برابر می شود. ۲)۱۰۰برابر می‌شود. ۳)۲۰دسی‌بِل افزایش می‌یابد. ۴)۱۰۰دسی‌بِل افزایش می‌یابد.

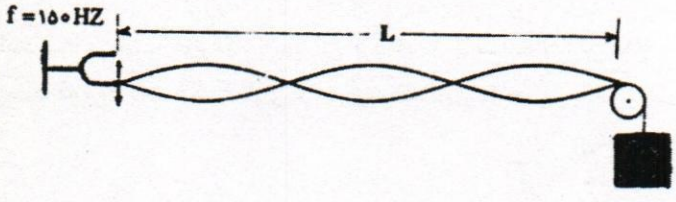
تمرین۱۲۷. شدتِ صوتی $۰/۴ W/m^۲$است. ترازِ شدتِ صوت، چند دسی‌بل است؟ ($\log ۲ = ۰/۳$ و $I_o = ۱۰^{-۱۲} W/m^۲$)

۱) ۸۴ ۲) ۹۴ ۳) ۱۱۶ ۴) ۱۲۶

تمرین۱۲۸. (تجربی ۹۱) سرعت انتشار موج عرضی در یک تار، ۱۰۰m/s است. نیروی کشش این تار را چند درصد افزایش دهیم، تا سرعت انتشار موج در آن به ۱۱۰m/s برسد؟

۱) $\sqrt{۱۰}$ ۲) ۱۰ ۳) $\sqrt{۲۱}$ ۴) ۲۱

تمرین۱۲۹. (ریاضی ۹۱) مطابق شکل در یک تار مرتعش موج ایستاده تشکیل شده است. اگر طول تار (L) برابر ۶۰ سانتی‌متر و جرم تار ۲ گرم باشد، جرم وزنه آویخته شده از انتهای تار چند گرم است؟ ($g=۱۰m/s^۲$)



۱) ۳۶۰ ۲) ۶۸۰ ۳) ۱۲۰۰ ۴) ۱۰۰۰

تمرین۱۳۰. (تجربی ۹۲) موج عرضی دریک محیط منتشر می‌شود و فاصله‌ی بین دو قله‌ی متوالی آن ۱۰cm است. اگر سرعت انتشار موج در آن محیط ۵m/s باشد، بسامد موج چند هرتز است؟

۱) ۱۰۰ ۲) ۵۰ ۳) ۲۵ ۴) ۱۰

پاسخ جای خالی کلمات بخش دوم فصل سوم

افزایش- بیشینه- صفر- انرژی جنبشی- صفر – بیشینه- فاصله (x) – سرعت- مجذور بسامد – ۳۶- $A\omega$- هماهنگ ساده - شتاب گرانشی(g) - طول آونگ (L) – یک برابر - تشدید (رزونانس)- افزایش

پاسخ جای خالی کلمات بخش سوم فصل سوم

دارند - نمی‌یابند- می‌شوند. – عرضی – طولی - طول موج λ - بستگی دارد. - نیروی کشش (F) - چگالی خطی جرم - مربع دامنه ($A^۲$) - مربع بسامد ($f^۲$)- هم زمانِ – بیشتر- طولی - جسمی مرتعش (چشمه صوت) - ارتفاع - بلندی- بسامدی – شدتی - ۲۰۰۰Hz - ۵۰۰۰ Hz – کوتاهتر - افزایش -

پاسخ جاگذاری کلمات بخش چهارم

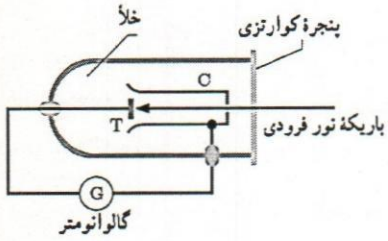
پژواک – شکست – تداخل- زاویهٔ تابش- زاویهٔ بازتابش - قانون بازتاب عمومی -۰/۱s- مکان‌یابی پژواکی- دوپلر- سونار- سونوگرافی- نور مرئی - بازتاب آینه‌ای یا منظم- بازتاب پخشنده یا نامنظم - خیلی کوچکتر-کاهش- بزرگ‌تر- ضریب شکست- ضریب شکست - بیشتر

فصل چهارم: آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای

حوزه‌های فیزیک، از جمله مکانیک نیوتونی، ترمودینامیک و نظریهٔ الکترومغناطیس ماکسول امروزه به نام فیزیک کلاسیک شناخته می‌شود. نسبیت خاص(مربوط به مطالعهٔ پدیده‌ها در تندی‌های بسیار زیاد و قابل مقایسه با تندی نور)، نظریهٔ نسبیت عام (مربوط به مطالعهٔ هندسهٔ فضا زمان و گرانش) و نظریهٔ کوانتومی (مربوط به مطالعهٔ پدیده ها در مقیاس های بسیار کوچک، مانند اتم ها و ذره های سازندهٔ آنها) سه نظریه فیزیک جدید هستند.

۵-۱ اثر فوتوالکتریک و فوتون

وقتی نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطحی فلزی بتابد الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شوند. این پدیدهٔ فیزیکی را، **اثر فوتوالکتریک** و الکترون های جدا شده از سطح فلز را **فوتوالکترون** می‌نامند. در اثر فتوالکتریک الکترون‌ها، انرژی نور فرودی را جذب می‌کنند و از سطح فلز خارج می‌شوند.



برای بررسی اثر فوتوالکتریک از دستگاهی مطابق شکل روبرو استفاده می‌شود:
در اثر فوتوالکتریک، نوری تکفام با بسامدی به قدر کافی بالا، الکترون‌ها را از سطح صفحهٔ فلزی T بیرون می‌آورد. این فوتوالکترون‌ها، به طرف جمع کنندهٔ C می‌روند و جریانی را در مدار به وجود می‌آورند.
با افزایش شدت این نور، گالوانومتر عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد، حال آنکه آزمایش نشان می‌دهد که اگر بسامد نور فرودی از مقدار معیّنی کمتر باشد، هر چقدر هم که شدت نور فرودی افزایش یابد این پدیده رخ نمی‌دهد و گالوانومتر عبور جریانی را نشان نمی‌دهد.

توجیه فیزیک کلاسیک دربارهٔ فتوالکتریک: هنگام برهم کنش موج الکترومغناطیس (نور فرودی) با سطح فلز، میدان الکتریکی این موج، نیروی $F=-eE$ به الکترون‌های فلز وارد کند و آنها را به نوسان وادارد. به این ترتیب، وقتی دامنهٔ نوسان برخی از الکترون ها به قدر کافی بزرگ شود انرژی جنبشی لازم را برای جدا شدن از سطح فلز پیدا می‌کنند.

مشکل فیزیک کلاسیک در توجیه اثر فتوالکتریک:

۱) بنا به این دیدگاه کلاسیکی، این پدیده باید با هر بسامدی رخ دهد در حالی که این نتیجه با تجربه سازگار نیست.

۲) یکی دیگر از پیامدهای نظریهٔ الکترومغناطیسی ماکسول این است که شدت نور با مربع دامنهٔ میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است ($I \propto E^2$). به این ترتیب انتظار می‌رود به ازای یک بسامد معیّن، اگر شدت نور فرودی بر سطح فلز را افزایش دهیم باید الکترون ها با انرژی جنبشی بیشتری از فلز خارج شوند، نتیجه ای که تجربه آن را تأیید نمی کند.

اینشتین در نظریهٔ فوتوالکتریک فرض کرد که نور با بسامد f را می‌توان به صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی در نظر گرفت. هر بستهٔ انرژی، که بعدها **فوتون** نامیده شد، دارای انرژی‌ای است که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E = hf \quad \overset{\text{یا}}{\Rightarrow} \quad E = \frac{hc}{\lambda}$$

در این رابطه h **ثابت پلانک** نامیده می شود و به طور تجربی معلوم شده است که مقدار آن $h = ۶/۶۳ \times ۱۰^{-۳۴}$ J.s است.

در حالت کلی $E = nhf$ که n یک عددِ صحیحِ مثبت است و معرّفِ تعدادِ کوانتوم‌هایِ انرژی (hf) می‌باشد و عددِ کوانتومی نام دارد.

❖ با مقیاسِ بزرگ انرژی را با یکایِ ژول می‌سنجیم. (ژول برابرِ انرژیِ بارِ ۱کولنی، تحتِ ولتاژِ ۱ولت است $U = qV$). در قلمروِ اتمی، ژول یکایِ بزرگی است و معمولاً از یکایِ کوچک تری به نامِ الکترون ولت (eV) استفاده می‌کنیم که با عبارتِ مقدارِ انرژیِ یک الکترون تحتِ ولتاژِ ۱ولت، تعریف می شود.

$$۱eV = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} J$$

❖ ثابت پلانک برحسب eV.s برابر است با $h = ۴ \times ۱۰^{-۱۵} eV.s$

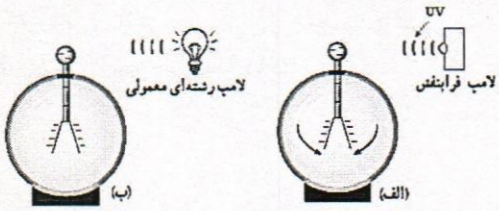
❖ کمیت hc در بسیاری از محاسبه‌های این فصل لازم است. با جاگذاری مقادیر آن داریم:

$$hc = 6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8} = 19.9 \times 10^{-26} J.m$$

اگر h را برحسب eV.s و سرعت نور را برحسب nm برثانیه بنویسیم داریم: $hc = 1240 eV.nm$ *(بهتر است حفظ شود.)*

اگر بسامد نور تابیده شده بر سطح فلز از بسامدی موسوم به بسامد آستانه (که به جنس فلز بستگی دارد) کمتر باشد، فوتون‌ها، حداقل انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از فلز را ندارند و پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد. همچنین برای نوری که فوتون‌های آن دارای حداقل انرژی لازم برای وقوع پدیدهٔ فوتوالکتریک هستند، افزایش شدت نور (با ثابت ماندن بسامد) فقط سبب افزایش تعداد فوتون‌ها و در نتیجه افزایش تعداد فوتوالکترون‌ها می‌شود، در حالی که انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها بدون تغییر می‌ماند.

تمرین۱. اگر بر کلاهک برق نمایی با بار منفی، نور فرابنفشی تابیده شود، مشاهده می‌شود که انحراف ورقه‌های آن کاهش می‌یابد در حالی که با تابش نور مرئی، تغییری در انحراف ورقه‌های برق نما رخ نمی‌دهد. علت این پدیده را توضیح دهید.



تمرین۲. یک چشمهٔ نور مرئی با توان ۱۰۰W ، فوتون هایی با طول موج $\lambda=550nm$ گسیل می کند. الف) انرژی هر فوتون را برحسب الکترون ولت محاسبه کنید. ب) چه تعداد فوتون در هر ثانیه از این چشمهٔ نور گسیل می‌شود؟ (مثال ۴-۱)

تمرین۳. نوری با طول موج ۲۴۰nm به سطحی از جنس فلز تنگستن می‌تابد و سبب گسیل فوتوالکترون‌ها از آن می‌شود.
الف) بسامد نور فرودی را پیدا کنید.

ب) اگر توان چشمهٔ نور فرودی ۵۰W باشد، در هر دقیقه چه تعداد فوتون از این چشمه گسیل می‌شود؟

پ) اگر توان و در نتیجه شدت چشمهٔ نور فرودی به نصف کاهش پیدا کند، شمار فوتون‌های گسیل شده از چشمه در هر دقیقه چه تغییری می‌کند؟ (**تمرین ۴-۱**)

پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۵ (بخش اول)

۵-۱ اثر فوتوالکتریک و فوتون

تمرین۴. در جای خالی کلمات مناسب بگذارید

A. حوزه‌های فیزیک، از جمله مکانیک نیوتونی، ترمودینامیک و نظریهٔ الکترومغناطیس ماکسول امروزه به نام ..... شناخته می‌شود.

B. نظریه ..... مربوط به مطالعهٔ پدیده‌ها در تندی‌های بسیار زیاد و قابل مقایسه با تندی نور است.

C. نظریه ..... مربوط به مطالعهٔ هندسهٔ فضا زمان و گرانش است.

D. نظریهٔ ..... مربوط به مطالعهٔ پدیده ها در مقیاس های بسیار کوچک، مانند اتم ها و ذره های سازندهٔ آنها است.

E. وقتی نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطحی فلزی بتابد الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شوند که به آنها ..... می‌گویند.

F. در ..... الکترون‌ها، انرژی نور فرودی را جذب می‌کنند و از سطح فلز خارج می‌شوند.

G. اینشتین در نظریهٔ فوتوالکتریک فرض کرد که نور با بسامد f را می‌توان به صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی به نام ..... در نظر گرفت.

H. انرژی هر فوتون از رابطه‌ی ..... به دست می‌آید.

تمرین۵. یک لامپ حاوی گاز کم فشار سدیم، فوتون‌هایی با طول موج ۵۸۹nm گسیل می‌کند. الف) بسامد و انرژی فوتون‌های گسیلی را حساب کنید. انرژی را بر حسب ژول و همچنین الکترون ولت بیان کنید. ب) فرض کنید توان تابشی مفید لامپ ۰/۵W است. در هردقیقه چند فوتون از این لامپ گسیل می‌شود؟ (۱کتاب)

تمرین۶. توان باریکهٔ نور خروجی یک لیزر گازی هلیم نئون ۵/۰mW است. اگر توان ورودی این لیزر ۵۰/۰W باشد الف) بازده لیزر را حساب کنید. ب) اگر طول موج باریکهٔ نور خروجی ۶۳۳nm باشد، شمارفوتون‌هایی را پیدا کنید که در هر ثانیه از این لیزر گسیل می‌شود. (۲کتاب)

تمرین۷. یک لامپ رشته‌ای با توان ۱۰۰W از فاصلهٔ یک کیلومتری دیده می شود. فرض کنید نور لامپ به طور یکنواخت در فضای اطراف آن منتشر می‌شود و بازدهٔ لامپ ۵ درصد است (یعنی ۵W تابش مرئی گسیل می‌کند) و فقط ۱ درصد این تابش دارای طول موجی در حدود ۵۵۰nm است. در هر ثانیه چه تعداد فوتون با این طول موج وارد مردمک‌های چشم ناظری می‌شود که در این فاصله قرار دارد؟ (قطر مردمک را ۲mm در نظر بگیرید). (۳کتاب)

تمرین۸. شدت تابشی خورشید در خارج جو زمین حدود $۱۳۶۰\ W/m^2$ است؛ یعنی در هر ثانیه به سطحی برابر $1m^2$، مقدار انرژی ۱۳۶۰J می‌رسد. وقتی این تابش به سطح زمین می‌رسد مقداری زیادی ازشدت آن، به علت جذب در جو و ابرها از دست می‌رود. اگر شدت تابشی متوسط خورشید در سطح زمین به ازای هر متر مربع حدود $۳۰۰\ W/m^2$ باشد، در هر ثانیه چند فوتون به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد؟ طول موج متوسط فوتون‌ها را ۵۷۰nm فرض کنید. (۴کتاب)

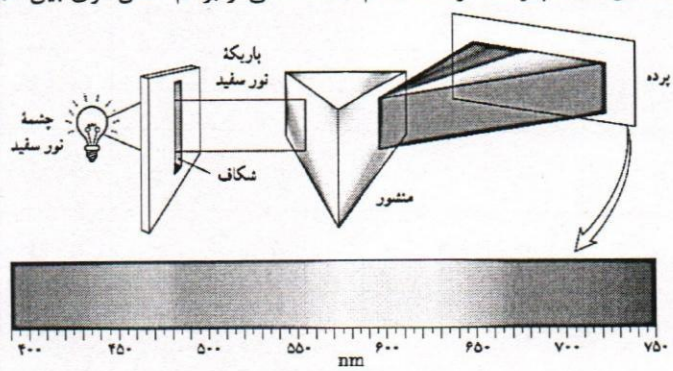
تمرین۹. الف) منظور از اثر فوتوالکتریک چیست؟ب) توضیح دهید نظریهٔ کوانتومی تابش که توسط اینشتین مطرح شد و در آن نور به صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی در نظرگرفته شد چگونه به تبیین اثر فوتوالکتریک کمک کرد؟ (۵کتاب)

تمرین۱۰. توضیح دهید برای یک فلز معیّن، تغییر هر یک از کمیت‌های زیر چه تأثیری در نتیجهٔ اثر فوتوالکتریک دارد. الف) افزایش یا کاهش بسامد نور فرودی نسبت به بسامد آستانه ب) افزایش شدت نور فرودی در بسامدهای کوچک تر از بسامد آستانه پ) کاهش شدت نور فرودی در بسامدهای بزرگ تر از بسامدآستانه(۶کتاب)

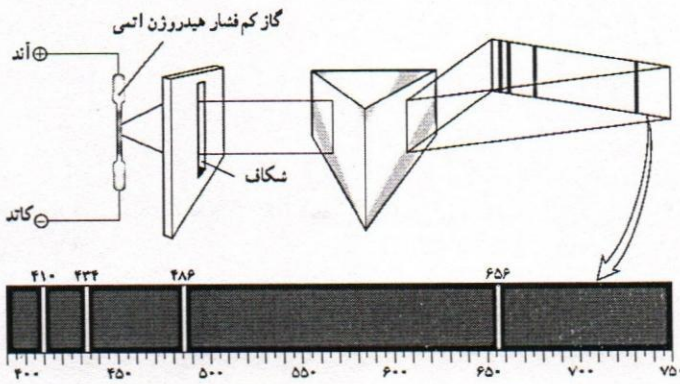
۴-۲ طیف خطی

همهٔ اجسام در هر دمایی که باشند، از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل (نشر) می‌کنند که به آن **تابش گرمایی** گفته می‌شود. اجسام در دماهای بالا از سطح خود نور مرئی گسیل می‌کنند. در دماهای معمولی، بیشتر تابش گسیل شده از سطح اجسام در ناحیهٔ فروسرخ طیف قرار دارد.

برای یک جسم جامد، نظیر رشتهٔ داغ یک لامپ روشن، این امواج شامل گستره پیوسته‌ای از طول موج‌هاست که آن را **طیف گسیلی پیوسته** یا به اختصار **طیف پیوسته** می‌نامند. تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم کنش قوی بین اتم های سازنده آن است.



گازهای کم فشار و رقیق، که اتم های منفرد آنها از برهم کنش‌های قوی موجود در جسم جامد آزادند به جای طیف پیوسته، طیفی گسسته را گسیل می‌کنند که شامل طول موج های معیّنی است. این طیف گسسته را، معمولاً **طیف گسیلی خطی** یا به **اختصار طیف خطی** می‌نامند و طول موج های ایجادشده در آن، برای اتم های هر گاز منحصر به فرد هستند و سرنخ های مهمی را درباره نوع و ساختار اتم های آن گاز به دست می‌دهند.



❖ طیف خطی ایجاد شده و همچنین رنگ نور گسیل شده، به نوع گاز درون لامپ بستگی دارد.

- طیفِ خطیِ هر عنصر، مانندِ اثرِ انگشتِ انسان‌ها، از ویژگی‌هایِ منحصر به فردِ هر اتم است. لذا به کمکِ طیف‌نمایی میتوان عناصر را از هم تشخیص داد.
- طیفِ گسیلیِ اجسامِ جامدِ ملتهب، پیوسته و مانندِ هم می‌باشند. لذا به کمکِ این طیف نمی‌توان عناصر را از یکدیگر تشخیص داد.
- این که چرا هر عنصر طول موج‌های خاص خود را تابش می‌کند و این که چرا هر عنصر تنها طول موج‌های خاصی را جذب می‌کند و بقیه‌ی طول موج‌ها را جذب نمی‌کند از دیدگاه فیزیک کلاسیک قابل توجیه نیست.

رابطه‌ی ریدبرگ: طولِ موجِ تمامیِ خطوطِ طیفِ اتمِ ئیدروژن را با استفاده از رابطه‌ی زیر که به رابطه‌ی ریدبرگ مشهور است، به دست آورد:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad , \quad R_H = 0/011(nm)^{-1}, \qquad n' < n$$

که در آن R_H ثابتِ ریدبرگ برایِ اتمِ ئیدروژن نامیده می‌شود. n شماره‌ی تراز بالاتر است که الکترون ابتدا رویِ آن قرار داشته و 'n شماره‌ی تراز پایین‌تر است که الکترون رویِ آن فرود می‌آید. دقّت کنید که طولِ موج در این رابطه، برحسبِ نانومتر است.

- به ازای هر مقدار معین 'n، مجموعه‌ی طول موج‌های به دست آمده از رابطه‌ی ریدبرگ- بالمر را یک رشته می‌نامند.
- به ازایِ کوچک‌ترین مقدارِ ممکنِ n (یعنی 'n+۱) در هر رشته، بلندترین طولِ موجِ خطوطِ آن رشته یا حدّ بالایِ رشته به دست می‌آید.
- هر چه n بزرگتر باشد، طولِ موج‌هایِ کوتاهتری می‌شوند پس، به ازایِ $n \to \infty$، کوتاهترین طولِ موجِ خطوطِ هر رشته یا حدّ پایینِ رشته پیدا می‌شود.

$$n = \infty \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{\lambda_{min}} = R_H\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{\infty}\right) \Rightarrow \lambda_{min} = \frac{n'^2}{R_H} \qquad n = n'+1 \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{\lambda_{max}} = R_H\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{(n'+1)^2}\right)$$

به ازای ۲='n رشتهٔ بالمر به دست می آید که در ناحیهٔ مرئی طیف قرار دارد.

نام رشته	مقدار 'n	رابطه‌ی ریدبرگ	مقدارهای n	گستره‌ی طول موج
لیمان	n' =۱	$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{1} - \frac{1}{n^2}\right)$	n =۲,۳,۴ ...	فرابنفش
بالمر	n' =۲	$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$	n =۳,۴,۵ ...	فرابنفش و مرئی
پاشن	n' =۳	$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right)$	n =۴,۵,۶ ...	فرو سرخ
براکت	n' =۴	$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right)$	n =۵,۶,۷ ...	فرو سرخ
پفوند	n' =۵	$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right)$	n =۶,۷,۸ ...	فرو سرخ

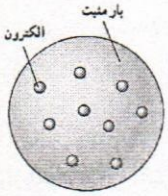
تمرین۱۱. طول موج های اولین و دومین خط های طیفی اتم هیدروژن در رشتهٔ براکت را به دست آورید و تعیین کنید که این خط ها در کدام گسترهٔ طول موج های الکترومغناطیسی واقع‌اند. (مثال ۴-۲)

تمرین۱۲. کوتاه‌ترین و بلندترین طول موج در رشتهٔ پفوند (۵='n) هیدروژن اتمی را به دست آورید. (مثال۴-۳)

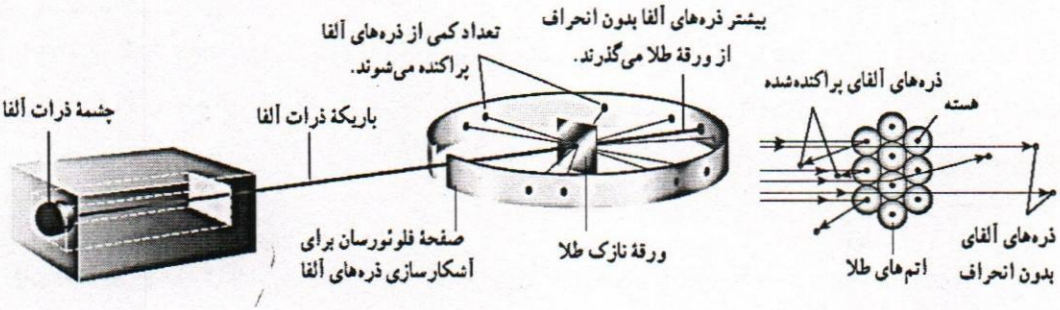
تمرین ۱۳. طول موج‌های اولین و دومین خط‌های طیفی اتم هیدروژن در رشتهٔ پاشن را به دست آورید و تعیین کنید که این خط‌ها در کدام گسترهٔ طول موج های الکترومغناطیسی واقع‌اند. (تمرین ۴-۳)

۴-۳ مدل اتم رادرفورد- بور

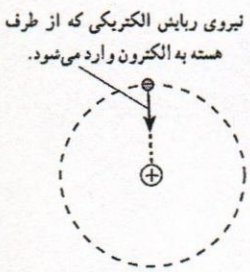
مدل اتمی تامسون (مدل کیک کشمشی): جوزف تامسون موفق به کشف الکترون و اندازه گیری نسبت بار به جرم (e/m) آن شد. در مدل تامسون، اتم همچون کره‌ای است که بار مثبت به طور همگن در سرتاسر آن گسترده شده‌است و الکترون‌ها که سهم ناچیزی در جرم اتم دارند در جاهای مختلف آن پراکنده شده‌اند. این مدل را گاهی مدل کیک کشمشی هم می‌گویند. در مدل اتمی تامسون، وقتی الکترون ها با بسامدهای معیّنی حول وضع تعادلشان نوسان می‌کنند این نوسان سبب تابش امواج الکترومغناطیسی از اتم می‌شود. بسامدهای تابش گسیل شده از اتم، که مدل اتمی تامسون پیش بینی می‌کرد، با نتایج تجربی سازگار نبود.



نتیجه آزمایش رادرفورد: ارنست رادرفورد باریکه‌ای ازذره‌های دارای بار مثبت (هستهٔ اتم هلیم یا ذرهٔ آلفا) بر سطح ورقه‌ای نازک از جنس طلا فرو تاباند و نتیجه گرفت باید هسته‌ای چگال و دارای بار مثبت در مرکز هراتم باشد.



بنا بر مدل رادرفورد (**مدل هسته‌ای اتم**)، اتم دارای یک هستهٔ بسیار چگال و کوچک ($۱۰^{-۱۵}$= شعاع هسته) و با بار مثبت است که با تعدادی الکترون در فاصله هایی به نسبت دور احاطه شده است.

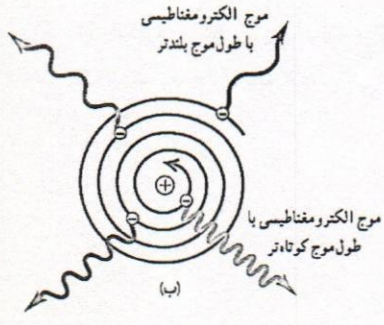


مدلِ اتمیِ رادرفورد: در این مدل، همه‌ی بارِ مثبتِ اتم، در یک ناحیه‌ی مرکزی با حجمِ بسیار کوچکی به نامِ هسته، متمرکز شده و اطرافِ آن را الکترون‌ها با بارِ منفی در فاصله‌ای زیاد احاطه کرده‌اند، به گونه‌ای که می‌توان گفت: فضایِ بینِ الکترون ها خلأ، می‌باشد.

اشکالاتِ مدلِ اتمیِ رادرفورد:

۱) اگر الکترون‌ها در اطرافِ هسته، ساکن باشند، نیرویِ جاذبه‌ی الکتریکیِ بینِ هسته و الکترون‌ها، باعث می‌شود الکترون رویِ هسته سقوط کند. یعنی ساختارِ داخلیِ اتم، فرو می‌ریزد، در صورتی که اتم پایدار است.

۲) اگر الکترون‌ها، مانندِ سیّاره‌هایِ منظومه‌ی خورشیدی،که به دورِ خورشید در حرکتند، به دورِ هسته در گردش باشند، طبقِ نظریه‌ی فیزیکِ کلاسیک که هر ذرّه‌ی باردارِ شتاب دار، نور گسیل می‌کند، چون الکترون به طورِ پیوسته شتاب دارد و طبقِ مبانیِ کلاسیکی، بسامدِ موجِ گسیل شده با بسامدِ دورانِ الکترون برابر است، لذا بایستی به طورِ پیوسته نور گسیل کند و چون انرژی از دست می‌دهد، شعاعِ مداریِ آن به طورِ پیوسته کاهش یافته و در نتیجه بسامدِ آن به طورِ پیوسته زیاد شده و درنهایت، مارپیچ وار به داخلِ هسته سقوط می‌کند، یعنی طیفِ اتمی بایستی پیوسته بوده و اتم پایدار نباشد، در صورتی که طیفِ اتمی، گسسته است و اتم پایدار می‌باشد.



نتیجه: الگویِ اتمیِ رادرفورد از دو ایرادِ عمده رنج می‌برد:

۱) نمی‌تواند پایداریِ حرکتِ الکترون‌ها در مدارهایِ اتمی و در نتیجه پایداریِ اتم‌ها را توضیح دهد.

۲) قادر به توجیهِ طیفِ گسسته‌ی اتمی نیست.

موفقیت‌های مدل اتمی بور چیست؟

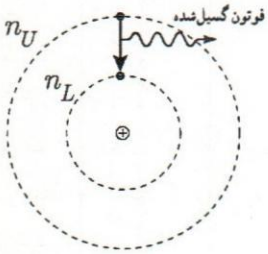
۱) بور مدلی را برای اتم هیدروژن ارائه کرد که مسئلهٔ ناپایداری اتم را در مدل رادرفورد حل می‌کرد. ۲) معادلهٔ ریدبرگ برای طیف خطی اتم هیدروژن را به دست می‌آورد.

اصول مدل اتمی بور به صورت زیر است:

۱- مدارها و انرژی‌های الکترون‌ها در هر اتم کوانتیده‌اند؛ یعنی فقط مدارها و انرژی های گسستهٔ معیّنی مجاز هستند.

۲- وقتی یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی‌شود. از این رو گفته می‌شود الکترون در **مدار مانا** یا **حالت مانا** قرار دارد.

۳- الکترون می‌تواند از یک حالت مانا به حالت مانای دیگر برود. هنگام گذار الکترون از یک حالت مانا با انرژی بیشتر E_U به یک حالت مانا با انرژی کمتر E_L ک فوتون تابش می‌شود.



(شعاع مدارهای الکترون برای اتم هیدروژن) $(r_n = a_o n^2 \quad n = 1,2,3,... \quad , \quad a_o = 0/5A)$

(ترازهای انرژی الکترون در اتم هیدروژن)

$$E_n = \frac{E_1}{n^2} = -\frac{E_R}{n^2} \qquad E_R = 2/17 \times 10^{-18} J = 13/6 eV$$

در این روابط n **عدد کوانتومی** نامیده می‌شود. a_o شعاع کوچک ترین مدار در اتم هیدروژن که **شعاع بور** برای اتم هیدروژن نامیده می‌شود.

انرژی الکترون در n=۱ برابر $E_1=-13/6eV$ است که اندازهٔ آن رامعمولاً **یک ریدبرگ** می‌نامند و با نماد E_R نشان می‌دهند.

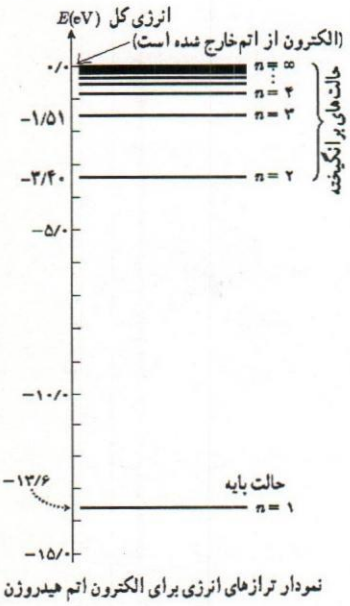
در این صورت انرژی فوتون تابش شده برابر اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و مدار نهایی است، یعنی:

$$E_U - E_L = hf \qquad \text{(معادلهٔ گسیل فوتون از اتم)}$$

$$E_U - E_L = \frac{hc}{\lambda}$$

بنا به مدل بور، وقتی الکترونی از مداری با انرژی بیشتر به مداری با انرژی کمتر جهش می‌کند یک فوتون گسیل می شود.

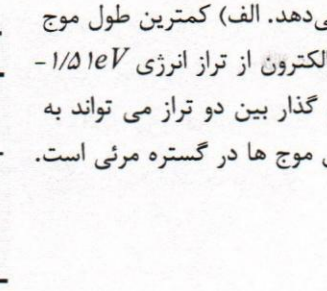
پایین‌ترین تراز انرژی، **حالت پایه** نامیده می‌شود تا از ترازهای بالاتر که **حالت‌های برانگیخته** نامیده می‌شوند متمایز باشد. در اتم هیدروژن و در دمای اتاق، الکترون اغلب در حالت پایه قرار دارد. کمترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایه، **انرژی یونش الکترون** نامیده می‌شود. انرژی یونش اتم هیدروژن ۱۳/۶eV است.



نمودار ترازهای انرژی برای الکترون اتم هیدروژن

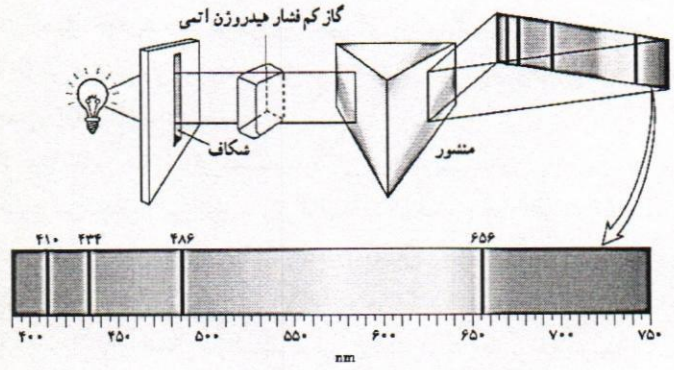
تمرین۱۴. الکترونی در دومین حالت برانگیختهٔ اتم هیدروژن قرار دارد. الف) انرژی الکترون را در این حالت پیدا کنید. ب) وقتی الکترون از این حالت برانگیخته به حالت پایه جهش می کند نمودار تراز انرژی آن را رسم کنید. پ) طول موج فوتون گسیل شده را حساب کنید. (مثال ۴-۴)

تمرین۱۵. شکل مقابل تعدادی از ترازهای انرژی اتم هیدروژن را نشان می‌دهد. الف) کمترین طول موج فوتونی را پیدا کنید که با گذار بین این ترازها به دست می‌آید. ب) اگر الکترون از تراز انرژی $-1/51eV$ به تراز پایه جهش کند طول موج فوتون گسیلی را پیدا کنید. پ) کدام گذار بین دو تراز می تواند به گسیل فوتونی با طول موج $660nm$ منجر شود؟ توجه کنید که این طول موج ها در گستره مرئی است. (تمرین ۴-۳)



تمرین۱۶. به کمک مدل بور رابطهٔ تجربی ریدبرگ را به دست آورید و طیف خطی هیدروژن اتمی را توجیه کنید.

فرانهوفر، با مشاهدهٔ دقیق طیف خورشید، خطهای تاریک نازکی را در آن کشف کرد. خطهای تاریکی که فرانهوفر در طیف خورشید کشف کرد، ناشی از جذب طول موج‌های مربوط به این خطها توسط گازهای جو خورشید و جو زمین پدید می آیند.

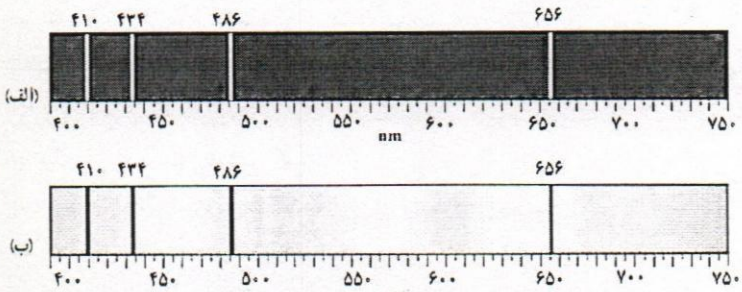


طیف جذبی خطی: برای مشاهدهٔ طیف‌های جذبی، نور یک چشمهٔ نور سفید را از ظرفی حاوی گاز کم فشار هیدروژن اتمی (یا گاز عنصر دیگری) عبور داده و توسط منشور پاشیده می‌شود و طیف آن روی پرده تشکیل می‌شود. خطهای تاریک روی طیف، به طول موج‌هایی از نور سفید مربوط است که توسط اتم‌های گاز جذب شده‌اند.

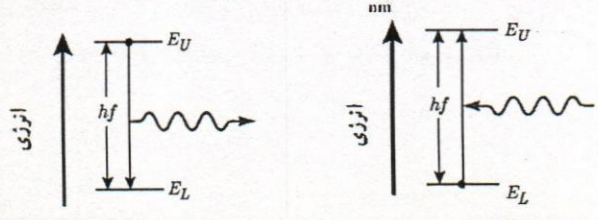
مطالعه و مقایسهٔ همچنین طیف های گسیلی و جذبی عنصرهای مختلف نشان می‌دهد که:

۱) در طیف گسیلی و در طیف جذبی اتم های گاز هر عنصر، طول موج های معیّنی وجود دارد که از مشخصه های آن عنصر است. یعنی طیف گسیلی و طیف جذبی هیچ دو گازی همانند یکدیگر نیست.

۲) اتم های هر گاز دقیقاً همان طول موج هایی را از نور سفید جذب می کنند که اگر دمای آنها به اندازهٔ کافی بالا رود و یا به هر صورت دیگر برانگیخته شوند، آنها را تابش می کنند.



بر اساس مدل بور می‌دانیم که خطهای گوناگون در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی وقتی به وجود می‌آیند که الکترون های اتم‌های هیدروژن، که



به هر دلیلی برانگیخته شده‌اند، از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین‌تر جهش کنند و فوتون‌هایی را گسیل کنند.

الکترون‌ها می‌توانند در جهت عکس گذارکنند، یعنی در فرایندی که **جذب فوتون** خوانده می شود از ترازهای انرژی پایین تر به ترازهای انرژی بالاتر بروند در این حالت، اتم، فوتونی را که دقیقاً انرژی لازم برای گذار را دارد جذب می کند.

تمرین ۱۷. آیا معادلهٔ $E_U - E_L = hf$ برای فرایند جذب فوتون نیز برقرار است؟ (پرسش ۴-۱)

موفقیت های مدل بور: مدل بور تصویری از چگونگی حرکت الکترون‌ها به دور هسته ارائه می‌کند. این مدل در تبیین پایداری اتم، طیف گسیلی و جذبی گاز هیدروژن اتمی ومحاسبهٔ انرژی یونش اتم هیدروژن با موفقیت همراه است.

نارسایی‌های مدل بور:

۱) این مدل برای وقتی که بیش از یک الکترون به دور هسته می گردد به کار نمی‌رود، زیرا درمدل بور، نیروی الکتریکی که یک الکترون بر الکترون دیگر وارد می‌کند به حساب نیامده‌است.

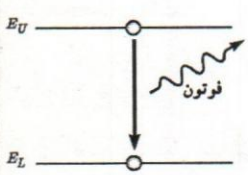
۲) این مدل نمی‌تواند متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی را توضیح دهد. برای مثال مدل بور نمی تواند توضیح دهد که چرا شدت خط قرمز با شدت خط آبی در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی با یکدیگر متفاوت است.

اتم هیدروژن گونه به اتم هایی گفته می شود که تنها یک الکترون دارند.

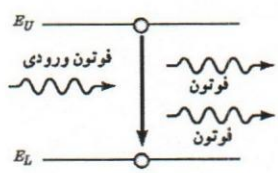
۴-۵ لیزر

وقتی یک الکترون از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین تر جهش می‌کند یک فوتون گسیل می‌شود. فرایند گسیل می‌تواند به صورت **گسیل خود به خود** و یا **گسیل القایی** باشد.

در گسیل خود به خود فوتون در جهتی کاتوره‌ای گسیل می‌شود. درحالی که در گسیل القایی یک فوتون ورودی، الکترون برانگیخته را تحریک (یا القا) می‌کند تا تراز انرژی خود را تغییر دهد و به تراز پایین‌تر برود. برای گسیل القایی، انرژی فوتون ورودی باید دقیقاً با اختلاف انرژی های دو تراز یعنی E_U-E_L یکسان باشد.



گسیل خودبه‌خود



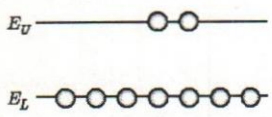
گسیل القایی

گسیل القایی سه ویژگی عمده دارد. اول اینکه یک فوتون وارد و دو فوتون خارج می‌شود. به این ترتیب این فرایند تعداد فوتون ها را افزایش می‌دهد و نور را تقویت می‌کند. دوم اینکه فوتون گسیل شده، در همان جهت فوتون ورودی حرکت می‌کند. سوم اینکه فوتون گسیل شده با فوتون ورودی همگام یا دارای همان فاز است. به این ترتیب فوتون هایی که باریکهٔ لیزری را ایجاد می‌کنند هم بسامد، هم جهت و هم فاز هستند.

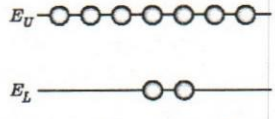
در گسیل القایی یک چشمهٔ انرژی خارجی مناسب باید وجود داشته باشد تا الکترون‌ها را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته کند. این انرژی می‌تواند به روش‌های متعددی از جمله درخش‌های شدید نور معمولی و یا تخلیه‌های ولتاژ بالا فراهم شود. اگر انرژی کافی به اتم‌ها داده شود، الکترون‌های بیشتری به تراز انرژی بالاتر برانگیخته خواهند شد، شرطی که به **وارونی جمعیت** معروف است.

وارونی جمعیت الکترون‌ها در یک محیط لیزری، مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون‌ها در ترازهایی موسوم به **ترازهای شبه‌پایدار** نسبت به تراز پایین‌تر بسیار بیشتر باشند.

در این ترازها، الکترون‌ها مدت زمان بسیار طولانی‌تری (10^{-3}s) نسبت به حالت برانگیختهٔ معمولی (10^{-8}s) باقی می‌مانند. این زمان طولانی‌تر، فرصت بیشتری برای افزایش وارونی جمعیت و در نتیجه تقویت نورلیزر فراهم می‌کند.



به طور معمول و در دمای اتاق، بیشتر الکترون‌ها در تراز انرژی پایین‌تر قرار دارند



در وضعیتی که وارونی جمعیت به وجود آید بیشتر الکترون‌ها در تراز بالاتری قرار دارند.

پرسش‌ها و مسئله‌های فصل۴ (بخش دوم) **۴-۲ ، ۴-۳ و ۴-۴ طیف خطی ، مدل اتم رادرفورد بور و لیزر**

تمرین۱۸. در جای خالی کلمات مناسب بگذارید

A. همهٔ اجسام در هر دمایی که باشند، از خود امواج الکترومغناطیسی گسیل (نشر) می‌کنند که به آن ..... گفته می‌شود.

B. در دماهای معمولی، بیشتر تابش گسیل شده از سطح اجسام در ناحیهٔ ..... طیف قرار دارد.

C. یک جسم جامد، نظیر رشتهٔ داغ یک لامپ روشن، گستره پیوسته‌ای از طول موج‌ها را نشر می‌کند که آن را ..... می‌نامند.

D. تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از ..... بین اتم های سازنده آن است.

E. گازهای کم فشار و رقیق، که اتم‌های منفرد آنها از برهم کنش‌های قوی موجود در جسم جامد آزادند، ..... نشر (گسیل) می‌کنند.

F. طول موج های ایجادشده در ..... ، برای اتم های هر گاز منحصر به فرد هستند.

G. در ..... ، اتم همچون کره‌ای است که بار مثبت به طور همگن در سرتاسر آن گسترده شده‌است و الکترونها در جاهای مختلف آن پراکنده شده‌اند.

H. بسامدهای تابش گسیل شده از اتم، که مدل اتمی تامسون پیش بینی می‌کرد، با نتایج تجربی سازگار .....

I. ارنست رادرفورد باریکه‌ای از ..... بر سطح ورقه‌ای نازک از جنس طلا فرو تاباند و نتیجه گرفت باید هسته‌ای چگال و دارای بار مثبت در مرکز هراتم باشد.

J. طبق ..... در هر اتم فقط مدارها و انرژی های گسستهٔ معیّنی مجاز هستند.

K. طبق مدل اتمی بور، وقتی یک الکترون در یکی از ..... است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی‌شود.

L. بنا به مدل بور، وقتی الکترونی از مداری با انرژی ..... به مداری با انرژی ..... جهش می‌کند یک فوتون گسیل می شود.

M. پایین‌ترین تراز انرژی، ..... نامیده می‌شود تا از ترازهای بالاتر ..... نامیده می‌شوند متمایز باشد.

N. در اتم هیدروژن و در دمای اتاق، الکترون اغلب در ..... قرار دارد.

O. کمترین انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از حالت پایه، ..... نامیده می‌شود.

P. انرژی یونش اتم هیدروژن ..... است.

Q. اگر نور نور سفید را از ظرفی حاوی گاز کم فشار هیدروژن اتمی عبور داده و توسط منشور پاشیده شود، ..... آن روی پرده تشکیل می‌شود.

R. در گسیل خود به خود فوتون در ..... گسیل می‌شود.

S. اساس کار لیز ..... است.

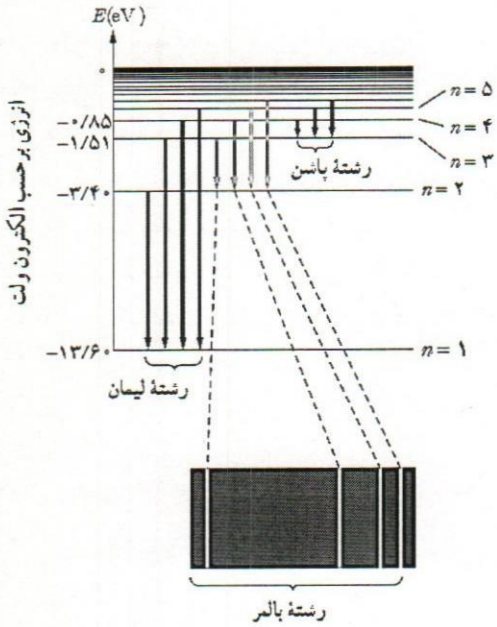
T. فوتون هایی که باریکهٔ لیزری را ایجاد می‌کنند ..... ، ..... و ..... هستند.

U. . در لیزر، اگر انرژی کافی به اتم‌ها داده شود، الکترون‌های بیشتری به تراز انرژی شبه پایدار برانگیخته خواهند شد، این حالت به ..... معروف است.

تمرین۱۹. الف) طیف گسیلی یک جسم در چه مواردی پیوسته و درچه مواردی گسسته یا خطی است؟ منشأ فیزیکی این تفاوت را توضیح دهید. (تمرین۷کتاب)

ب) توضیح دهید چگونه می‌توان طیف‌های گسیلی پیوسته و خطی را ایجاد کرد.

تمرین۲۰. شکل روبرو سه رشتهٔ طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی را روی نمودار تراز انرژی نشان می‌دهد که بر اساس مدل اتمی بور رسم شده است. الف) منظور از n=۱ و انرژی ۱۳/۶۰eV- چیست؟ (تمرین۸کتاب)



ب) بر اساس مدل اتمی بور دلیل خطی بودن طیف گسیلی گازهیدروژن اتمی را توضیح دهید.

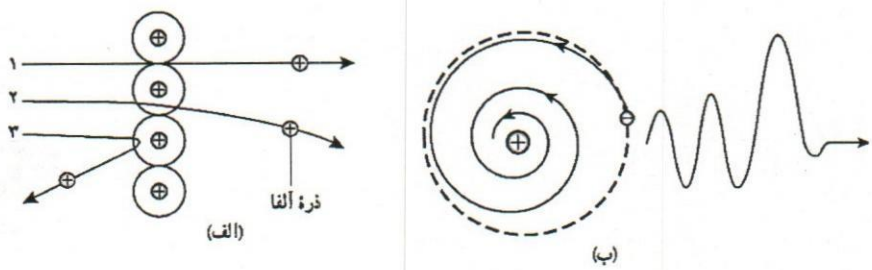
پ) اختلاف کوتاه‌ترین و بلندترین طول موج در هر رشته را، گسترهٔ طول موج‌های آن رشته می‌نامند. گسترهٔ طول موج های رشتهٔ لیمان (n'=۱) را پیدا کنید.

تمرین۲۱. الف) فرایند جذب فوتون توسط اتم را توضیح دهید. (تمرین۹کتاب)

ب) با استفاده از مدل بور، چگونه می‌توانید خط‌های تاریک درطیف جذبی گاز هیدروژن اتمی را توجیه کنید؟

پ) وقتی که نور فرابنفش به بسیاری از مواد تابیده شود، تابش مرئی از خود گسیل می‌کنند. این پدیدهٔ فیزیکی نمونه‌ای ازفلوئورسانی است. آزمایش نشان می‌دهد در پدیدهٔ فلوئورسانی طول موج‌های گسیل یافته معمولاً برابر همان طول موج نورفرودی یا بزرگ‌تر از آن است. این پدیده را چگونه به کمک مدل بور می‌توانید تبیین کنید؟

تمرین۲۲. مبنای مدل رادرفورد، نتایج آزمایش‌هایی بود که از پراکندگی ذره‌های آلفا توسط یک ورقهٔ نازک طلا به دست آمده بود (شکل الف) (تمرین۱۰کتاب)



الف) توضیح دهید چرا بیشتر ذره‌های آلفا مانند ذره‌های ۱ و۲ یا اصلاً منحرف نمی‌شوند یا به مقدار کمی منحرف می‌شوند.

ب) تنها تعداد بسیار کمی از ذره‌ها مانند ذره ۳ منحرف می‌شوند. این امر چه نکته‌ای را دربارهٔ ساختار اتم طلا نشان می‌دهد؟

پ) چرا رادرفورد در آزمایش خود از صفحهٔ بسیار نازک طلا استفاده کرده بود؟

ت) شکل ب، به کدام مشکل مدل رادرفورد اشاره دارد؟ در مدل بور چگونه این مشکل رفع شده است؟

تمرین۲۳. با استفاده از رابطهٔ بور برای انرژی الکترون در اتم هیدروژن، الف) اختلاف انرژی $\Delta E\ (n_U \rightarrow n_L)= E_U - E_L$ را حساب کنید. (تمرین ۱۱کتاب)

ب) نشان دهید که:

$$\Delta E(۴ \rightarrow ۲) = \Delta E(۴ \rightarrow ۳) + \Delta E(۳ \rightarrow ۲)$$

$$\Delta E(۴ \rightarrow ۱) = \Delta E(۴ \rightarrow ۲) + \Delta E(۲ \rightarrow ۱)$$

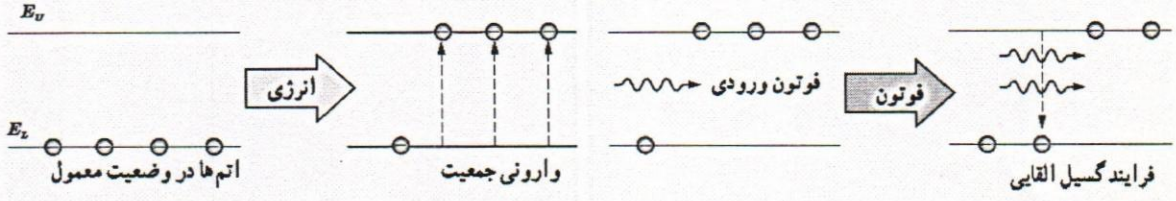
تمرین۲۴. الکترون اتم هیدروژنی در تراز $n=۵$ قرار دارد. (تمرین ۱۲کتاب)

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

ب) فرض کنید فقط گذارهای $\Delta n=۱$ مجاز باشند، در این صورت امکان گسیل چند نوع فوتون با انرژی متفاوت وجود دارد؟

۵-۴ لیزر

تمرین۲۵. شکل زیر فرایند ایجاد باریکهٔ لیزر را به طور طرح وار در۴ مرحله نشان می‌دهد. (تمرین ۱۶)



الف) منظور از عبارت " اتم‌ها در وضعیت معمول" چیست؟

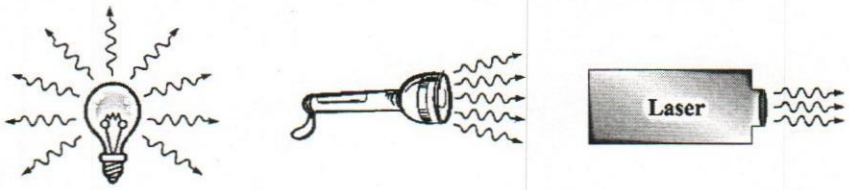
ب) نقش انرژی داده شده چیست و معمولاً این انرژی چگونه تأمین می‌شود؟

پ) منظور از " وارونی جمعیت" چیست؟

ت) انرژی فوتون ورودی چقدر باید باشد تا فرایند گسیل القایی انجام شود؟

ث) فوتون‌هایی که بر اثر فرایند گسیل القایی و جهش الکترون‌ها به تراز پایین تر ایجاد می‌شوند چه ویژگی‌های مشترکی دارند؟

تمرین۲۶. در شکل زیر نحوهٔ گسیل فوتون‌ها از سه چشمهٔ نور شامل لامپ رشته‌ای، چراغ قوه با لامپ رشته‌ای و لیزر با یکدیگرمقایسه شده است. (تمرین ۱۴کتاب)

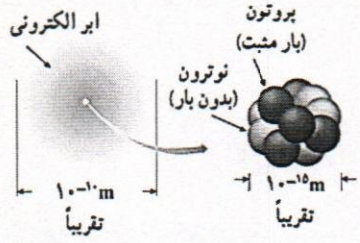


الف) با توجه به آنچه در این فصل فرا گرفتید تفاوت فوتون‌های گسیل شده از هر چشمه را با یکدیگر بیان کنید.

ب) چرا توصیهٔ جدی می‌شود که هیچ گاه به طور مستقیم به باریکهٔ نور ایجادشده توسط لیزر نگاه نکنید ؟

فیزیک هسته ای، شاخه‌ای از فیزیک است که در آن با ساختار، برهم کنش‌ها و واپاشیِ هسته‌های اتمی سروکار داریم.

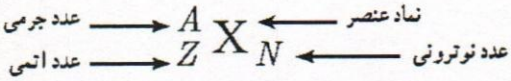
۴-۵ ساختار هسته



مقایسهٔ ابعاد اتم و هسته به‌طور تقریبی

با کاوش درون اتم، در مرکز آن، هسته را می‌یابیم که شعاع آن تقریباً $\frac{1}{100000}$ شعاع اتم است. هستهٔ اتم از نوترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل شده‌است که به طور کلی **نوکلئون** نامیده می‌شوند. نوترون بار الکتریکی ندارد، و جرمش اندکی بیشتر از پروتون است.

تعداد پروتون‌های هسته را عدد اتمی (Z) می‌نامند و در عنصرهای مختلف متفاوت است. در یک اتم خنثی، تعداد پروتون‌های هسته با تعداد الکترون‌های دور هسته برابر است. تعداد نوترون‌های هسته، عدد نوترونی (N) نامیده می‌شود. همچنین مجموع تعداد کل پروتون‌ها و نوترون‌ها را عدد جرمی (A) می‌نامند. پس: $A=Z+N$



برای یک عنصر با نماد شیمیایی X نماد هسته به صورت $^{A}_{Z}X_{N}$ نشان داده می‌شود.

ایزوتوپ ها: ویژگی‌های هسته را تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های آن تعیین می‌کند.

خواص شیمیایی هر اتم را تعداد پروتون‌های هسته (عدد اتمیZ) تعیین می‌کند. به همین سبب هسته‌هایی که تعداد پروتون مساوی ولی تعداد نوترون متفاوت دارند خواص شیمیایی یکسانی دارند، در نتیجه این هسته‌ها در جدول تناوبی عناصر هم مکان هستند و بنابراین **ایزوتوپ (هم مکان)** نامیده می‌شوند.

تمرین۱. با توجه به آنچه تاکنون دیدید و همچنین با استفاده از جدول تناوبی عناصر، که در پیوست کتاب آمده‌است، نماد هسته را در هریک از موارد زیر تعیین کنید. (تمرین ۴-۴)

الف) ایزوتوپ فلوئور(F) با عدد نوترونی ۱۰ (۹پروتون)

ب) ایزوتوپ قلع (Sn) با عدد نوترونی ۶۶ (۵۰پرتون)

پایداری هسته:

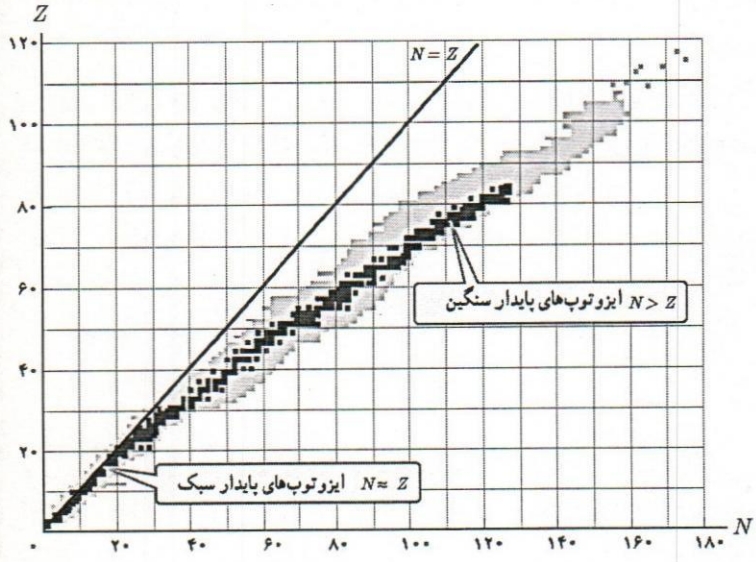
ابعاد هسته در مقایسه با ابعاد اتم بسیار کوچک‌تر است. با وجود این، بیشتر جرم اتم (بیش از ۹۹/۹درصد آن) در هسته متمرکز شده است. با توجه به اینکه نیروی الکتروستاتیکی رانشی خیلی قوی بین پروتون‌های درون هسته، که بسیار به یکدیگر نزدیک‌اند، وارد می‌شود، تنها چیزی که مانع از هم پاشیدن هسته می‌شود نیروی هسته‌ای است. این نیرو نمی‌تواند گرانشی باشد، زیرا جاذبهٔ حاصل از نیروی گرانشی بین نوکلئون‌ها، چنان ضعیف است که نمی تواند با نیروی الکتروستاتیکی رانشی مقابله کند.

ویژگی‌های نیروی هسته‌ای: ۱) نیروی هسته‌ای ربایش است ۲) نیروی هسته‌ای قوی‌تر از گرانشی و الکترو استاتیکی است ۳) نیروی هسته‌ای، کوتاه بُرد است و تنها در فاصله‌ای کوچک‌تر از ابعاد هسته اثر می‌کند. ۴) نیروی هسته‌ای مستقل از بار الکتریکی است، یعنی نیروی ربایشی هسته‌ای یکسانی بین دو پروتون، دو نوترون، یا یک پروتون و یک نوترون وجود دارد. به همین دلیل از منظر نیروی هسته‌ای، تفاوتی بین پروتون و نوترون وجود ندارد و دلیل نام گذاری آنها با نام عام نوکلئون نیز همین است.

چرا با افزایش تعداد پرتونها در عناصر سنگین تعداد نوترونها بیشتر از پرتونها افزایش می‌یابد؟ برای پایداری هسته، باید نیروی دافعهٔ الکتروستاتیکی بین پروتون‌ها با نیروی جاذبهٔ بین نوکلئون‌ها، که ناشی از نیروی هسته‌ای است، موازنه شده‌باشد. ولی به دلیل بلند بُرد بودن نیروی الکتروستاتیکی، یک پروتون تمام پروتون‌های دیگر درون هسته را دفع می‌کند، در حالی که یک پروتون یا یک نوترون، فقط نزدیک‌ترین نوکلئون‌های مجاور خود را با نیروی هسته‌ای جذب می‌کند. به همین دلیل وقتی تعداد پروتون‌های درون هسته افزایش یابد، اگر هسته بخواهد پایدار باقی بماند، باید تعداد نوترون‌های درون هسته نیز افزایش یابد.

تمرین۲. هر نقطه تیره رنگ در نمودار شکل روبرو نشان دهندهٔ یک هستهٔ پایدار است. با توجه به این نمودار به پرسش‌های زیر پاسخ دهید. (پرسش ۴-۲)

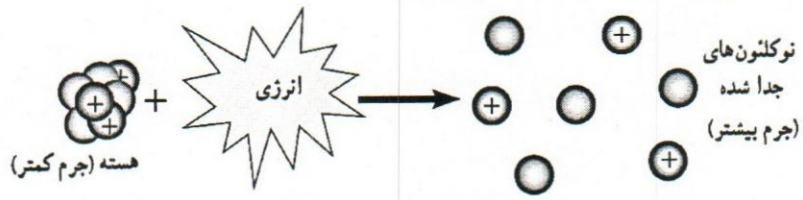
الف) نسبت تعداد نوترون به تعداد پروتون (N/Z) برای هسته‌های پایدار مختلف ثابت است یا متفاوت؟ توضیح دهید.



ب) ایزوتوپ‌های مختلف یک عنصر را چگونه می‌توان با استفاده از این نمودار تشخیص داد؟

انرژی بستگی هسته‌ای و ترازهای انرژی هسته: برای جدا کردن نوکلئون‌های یک هسته، انرژی لازم است. انرژی لازم برای این منظور، **انرژی بستگی هسته‌ای** نامیده می‌شود.

جرم هسته از مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل دهنده‌اش اندکی کمتر است. اگر این اختلاف جرم را که به آن **کاستی جرم هسته** گفته می‌شود، مطابق رابطهٔ معروف اینشتین ($E=mc^2$)، در مربع تندی نور(c^2) ضرب کنیم **انرژی بستگی هسته‌ای** به دست می‌آید. (c برحسب متر برثانیه و m برحسب کیلوگرم باشد، E برحسب J خواهد بود.)



انرژی نوکلئون‌های وابسته به هسته نیز مانند انرژی الکترون‌های وابسته به اتم، کوانتیده‌اند و نوکلئون‌های درون هسته نمی‌توانند هر انرژی دلخواهی را اختیار کنند. همچنین، همان طور که الکترون‌های اتم می‌توانند با جذب انرژی از تراز پایه به تراز برانگیخته بروند، نوکلئون‌ها نیز می‌توانند با جذب انرژی به ترازهای انرژی بالاتر بروند و در نتیجه هسته برانگیخته شود. هستهٔ برانگیخته با گسیل فوتون به تراز پایه بر می‌گردد. انرژی فوتون گسیل شده، با اختلاف انرژی بین تراز برانگیخته و تراز پایه برابر است.

اختلاف بین ترازهای انرژی نوکلئون‌ها در هسته از مرتبهٔ keV تا مرتبهٔ MeV است، در حالی که اختلاف بین ترازهای انرژی الکترون‌ها در اتم از مرتبهٔ eV است. از این رو، هسته‌ها در واکنش‌های شیمیایی برانگیخته نمی‌شوند.

۴-۶ پرتوزایی طبیعی و نیمه عمر

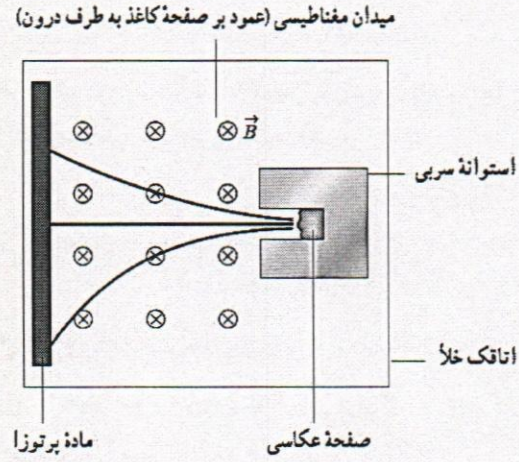
وقتی یک هستهٔ ناپایدار یا پرتوزا خودبه خود واپاشی می‌کند، نوع معیّنی از ذرات یا فوتون‌های پر انرژی آزاد می‌شوند. این فرایند واپاشی، **پرتوزایی طبیعی** نامیده می‌شود.

در پرتوزایی طبیعی سه نوع پرتو ایجاد می‌شود: پرتوهای آلفا (α) پرتوهای بتا (β) و پرتوهای گاما (γ)

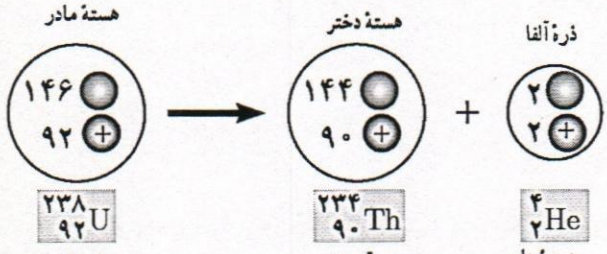
پرتوهای α کمترین نفوذ را دارند و با ورقهٔ نازک سربی با ضخامت ناچیز (≈۰/۰۱mm) متوقف می شوند، در حالی که پرتوهای β مسافت خیلی بیشتری را (≈۰/۱mm) در سرب نفوذ می کنند. پرتوهای γ بیشترین نفوذ را دارند و می توانند از ورقه ای سربی به ضخامت قابل ملاحظه‌ای (≈۱۰۰mm) گذرند.

در تمام فرایندهای واپاشی پرتوزا مشاهده شده‌است که تعداد نوکلئون‌ها در طی فرایند واپاشی هسته‌ای پایسته است؛ یعنی تعداد نوکلئون‌ها، پیش از فرایند با تعداد نوکلئون‌ها پس از فرایند مساوی است.

تمرین ۳. شکل زیر طرح آزمایش ساده‌ای را نشان می‌دهد که به کمک آن می‌توان سه نوع پرتوزایی طبیعی را مشاهده کرد و به تفاوت بار و جرم پرتوها از یکدیگر پی برد .قطعه‌ای از مادهٔ پرتوزا را در ته حفرهٔ باریکی در یک استوانهٔ سربی قرار می‌دهند. استوانه را درون اتاقکی می‌گذارند و هوای درون آن را تخلیه می‌کنند. سپس یک صفحهٔ عکاسی مقابل حفره قرار می‌دهند و میدان مغناطیسی یکنواختی درون اتاقک برقرار می‌کنند. خطوط سیاه رنگ، مسیر حرکت پرتوها را نشان می‌دهد. نوع بار پرتوها را با هم مقایسه کنید. (پرسش ۳-۳)



واپاشی α: در این نوع واپاشی که در هسته‌های سنگین صورت می‌گیرد، ذرات باردار مثبت از جنس هستهٔ اتم هلیم (^4_2He) از هسته‌ی اتم خارج می‌شود. معادله‌ی واکنش به صورت زیر است.



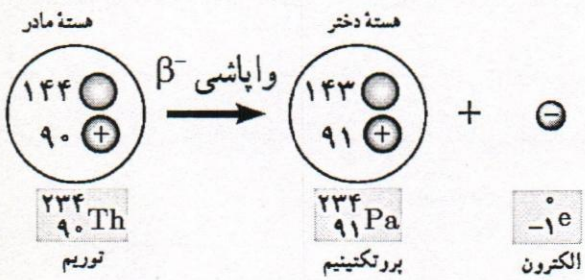
$$^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2\alpha$$

در این واکنش، X و Y دو عنصرِ متفاوت هستند، چون عددِ اتمیِ متفاوت دارند.

واپاشی همراه با گسیلِ ذرّه‌ی بتا (β): این متداول‌ترین نوعِ واپاشی در هسته‌ها است. در این واپاشی هسته‌ی ناپایدار با گسیلِ الکترون یا پوزیترون (ذرّه‌ای دارایِ جرمِ برابرِ جرمِ الکترون و بارِ مخالفِ آن) به هسته‌ی جدیدی تبدیل می‌شود. ذرّه‌یβ، از جنسِ الکترون ($^0_{-1}e$) یا پوزیترون ($^0_{+1}e$) است. امّا هسته، الکترون یا پوزیترون ندارد. پس ذرّه ی β ،از کجا می آید؟ پاسخ آن است:

الف) (واپاشی β منفی) اگر در واپاشی،گسیلِ الکترون را داشته باشیم، یک نوترون در هسته، متلاشی شده و تبدیل به یک پروتون و یک الکترون می‌شود:

$$^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e,$$

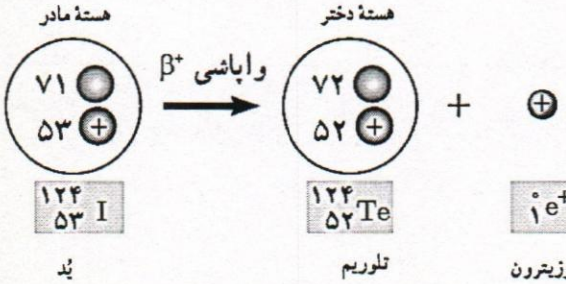


به این ترتیب یک نوترون از هسته کم می‌شود و یک پروتون به آن اضافه می‌شود. بنابراین جرمِ هسته، تغییرِ چندانی نمی‌کند، ولی عددِ اتمی یک واحد زیاد می‌شود:

$$^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}e$$

ب) (واپاشی β مثبت) اگر در واپاشی گسیلِ پوزیترون را داشته باشیم، یک پروتونِ هسته به نوترون و پوزیترون تبدیل می‌شود:

$$^1_1p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e,$$



محصولِ این واپاشی، هسته‌ی عنصرِ جدیدی است که در جدولِ تناوبی قبل از X قرار دارد.

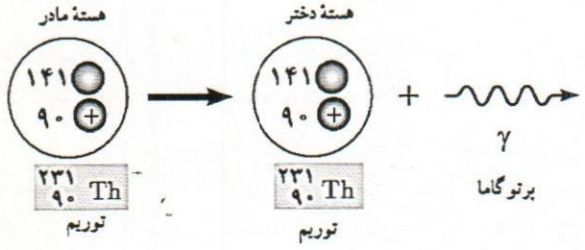
$$^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + {}^0_{+1}e$$

تمرین ۴. لوتتیم $^{176}_{71}Lu$ عنصر پرتوزایی است که با گسیل بتای منفی، واپاشی

می‌کند. معادلهٔ این واکنش را بنویسید و با استفاده از جدول تناوبی عنصرها، عنصر جدیدی را که تولید می شود تعیین کنید. (تمرین ۴-۵)

تمرین۵. ایزوتوپ $^{15}_{8}O$ با گسیل پوزیترون، واپاشی می کند. معادلهٔ این واکنش را بنویسید و با استفاده از جدول تناوبی عنصرها، عنصر جدیدی را که تولید می شود تعیین کنید. (تمرین ۴-۶)

واپاشی γ: رفتنِ هسته از حالتِ برانگیخته به حالتِ پایه، همراه با گسیلِ ذرّه‌ی گاما (γ): پرتوِ γ،از جنسِ امواجِ الکترومغناطیسی است. جرم و بارِ پرتوِ γ،صفر است. بنابراین با گسیلِ پرتوِ γ، نَه عددِ جرمی تغییر می‌کند و نَه عددِ اتمی. امّا هسته مقداری انرژی از دست می‌دهد و به حالتِ پایدارتری می‌رسد:



$$^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma$$

❖ اگر یک هسته پرتوزا چند نوع تابش انجام دهد برای موازنه‌ی آن و به دست آوردن مجهول (X) باید نکات زیر را در نظر گرفت:

۱) مجموع اعداد اتمی در دو سمت واکنش هسته‌ای باید یکسان باشد.

۲) مجموع اعداد جرمی در دو سمت واکنش هسته‌ای باید یکسان باشد.

❖ در تمامِ واکنش هایِ فوق، بهX هسته‌ی مادر وبه Yهسته‌ی دختر گویند.

نیمه عمر، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا تعداد هسته های مادر موجود در یک نمونه، به نصف برسند.

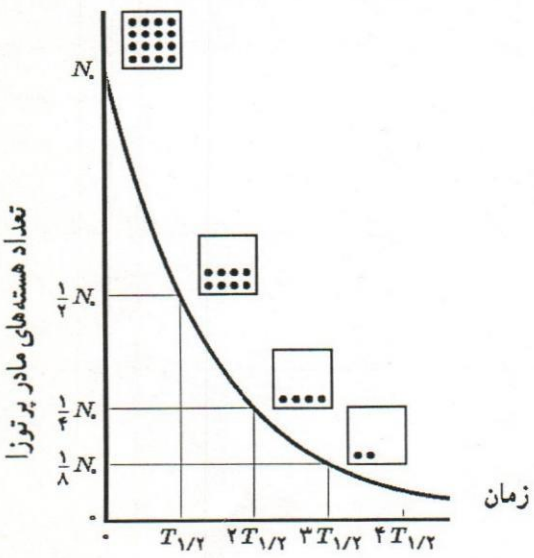
نیمه عمرِ مادّه ی پرتوزا : نیمه عمرِ یک مادّه‌ی پرتوزا، مدّت زمانی است که طول می‌کشد تا طیِ آن نیمی از هسته‌هایِ پرتوزایِ موجود در آن واپاشیده شوند و آن را با $T_{\frac{1}{2}}$ نشان می‌دهند. در واقع نیمه عمر، به نوعی سرعتِ واپاشیِ یک ایزوتوپ را نشان می‌دهد.

پس از گذشتِ هر نیمه عمر، تعدادِ هسته‌هایِ ایزوتوپِ پرتوزایِ اوّلیه، نصف می‌شود. بنابراین پس از گذشتِ n نیمه عمر،تعدادِ این هسته ها $\frac{1}{2^n}$ برابر می‌شوند

بنابراین اگر پس از مدّت زمانِ t، تعدادِ هسته‌هایِ مادّه‌ی رادیواکتیو از N_0 به N کاهش یابد، داریم:

$$N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow N' = N_0 - N, n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}$$

(تعدادِ نیمه عمرها، تعداد هسته‌هایِ باقی مانده و تعداد هسته‌هایِ متلاشی شده است).



تمرین۶. در حادثهٔ انفجار نیروگاه هسته‌ای چرنوبیل، یدُ ۱۳۱ ($_{53}^{131}I$) یکی از ایزوتوپ‌هایی بود که وارد محیط زیست شد. این ایزوتوپ، فرّار است و همراه با جریان های جوّی، تا کشورهای دوردست از محل نیروگاه حرکت کرد و با نشستن روی برگ گیاهان، سبب آلودگی گوشت و شیر دام‌هایی شد که این گیاهان را می‌خوردند. نیمه عمر این ایزوتوپ پرتوزا تقریباً ۸ روز است. پس از گذشت ۴۰ روز از حادثهٔ چرنوبیل، چه کسری از هسته‌های مادر اولیه در محیط زیست باقی مانده بود؟ (مثال ۴-۵)

تمرین۷. پس از گذشت ۹ روز، تعداد هسته های پرتوزای یک نمونه، به $\frac{1}{8}$ تعداد موجود در آغاز کاهش یافته است .نیمه عمر(برحسب روز) ماده چقدر است؟ (تمرین ۴-۷)

پرسش ها و مسئله های فصل ۴(بخش سوم)

تمرین۸. در جای خالی کلمات مناسب بگذارید.

I. ..... ، شاخه‌ای از فیزیک است که در آن با ساختار، برهم کنش‌ها و واپاشیِ هسته‌های اتمی سروکار داریم.

J. که شعاع آن تقریباً ..... شعاع اتم است.

K. هستهٔ اتم از نوترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل شده‌است که به طور کلی ..... نامیده می‌شوند.

L. نوترون بار الکتریکی ندارد، و جرمش اندکی ..... از پروتون است.

M. در یک اتم خنثی، تعداد ..... هسته با تعداد الکترون‌های دور هسته برابر است.

N. هسته‌هایی که تعداد پروتون مساوی ولی تعداد نوترون متفاوت دارند خواص ..... یکسانی دارند.

O. بیش از ..... درصد جرم یک اتم در هسته متمرکز شده است.

P. نیرویی که عامل پایداری هسته است و پرتونها و نوترونها را در کنار هم نگه داشته‌است، .... است.

Q. انرژی لازم برای برای جدا کردن نوکلئون‌های یک هسته، .... نامیده می‌شود.

R. جرم هسته از مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل دهنده‌اش اندکی ..... است.

S. به اختلاف جرم هسته و مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل دهنده هسته، ....گفته می‌شود،

T. نوکلئون‌ها می‌توانند با جذب انرژی به ترازهای انرژی بالاتر بروند و در نتیجه .... شود.

U. اختلاف بین ترازهای انرژی نوکلئون‌ها در هسته از مرتبهٔ .... است.

V. واپاشیα که در هسته‌های..... صورت می‌گیرد، ذرات باردار مثبت از جنس ..... از هسته‌ی اتم خارج می‌شود.

W. واپاشی همراه با گسیلِ ..... متداول‌ترین نوعِ واپاشی در هسته‌ها است.

X. اگر در واپاشیβ، الکترون گسیلِ شود، یک ..... در هسته، متلاشی شده و تبدیل به یک پروتون و یک الکترون شده‌است.

Y. اگر در واپاشیβ گسیلِ پوزیترون را داشته باشیم، یک ..... هسته به نوترون و پوزیترون تبدیل می‌شود.

Z. ..... ، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا تعداد هسته های مادر موجود در یک نمونه، به نصف برسند.

۴-۵ ساختار هسته

تمرین۹. مرتبهٔ بزرگی تعداد نوترون‌هایی را که می‌توان تنگ‌هم در یک توپ تنیس به شعاع ۳/۲cm جای داد، تخمین بزنید. در این صورت مرتبهٔ بزرگی جرم این توپ چقدراست؟ (مرتبهٔ بزرگی شعاع و جرم نوترون را به ترتیب $10^{-15}m$و$10^{-27}kg$ در نظر بگیرید). (تمرین ۱۵ کتاب)

تمرین۱۰. برای $_{82}^{208}pb$ مطلوب است: الف) تعداد نوکلئون‌ها ب) تعداد نوترون‌ها پ) بار الکتریکی خالص هسته (تمرین ۱۶ کتاب)

تمرین۱۱. در هر یک از موارد زیر نماد X چه عنصری را نشان می‌دهد و در هستهٔ هر یک چند نوترون وجود دارد؟ در صورت لزوم ازجدول تناوبی استفاده کنید. (تمرین ۱۷ کتاب)

الف) $_{78}^{195}X$ ب) $_{16}^{32}X$ پ) $_{29}^{61}X$

تمرین۱۲. آیا می‌توان ایزوتوپ $_{25}^{61}X$ را با روش شیمیایی از ایزوتوپ $_{25}^{59}X$ جدا کرد؟ از ایزوتوپ $_{26}^{61}X$ پاسخ خود را توضیح دهید. (تمرین ۱۸ کتاب)

۶-۲ پرتوزایی طبیعی و نیمه عمر

تمرین۱۳. جاهای خالی در فرایندهای واپاشی زیر نشان دهندهٔ یک یا چند ذرهٔ α، β^+ یا β^- است. در هر واکنش، جای خالی را کامل کنید. (تمرین ۱۹ کتاب)

$$_{82}^{211}Pb \rightarrow {}_{83}^{211}Bi + \cdots$$

$$_{6}^{11}C \rightarrow {}_{3}^{11}B + \cdots$$

$$_{90}^{231}Th^{*} \rightarrow {}_{90}^{231}Th + \cdots$$

$$_{9}^{18}F \rightarrow {}_{8}^{18}O + \cdots$$

تمرین۱۴. هستهٔ دختر به دست آمده از هر یک از واپاشی‌های زیر را به صورت $_{Z}^{A}X$ مشخص کنید. (تمرین ۲۰ کتاب)

الف) $_{94}^{242}Pu$ واپاشی α انجام دهد.

ب) سدیم $_{11}^{23}Na$ واپاشی β^- انجام‌دهد.

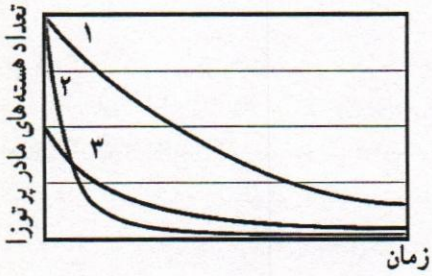
پ) نیتروژن $_{7}^{13}N$ واپاشی β^- انجام‌دهد.

ت) اکسیژن $_{8}^{15}O$ واپاشی β^+ انجام‌دهد.

تمرین۱۵. سرب $_{82}^{208}Pb$ هستهٔ دختر پایداری است که می‌تواند از واپاشی α یا β^- حاصل شود. فرایندهای مربوط به هر یک از این واپاشی‌ها را بنویسید. در هر مورد هستهٔ مادر را به صورت $_{Z}^{A}X$ مشخص کنید. (تمرین ۲۱ کتاب)

تمرین۱۶. نپتونیم $^{237}_{93}Np$ ایزوتوپی است که در راکتورهای هسته‌ای تولید می‌شود. این ایزوتوپ ناپایدار است و واپاشی آن از طریق گسیل ذرات α، β، α و α صورت می‌گیرد. پس از وقوع تمام این واپاشی‌ها، عدد اتمی و عدد جرمی هستهٔ نهایی چقدر است؟(تمرین ۲۲ کتاب)

تمرین۱۷. شکل زیر نمودار تغییرات تعداد هسته‌های مادر پرتوزای سه نمونه را برحسب زمان نشان می‌دهد. نیمه عمر این سه نمونه را با هم مقایسه کنید. (تمرین ۲۳ کتاب)



تمرین۱۸. .هنگامی که نیتروژن جوّ زمین توسط پرتوهای کیهانی (که معمولاً از جنس پروتون، ذره های α و الکترون هستند) بمباران می‌شود، ایزوتوپ پرتوزای کربن ۱۴ با آهنگ ثابتی در لایه های فوقانی جو تولید می‌شود. این کربن پرتوزا، با کربن ۱۲ که به طورطبیعی در جو وجود دارد درهم می‌آمیزد. بررسی‌ها نشان داده‌است که به ازای هر ۱۰۰۰۰میلیارد اتم پایدار کربن۱۲، تقریباً یک اتم پرتوزای کربن ۱۴ از این طریق وارد جوّ می‌شود. اتم‌های کربن جوّی از طریق فعالیت‌های بیولوژیکی از قبیل فتوسنتز و تنفس، به نحو کاتوره‌ای مکان خود را عوض می‌کنند و به بدن جانداران منتقل می‌شوند. به طوری که اتم های کربن هرموجود زنده شامل کسر کوچک و ثابتی از ایزوتوپ پرتوزای کربن ۱۴ است. وقتی موجود زنده ای می‌میرد، مقدار کربن پرتوزای به تله افتاده در موجود غیر زنده، با نیمه عمر۵۷۳۰ سال رو به کاهش می‌گذارد. کربن ۱۴ موجود در یک نمونهٔ زغال قدیمی، ۱/۵۶ درصد (معادل $\frac{1}{64}$) مقدارعادی کربن ۱۴ موجود در زغالی است که تازه تولید شده است. سن تقریبی این زغال قدیمی چقدر است؟ (تمرین ۲۴ کتاب)

تمرین۱۹. نیمه عمر بیسموت ۲۱۲ حدود ۶۰ دقیقه است. پس از گذشت چهار ساعت، چه کسری از مادهٔ اولیه، در نمونه‌ای از این بیسموت، باقی می‌ماند؟(تمرین ۲۵ کتاب)

مجموعه تستهای فصل ۴

تمرین ۲۷. انرژیِ وابسته به یک فوتونِ نوری به طولِ موجِ $450nm$ چند ژول است؟ $(h=6/6\times10^{-34}J.s$ و $c=3\times10^{8}\frac{m}{s})$

۱) $9/9\times10^{-49}$ ۲) $8/91\times10^{-32}$ ۳) $4/4\times10^{-19}$ ۴) $9/9\times10^{-19}$

تمرین ۲۸. اگر کوانتومِ انرژیِ یک موجِ الکترومغناطیسی ۲/۰۷ الکترون ولت باشد، این موج به کدام گروه از امواجِ الکترومغناطیسی تعلّق دارد؟ $(h=4/14\times10^{-15}eV.s)$

۱) فروسرخ ۲) مرئی ۳) ماوراء بنفش ۴) گاما

تمرین ۲۹. طولِ موجِ اشعه‌ی فرابنفشی در خلأ، ۰/۱۱ میکرون است. انرژیِ وابسته به فوتونِ آن در آب چند الکترون ولت است؟ $(n=\frac{4}{3}$ آب، $h=6/6\times10^{-34}J.s$ و $c=3\times10^{8}\frac{m}{s})$

۱) ۱/۶۵ ۲) ۸/۴ ۳) ۱۱/۲۵ ۴) ۱۵

تمرین ۳۰. در پدیده‌ی فوتوالکتریک در کدام حالت، بیشینه‌ی انرژیِ جنبشیِ فوتوالکترون ها افزایش می‌یابد؟

۱) شدّتِ نورِ فرودی، افزایش یابد. ۲) طولِ موجِ نورِ فرودی، کاهش یابد. ۳) شدّتِ نورِ فرودی، کاهش یابد. ۴) طولِ موجِ نورِ فرودی، افزایش یابد.

تمرین ۳۱. ولتاژِ متوقّف کننده‌ی جریانِ فوتوالکتریک از سطحِ فلزی که در معرضِ تابشِ اشعه‌ی ماوراءِ بنفش قرار دارد، $1/82V$ است. حداکثر سرعتِ الکترون‌هایِ گسیل شده از سطحِ این فلز چند متر بر ثانیه است؟ (بارِ الکترون $1/6\times10^{-19}c$ و جرمِ آن $9/1\times10^{-31}Kg$ است).

۱) 4×10^{5} ۲) 8×10^{5} ۳) 4×10^{7} ۴) 8×10^{7}

تمرین ۳۲. تابعِ کارِ فلزِ باریم، $2/5eV$ است. حدّ اکثر طولِ موجِ نوری که می‌تواند، موجبِ گسیلِ فوتوالکترون‌ها از سطحِ باریم شود، چند نانو متر است؟ $(h=6/6\times10^{-34}J.s$ و $c=3\times10^{8}\frac{m}{s})$.

۱) $5/5\times10^{-33}$ ۲) $7/92\times10^{-17}$ ۳) ۲۴۲ ۴) ۴۹۵

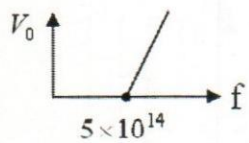
تمرین ۳۳. نورِ بنفشی به طولِ موجِ $400nm$ بر سطحِ فلزی با تابعِ کارِ $2/5eV$ می‌تابد و موجبِ گسیلِ جریانِ فوتوالکتریکی می‌شود. ولتاژِ متوقّف کننده در این حالت چند ولت است؟ $(hc=124\,eV.nm)$

۱) ۰/۶ ۲) ۱/۵ ۳) ۳/۱ ۴) ۵/۶

تمرین ۳۴. بر سطحِ یک ورقه‌ی فلزی از جنسِ سرب، نوری با بسامدِ ۳ برابرِ بسامدِ قطعِ آن می‌تابد. اگر انرژیِ جنبشیِ سریع‌ترین فوتوالکترون‌هایِ خارج شده از سطحِ فلز $8eV$ باشد، تابعِ کارِ سرب، چند الکترون ولت است؟

۱) ۱ ۲) $\frac{8}{3}$ ۳) ۴ ۴) ۸

تمرین ۳۵. منحنیِ تغییراتِ ولتاژِ قطع بر حسبِ بسامدِ فلزِ معیّنی که در آزمایشِ مربوط به اثرِ فوتوالکتریک به کار رفته است، مطابقِ شکلِ زیر است. ولتاژِ متوقّف کننده در بسامدِ $10^{15}Hz$ چند ولت است؟ $(h=4/14\times10^{-15}eV.s)$



۱) ۱/۵ ۲) ۲/۰۷ ۳) ۴/۱۴ ۴) ۸/۲۸

تمرین ۳۶. تابعِ کارِ سه فلزِ A ، B و C ، به ترتیب، ۲/۲۶، ۴/۲۴ و ۴/۳۷ الکترون-ولت است. کدام یک از این فلزها وقتی با نوری به طولِ موجِ $\lambda=600nm$ روشن شود، فوتوالکترون گسیل خواهد کرد؟ $(c=3\times10^{8}\frac{m}{s}$ و $h=4/14\times10^{-15}eV.s)$.

۱) A ۲) B ۳) هر سه فلز ۴) هیچ یک از سه فلز

تمرین ۳۷. کدام طیفِ اتمی در شناساییِ عناصر از یکدیگر به کار می رود؟

۱) فقط گسیلیِ خطّی ۲) فقط گسیلیِ پیوسته ۳) جذبیِ پیوسته یا گسیلیِ پیوسته ۴) جذبیِ خطّی یا گسیلیِ خطّی

تمرین ۳۸. در اتمِ ئیدروژن، الکترون از ترازِ $n=3$ به ترازِ $n=1$ می‌آید. فوتونِ گسیلی مربوط به کدام رشته و کدام منطقه از طیفِ موج هایِ الکترومغناطیسی است؟

۱) بالمر-فرابنفش ۲) لیمان-مرئی ۳) لیمان-فرابنفش ۴) بالمر-فروسرخ

تمرین ۳۹. کوتاه‌ترین طولِ موجِ خط‌هایِ طیفیِ اتمِ ئیدروژن، تقریباً چند نانومتر است؟ $(R_H=0/011(nm)^{-1})$

۱) ۶۸ ۲) ۹۱ ۳) ۱۲۱ ۴) ۳۶۴

تمرین ۴۰. کوتاه‌ترین طولِ موجِ رشته‌ی پاشنِ مربوط به اتمِ ئیدروژن چند برابرِ بلندترین طولِ موجِ رشته‌ی بالمرِ آن است؟

۱) ۰/۲۵ ۲) ۰/۸ ۳) ۱/۲۵ ۴) ۴

تمرین۴۱. انرژیِ بستگیِ اتمِ ئیدروژن در حالتِ پایه، چند برابرِ انرژیِ بستگیِ آن، در ترازِ سوّم (n=۳) است؟

۱) ۹ ۲) ۳ ۳) $\frac{۱}{۳}$ ۴) $\frac{۱}{۹}$

تمرین۴۲. هر گاه به یک یونِ تک الکترونی که در مدارِ مانایِ شماره ی۲، دارایِ۲الکترون ولت انرژی است. فوتونی با طولِ موجِ۸۰۰نانومتر بتابانیم، چه اتّفاقی رخ می دهد؟(hc=1200ev.nm)

۱)هیچ اتّفاقِ خاصّی رخ نخواهد داد. ۲)الکترون به حالتِ برانگیخته‌ی n=16می رود.

۳)الکترون به حالتِ برانگیخته‌ی n=4می رود. ۴)الکترون با گسیلِ القائی به حالتِ پایه می رود.

تمرین۴۳. (ریاضی ۹۳) اگر ضریب ثابت پلانک $۶/۶\times۱۰^{-۳۴} J.s$ باشد، این ضریب چند الکترون ولت ثانیه است؟ ($e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C$)

۱) $\frac{۳۳}{۸}\times۱۰^{۱۵}$ ۲) $\frac{۸}{۳۳}\times۱۰^{-۱۵}$ ۳) $\frac{۳۳}{۸}\times۱۰^{-۱۵}$ ۴) $\frac{۸}{۳۳}\times۱۰^{۱۵}$

تمرین۴۴. (ریاضی ۹۳) در اتم هیدروژن، الکترون از تراز n=۱ به تراز n=۳ می‌رود. در این انتقال، شعاع مدار و انرژی الکترون، نسبت به حالت قبل، به ترتیب چند برابر می‌شوند؟

۱) ۳ و $\frac{۱}{۳}$ ۲) ۹ و $\frac{۱}{۹}$ ۳) ۳ و ۳ ۴) ۹ و ۹

تمرین۴۵. (تجربی ۹۳) به سطح فلزی که تابع کار آن ۴ev است. نوری با طول موج λ می‌تابانیم و فوتو الکترون‌ها از سطح آن گسیل می‌شوند. بلندترین طول موج الکترو مغناطیسی که می‌تواند سبب گسیل فوتو الکترون‌ها از این فلز شود چند نانومتر است؟ ($c=۳\times۱۰^{۸}\frac{m}{s}$ و $h=۴\times۱۰^{-۱۵}eV.s$).

۱) ۵۰۰ ۲) ۳۵۰ ۳) ۳۰۰ ۴) ۲۵۰

تمرین۴۶. (تجربی ۹۳) در اتم هیدروژن، در کدام یک از رشته‌های زیر فقط پرتوهای فروسرخ تابش می‌شود؟

۱) پاشن – براکت – پفوند ۲) بالمر – پاشن – براکت ۳) لیمان- پاشن – براکت ۴) بالمر – براکت - پفوند

تمرین۲۰. نیرویِ هسته ای،بینِ کدام یک از ذرّاتِ زیر پدید می آید؟

۱)پروتون و پروتون ۲)پروتون و نوترون ۳)نوترون و نوترون ۴)هر سه مورد

تمرین۲۱. در اندر کنشِ نوکلئون ها،نیروی هسته ای در مقایسه با نیروی کولنی چگونه است؟

۱)ضعیف، بلند بُرد ۲) قوی،بلند بُرد ۳) ضعیف،کوتاه بُرد ۴) قوی،کوتاه بُرد

تمرین۲۲. عنصر هایی که عددِ اتمیِ آن ها بزرگ تر از۸۳است،.....

۱)همگی پایدارند. ۲)همگی ناپایدارند. ۳)برخی پایدار و برخی ناپایدارند. ۴)همگی پایدارند به جز اورانیوم که ناپایدار است.

تمرین۲۳. سنگین ترین عنصر در طبیعت دارایِ عددِ اتمیِ.....و عددِ نوترونیِ .....است.

۱)۹۰،۱۵۴ ۲)۱۵۴،۹۰ ۳)۹۲،۱۴۶ ۴)۱۴۶،۹۲

تمرین۲۴. فراوان ترین مادّه ی رادیواکتیوِ رویِ زمین،اورانیوم۲۳۸ است، که پس از واپاشی هایِ متعدّد، به هسته ی پایدارِ سرب۲۰۶ ،تبدیل می شود. در این واپاشی ها،به ترتیب چند ذرّه ی و چند ذرّه ی (الکترون)،گسیل می شود؟

۱)۵و۸ ۲)۵و۶ ۳)۸و۶ ۴)۸و۱۲

تمرین۲۵. $^{۲۳۲}_{۹۰}Th$ در چند مرحله وامی پاشد، که در آن ۶ذرّه ی آلفا و۴ذرّه ی بتا(الکترون) گسیل می شوند.ایزوتوپِ حاصل کدام است؟

۱) $^{۲۰۶}_{۸۲}Pb$ ۲) $^{۲۰۸}_{۸۲}Pb$ ۳) $^{۲۳۸}_{۹۲}U$ ۴) $^{۲۳۴}_{۹۱}Pa$

تمرین۲۶. نیمه عمرِ یک مادّه ی رادیواکتیو۱۰روز است.اگر۸۰گرم از این مادّه موجود باشد،پس از گذشتِ یک ماه(۳۰روز)چند گرم از آن متلاشی می شود؟

۱)۱۰ ۲)۲۰ ۳)۶۰ ۴)۷۰

تمرین۲۷. نیمه عمرِ ^{۲۱۵}At ،۱۰۰میکروثانیه است.پس از چند ثانیه $\frac{۱۵}{۱۶}$ هسته هایِ آن واپاشیده می شوند؟

۱)۴۰۰ ۲) 2×10^{-4} ۳) 4×10^{-4} ۴) 8×10^{-4}

تمرین۲۸. چند درصد از هسته های مادّه ی رادیواکتیوی پس از واپاشی در مدّتِ ۴ نیمه عمر،به صورتِ فعّال باقی می ماند؟

۱) ۲/۵ ۲) ۳ ۳) ۶/۲۵ ۴) ۱۲/۵

تمرین۲۹. پلوتونیمِ ۲۳۹ ($^{239}_{94}Pu$) در اثرِ برخورد به یک نوترونِ کُند،شکافته می شود.در این فرآیند۴نوترون و یک هسته ی زنونِ۱۴۲ ($^{142}_{54}Xe$) تولید می‌شود.محصولِ دیگرِ این شکافت کدام است؟

۱) $^{85}_{37}Rb$ ۲) $^{94}_{38}Sr$ ۳) $^{94}_{40}Zr$ ۴) $^{98}_{43}Tc$

تمرین۳۰. در عملِ غنی سازی،درصدِ فراوانیِ کدام ایزوتوپِ اورانیوم را افزایش می دهند؟

۱) ^{235}U ۲) ^{236}U ۳) ^{237}U ۴) ^{238}U

تمرین۳۱. (۹۷ ریاضی) کدام گزینه در مورد ^{235}U و ^{238}U درست نیست؟

۱) تعداد نوترون ^{235}U بیشتر است. ۲) هر دو تعداد پرتون یکسانی دارند.

۳) هردو خواص شیمیایی یکسانی دارند ۴) ^{238}U ، ۰/۷۲ درصد اورانیوم طبیعی را تشکیل می‌دهند.

تمرین۳۲. (۹۷ تجربی) در واپاشی هسته‌های ناپایدار، کدام مورد درست است؟ ($e = 1/6\times 10^{-19}C$)

۱) هنگام گسیل پوزیترون بار هسته به اندازه $e = 1/6\times 10^{-19}C$ افزایش می‌یابد.

۲) هنگام گسیل الکترون بار هسته به اندازه $e = 1/6\times 10^{-19}C$ کاهش می‌یابد.

۳) هنگام گسیل α بار هسته به اندازه $3/2\times 10^{-19}C$ کاهش می‌یابد.

۴) هنگام گسیل گاما، پوزیترون و الکترون بار هسته بار هسته ثابت می‌ماند.

تمرین۳۳. (۹۶ریاضی) از تعداد هسته‌های اولیه مساوی دو عنصر رادیو اکتیو A و B بعد از گذشت زمان Δt، تعداد هسته‌های باقی مانده عنصر A چهار برابر تعداد هسته‌های باقی مانده عنصر B است. اگر تعداد نیمه عمرهای عنصر A و B در مدت زمان Δt به ترتیب nA و nB باشد، کدام یک از موارد زیر درست است؟

۱) $n_A - n_B = 4$ ۲) $n_B - n_A = 4$ ۳) $n_A - n_B = 2$ ۴) $n_B - n_A = 2$

تمرین۳۴. بارِ کلّ هسته ی زیرکونیمِ ۹۰،برابرِ است.تعداد نوترون هایِ این هسته،کدام است؟

۱) ۴۰ ۲) ۴۵ ۳) ۵۰ ۴) ۱۳۰

تمرین۳۵. دو ایزوتوپِ یک عنصرِ مجهول به ترتیب و می باشند. در این صورت کدام یک از پاسخ هایِ زیر می تواند درست باشد؟

۱)تعدادِ نوترون ها به ترتیب۱۲و۱۴است. ۲) تعدادِ نوترون ها به ترتیب۶و۸است.

۳) تعدادِ پروتون ها به ترتیب۱۲و۱۴است. ۴) تعدادِ پروتون ها به ترتیب۶و۸است.

پاسخ بخش اول جای خالی کلمات

فیزیک کلاسیک - نسبیت خاص- نسبیت عام – کوانتومی – فتوالکترون - اثر فتوالکتریک – فوتون – $E=hf$

پاسخ بخش دوم جای خالی کلمات

تابش گرمایی – فروسرخ - طیف پیوسته - برهم کنش قوی - طیف خطی - طیف خطی - طیف پیوسته - مدل تامسون - نبود. - ذرات آلفا- مدل اتمی بور - از مدارهای مانا (مجاز) – بیشتر – کمتر - حالت پایه - که حالت‌های برانگیخته - حالت پایه- انرژی یونش الکترون - ۱۳/۶eV - طیف جذبی - جهتی کاتوره‌ای – گسیل القایی- هم بسامد - هم جهت - هم فاز- وارونی جمعیت

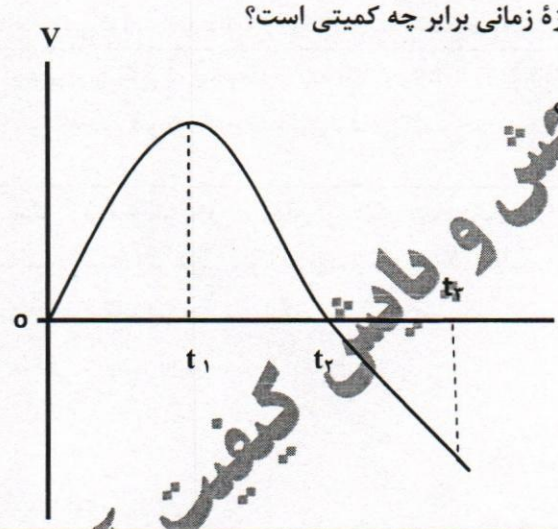
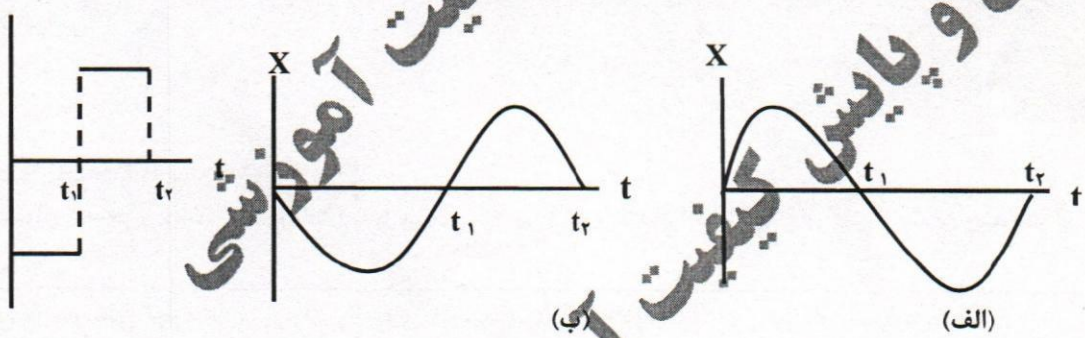
پاسخ بخش سوم جای خالی کلمات

فیزیک هسته‌ای - $\frac{1}{100000}$ – نوکلئون- بیشتر- پروتون‌های- شیمیایی - ۹۹/۹ – نیروی هسته‌ای- انرژی بستگی هسته‌ای- کمتر- کاستی جرم هسته- هسته برانگیخته - keV تا مرتبهٔ MeV- سنگین - هستهٔ اتم هلیم (^4_2He)- ذرّه‌ی بتا (β) - نوترون – پروتون - نیمه عمر

بسمه تعالی

سؤالات امتحان نهایی درس : **فیزیک ۳**	رشته : **علوم تجربی**	**نام و نام خانوادگی :**	ساعت شروع: **۸ صبح**
پایه **دوازدهم** دورهٔ دوم متوسطه	تعداد صفحه: **۳**	تاریخ امتحان: **۹۸/۰۳/۵**	مدت امتحان: **۱۲۰** دقیقه
دانش آموزان روزانه، بزرگسال وداوطلبان آزاد سراسرکشور در **نوبت خرداد** ماه سال **۱۳۹۸**			مرکز سنجش و پایش کیفیت آموزشی http://aee.medu.ir

توجه: استفاده از ماشین حساب ساده (دارای چهار عمل اصلی، جذر و درصد) مجاز می باشد.

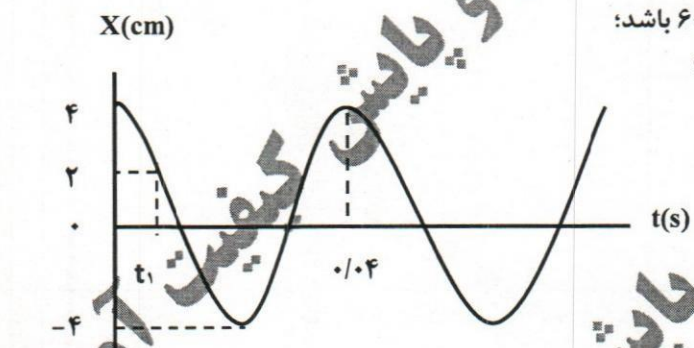
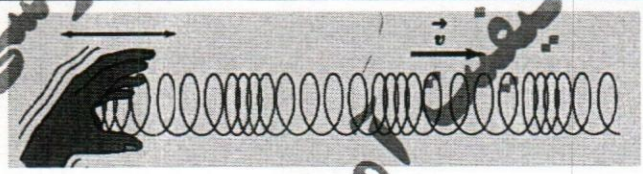
ردیف	سؤالات (پاسخ نامه دارد)	نمره
۱	الف) بردار مکان را تعریف کنید. ب) در چه صورت اندازهٔ سرعت متوسط متحرک با تندی متوسط آن برابر می‌شود؟	۰/۵ ۰/۵
۲	نمودار سرعت- زمان متحرکی که در حال حرکت در امتداد محور X است در شکل زیر نشان داده شده است. الف) مساحت سطح بین منحنی سرعت و محور زمان در هر بازهٔ زمانی برابر چه کمیتی است؟ ب) در کدام بازهٔ زمانی بردار شتاب در جهت محور X است؟ پ) در بازهٔ زمانی t_2 تا t_3 حرکت تندشونده است یا کندشونده؟ ت) در چه لحظه‌ای جهت حرکت متحرک تغییر کرده است؟ 	۱
۳	سرعت متوسط خودرویی که از حال سکون با شتاب $1/5\ m/s^2$ در امتداد محور X به حرکت در می‌آید در ۴s اوّل حرکت، چند متر بر ثانیه است؟	۱/۵
۴	نمودار شتاب- زمان متحرکی که در امتداد محور X حرکت می‌کند مطابق شکل زیر است. توضیح دهید کدام‌یک از نمودارهای مکان – زمان شکل‌های (الف) یا (ب) می‌تواند متناظر با این نمودار شتاب – زمان باشد. 	۰/۵
۵	چتربازی در هوای آرام و در امتداد قائم در حال سقوط است. با رسم شکل، نیروهای وارد بر چترباز را مشخص کرده و تعیین کنید واکنش هر یک از این نیروها به چه جسمی وارد می‌شود؟	۱
۶	دانش‌آموزی به جرم ۶۰ kg روی یک ترازوی فنری در آسانسور ساکن، ایستاده است. آسانسور با شتاب $1/2\ m/s^2$ به طرف بالا شروع به حرکت می‌کند. در این حالت ترازو چند نیوتون را نشان می‌دهد؟ $(g=9/8\ N/kg)$	۰/۷۵
	ادامهٔ سوالات در صفحهٔ دوم	

مرکز سنجش و پایش کیفیت آموزشی

بسمه تعالی

سؤالات امتحان نهایی درس : **فیزیک ۳**	رشته : **علوم تجربی**	**نام و نام خانوادگی :**	ساعت شروع: **۸ صبح**
پایه **دوازدهم** دورهٔ دوم متوسطه	تعداد صفحه: **۳**	تاریخ امتحان: **۹۸/۰۳/۵**	مدت امتحان: **۱۲۰** دقیقه
دانش آموزان روزانه، بزرگسال وداوطلبان آزاد سراسرکشور در **نوبت خرداد** ماه سال **۱۳۹۸**		مرکز سنجش و پایش کیفیت آموزشی http://aee.medu.ir	

توجه: استفاده از ماشین حساب ساده (دارای چهار عمل اصلی، جذر و درصد) مجاز می باشد.

ردیف	سؤالات (پاسخ نامه دارد)	نمره
۷	آزمایشی طراحی کنید که با آن بتوانید ضریب اصطکاک ایستایی(μ_s) بین یک مکعب چوبی با وجوه مشابه و میز افقی را اندازه بگیرید.	۱
۸	گلوله‌ای به جرم ۰/۰۵kg با تندی افقی ۲۰m/s به دیواری برخورد می‌کند و بصورت افقی با تندی ۱۵ m/s در جهت مخالف برمی‌گردد. اندازهٔ تغییر تکانهٔ گلوله را محاسبه کنید.	۰/۷۵
۹	دو کُره توپر همگن به جرم‌های ۱۲۰kg و ۴۰kg را در نظر بگیرید که فاصلهٔ مرکز آنها از یکدیگر ۴m است. نیروی گرانشی که این دو کره به یکدیگر وارد می‌کنند چند نیوتون است؟ ($G= ۶/۶\times۱۰^{-۱۱}\ Nm^۲/kg^۲$)	۰/۷۵
۱۰	در شکل زیر نمودار مکان – زمان نوسانگر هماهنگ سادهٔ جرم – فنری با دوره ۰/۰۴s و دامنهٔ نوسان ۴cm نشان داده شده است. اگر ثابت فنر این نوسانگر ۶۰N/m باشد؛ الف) انرژی مکانیکی این نوسانگر چند ژول است؟ ب) مقدار $t_۱$ چند ثانیه است؟ ($\cos\frac{\pi}{۳}=\frac{۱}{۲}$) 	۰/۷۵ ۰/۷۵
۱۱	الف) موج ایجاد شده در فنر شکل روبه‌رو طولی است یا عرضی؟  ب) چرا به این موج پیش‌رونده می‌گویند؟ پ) ریسمانی به جرم ۰/۵kg و طول ۶m را با نیروی ۳N می‌کشیم. تندی انتشار موج در این ریسمان چند متر بر ثانیه است؟	۰/۲۵ ۰/۲۵ ۰/۷۵
۱۲	درستی یا نادرستی گزاره های زیر را با واژه‌های ((درست)) یا ((نادرست)) در پاسخ‌نامه مشخص کنید. الف) اندازهٔ شتاب نوسانگر هماهنگ ساده در نقاط بازگشتی صفر است. ب) بسامد سامانهٔ جرم- فنر با یک فنر معیّن ولی وزنه‌های متفاوت با جذر جرم وزنه به‌طور مستقیم متناسب است. پ) با افزایش دما در یک منطقه، ساعت آونگ‌دار (با آونگ ساده) عقب می‌افتد. ت) اگر بسامد نوسان‌های واداشته بیشتر از بسامد طبیعی آونگ ساده باشد، برای آونگ تشدید رخ نمی‌دهد. ث) تندی انتشار امواج الکترومغناطیسی در خلاء از رابطهٔ $c=\sqrt{\mu_o\varepsilon_o}$ بدست می‌آید. ح) بسامد موج فرابنفش بیشتر از بسامد میکروموج است.	۱/۵
	ادامهٔ سوالات در صفحهٔ سوم	

مرکز سنجش و پایش کیفیت آموزشی

بسمه تعالی

سؤالات امتحان نهایی درس : **فیزیک ۳**	رشته : **علوم تجربی**	**نام و نام خانوادگی :**	ساعت شروع: **۸ صبح**
پایه **دوازدهم** دورهٔ دوم متوسطه	تعداد صفحه: **۳**	تاریخ امتحان: **۹۸/۰۳/۵**	مدت امتحان: **۱۲۰** دقیقه
دانش آموزان روزانه، بزرگسال وداوطلبان آزاد سراسرکشور در **نوبت خرداد** ماه سال **۱۳۹۸**		مرکز سنجش و پایش کیفیت آموزشی http://aee.medu.ir	

توجه: استفاده از ماشین حساب ساده (دارای چهار عمل اصلی، جذر و درصد) مجاز می باشد.

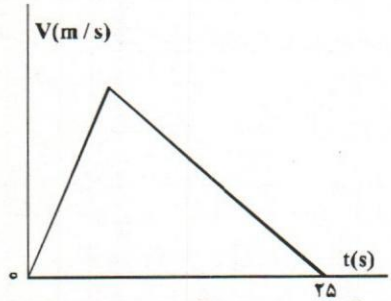
ردیف	سؤالات (پاسخ نامه دارد)	نمره
۱۳	یک دستگاه صوتی صدایی با تراز شدت $\beta_1 = 80\ dB$ و دستگاه صوتی دیگر، صدایی با تراز شدت $\beta_2 = 90\ dB$ ایجاد می‌کند. شدت‌های مربوط به این دو تراز (برحسب W/m^2) به ترتیب I_1 و I_2 هستند. I_2 چند برابر I_1 است؟	۰/۷۵
۱۴	گزاره‌های زیر را با واژه مناسب کامل کنید. الف) به هر یک از برآمدگی‌ها یا فرورفتگی‌های ایجاد شده روی سطح آب یک تشت موج ..... می‌گویند. ب) مکان‌یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر در تعیین ..... و تعیین ..... اجسام متحرک به کار می‌رود. پ) با افزایش دمای هوا، ضریب شکست هوا ..... می‌یابد.	۱
۱۵	طول موج نور قرمز لیزر در هوا حدود ۶۳۰nm و در محیط شیشه حدود ۴۲۰ nm است. تندی این نور در شیشه را محاسبه کنید (تندی نور در هوا $3\times10^8\ m/s$ فرض شود).	۰/۷۵
۱۶	از داخل پرانتز گزینه درست را انتخاب کنید و در پاسخ‌نامه بنویسید. الف) در گسیل (القایی – خودبه‌خود) فوتون در جهتی کاتوره‌ای گسیل می‌شود. ب) خواص شیمیایی هر اتم را تعداد (نوترون‌های – پروتون‌های) هسته تعیین می‌کند. پ) نیروی هسته‌ای بین نوکلئون‌ها (کوتاه برد- بلند برد) است. ت) در دماهای معمولی، بیشتر تابش گسیل شده از سطح اجسام در ناحیهٔ (فروسرخ – نور مرئی) قرار دارد.	۱
۱۷	الف) توضیح دهید برای یک فلز معیّن، افزایش شدت نور فرودی در بسامدهای بزرگ‌تر از بسامد آستانه چه تاثیری در نتیجهٔ اثر فوتوالکتریک دارد؟	۰/۲۵
	ب) دو مورد از ناروایی‌های مدل بور را بنویسید.	۰/۵
	پ) طول موج سومین خط طیفی اتم هیدروژن در رشتهٔ بالمر ($n'=2$) چند نانومتر است؟ ($R \approx 0/01\ (nm)^{-1}$)	۰/۷۵
۱۸	اگر شدت تابشی متوسط خورشید در سطح زمین به ازای هر متر مربع حدود $330\ W/m^2$ باشد در هر دقیقه چند فوتون به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد؟ طول موج متوسط فوتون‌ها را ۵۲۰nm فرض کنید. ($h=6/6\times10^{-34}J.s$, $C=3\times10^8\ m/s$)	۱
۱۹	هر یک از گزاره‌های ستون (الف) تنها به یک واپاشی در ستون (ب) ارتباط دارد. گزاره مرتبط با هر واپاشی را در پاسخ نامه مشخص کنید (در ستون (ب) یک مورد اضافه است).	۰/۷۵

ستون (الف)	ستون (ب)
(۱) پرتوهای این واپاشی بیشترین نفوذ را در ورقه سرب دارند.	a. آلفا
(۲) نوترون درون هسته به الکترون و پروتون تبدیل می‌شود.	b. بتای مثبت
(۳) این نوع واپاشی در هسته‌های سنگین صورت می‌گیرد.	c. بتای منفی
	d. گاما

۲۰	نیمه عمر بیسموت ۲۱۲، حدود یک ساعت است. پس از گذشت ۵ ساعت، در نمونه‌ای از این بیسموت چه کسری از مادهٔ اولیه باقی می‌ماند؟	۰/۷۵
	موفق باشید.	جمع نمره ۲۰

مرکز سنجش و پایش کیفیت آموزشی

۲۰۶- نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که در مسیری مستقیم در حرکت است، به‌صورت شکل زیر است. اگر سرعت متوسط متحرک در این ۲۵ ثانیه برابر $۱۰\frac{m}{s}$ باشد، بیشینهٔ سرعت متحرک در ضمن حرکت، چند متر بر ثانیه است؟

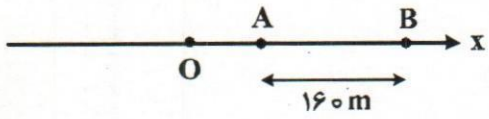


۱) ۲۰
۲) ۲۵
۳) ۴۰
۴) ۵۰

۲۰۷- متحرکی روی محور x حرکت می‌کند و در مبدأ زمان از مکان $x_۰ = -۴۰\,m$ می‌گذرد و در لحظهٔ $t_۱ = ۶\,s$ به مکان $x_۱ = ۱۰۰\,m$ می‌رسد و در نهایت در لحظهٔ $t_۲ = ۱۰\,s$ از مکان $x_۲ = ۲۰\,m$ می‌گذرد. سرعت متوسط این متحرک در SI در این ۱۰ ثانیه، کدام است؟

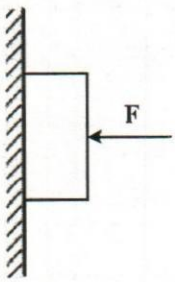
۱) ۲۲ ۲) ۱۴ ۳) ۶ ۴) ۲

۲۰۸- مطابق شکل زیر، متحرکی با شتاب ثابت $۲\frac{m}{s^۲}$ روی محور x حرکت می‌کند. اگر فاصلهٔ بین دو نقطهٔ A و B را در مدت ۸ ثانیه طی کند و در نقطهٔ O سرعتش صفر باشد، فاصلهٔ OA چند متر است؟



۱) ۱۸
۲) ۳۶
۳) ۴۵
۴) ۷۲

۲۰۹- مطابق شکل زیر، جسمی به وزن ۲۰N توسط نیروی افقی $F = ۶۰\,N$ به حال سکون بر دیوارهٔ قائمی ثابت نگه داشته شده است. ضرایب اصطکاک ایستایی و جنبشی میان دیواره و جسم به ترتیب ۰/۶ و ۰/۳ است. در این حالت نیرویی به بزرگی ۱۰N موازی با دیواره روبه پایین به جسم وارد می‌شود. نیرویی که جسم به دیواره وارد می‌کند، چند نیوتون می‌شود؟



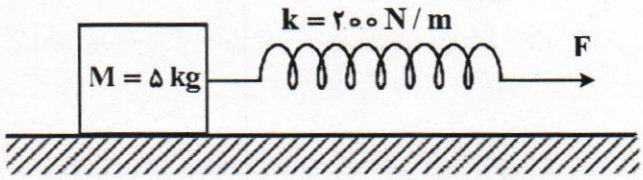
۱) ۳۰
۲) ۳۶
۳) $۳۰\sqrt{۳}$
۴) $۳۰\sqrt{۵}$

۲۱۰- جرم فضانوردی ۸۰kg است. اگر شتاب گرانش در سطح زمین $۹/۸\frac{m}{s^۲}$ و شعاع متوسط کره زمین ۶۴۰۰km باشد، وزن این فضانورد وقتی داخل سفینه‌ای است که در ارتفاع ۶۴۰۰ کیلومتری سطح زمین به دور آن می‌چرخد، چند نیوتون است؟

۱) ۸۰۰ ۲) ۳۹۲ ۳) ۱۹۶ ۴) صفر

محل انجام محاسبات

۲۱۱- جسمی روی یک سطح افقی تحت‌تأثیر نیروی افقی F با سرعت ثابت کشیده می‌شود. اگر افزایش طول فنر در ضمن حرکت ۵ سانتی‌متر باشد، ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح کدام است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$



۱) ۰/۲
۲) ۰/۲۵
۳) ۰/۳
۴) ۰/۴

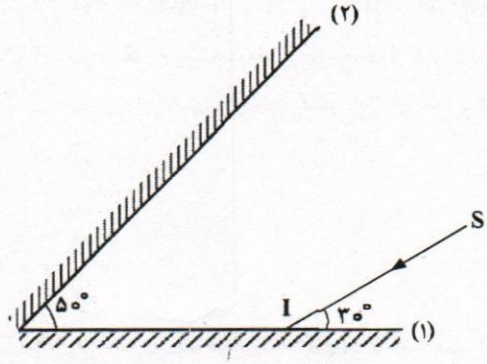
۲۱۲- یک پمپ آب در هر ساعت ۲۵۲ تن آب را تا ارتفاع ۱۲ متر بالا می‌کشد. اگر بازده پمپ ۸۰ درصد باشد، توان پمپ چند کیلووات است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$

۱) ۷/۵ ۲) ۸ ۳) ۸/۴ ۴) ۱۰/۵

۲۱۳- نیروی $\vec{F} = (۳۰\,N)\vec{i} + (۴۰\,N)\vec{j}$ به جسمی به جرم ۵kg وارد می‌شود و آن را روی سطح افقی به اندازهٔ $\overrightarrow{\Delta x} = (۶m)\vec{i}$ جابه‌جا می‌کند. کار نیروی $\vec{F}$ در این جابه‌جایی چند ژول است؟

۱) ۱۸۰ ۲) ۲۴۰ ۳) ۳۰۰ ۴) ۴۲۰

۲۱۴- مطابق شکل زیر، پرتو نور SI به آینهٔ (۱) می‌تابد و پس از بازتاب از آینهٔ (۲)، دوباره به آینهٔ (۱) می‌تابد. امتداد پرتو بازتاب نهایی با امتداد پرتو SI، زاویهٔ چند درجه می‌سازد؟



۱) ۱۲۰
۲) ۱۴۰
۳) ۱۶۰
۴) ۱۸۰

۲۱۵- نوسانگر ساده‌ای روی پاره‌خطی به طول ۴ سانتی‌متر نوسان می‌کند و در هر ثانیه یک‌بار طول این پاره‌خط را طی می‌کند. بیشینهٔ سرعت این نوسانگر چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟

۱) $۰/۰۲\pi$ ۲) $۰/۰۴\pi$ ۳) ۲π ۴) ۴π

۲۱۶- یک موج عرضی در طنابی درحال انتشار است. کدام کمیت در یک بازهٔ زمانی معین برای تمام ذرات طناب یکسان است؟

۱) مسافت ۲) جابه‌جایی ۳) شتاب متوسط ۴) بسامد زاویه‌ای

۲۱۷- شخصی بین دو صخرهٔ قائم و موازی ایستاده است و فاصله‌اش از صخرهٔ نزدیک‌تر ۵۱۰ متر است. اگر این شخص فریاد بزند، اولین پژواک صدای خود را ۳ ثانیهٔ بعد می‌شنود و پژواک دوم را یک ثانیه پس از آن می‌شنود. فاصلهٔ بین دو صخره چند متر است؟

۱) ۱۳۶۰ ۲) ۱۱۹۰ ۳) ۱۰۲۰ ۴) ۸۵۰

محل انجام محاسبات

۲۱۸- کدام‌یک از موارد زیر، با فیزیک کلاسیک قابل توجیه نیستند؟

۱) مکانیک نیوتونی و پدیدهٔ فوتوالکتریک
۲) پدیدهٔ فوتوالکتریک و طیف خطی
۳) لیزر و نظریهٔ الکترومغناطیسی ماکسول
۴) نظریهٔ الکترومغناطیسی ماکسول و طیف خطی

۲۱۹- در طیف گسیلی هیدروژن، کوتاه‌ترین طول موج گسیلی چند نانومتر است و این گسیل مربوط به کدام رشته است؟

$R = ۰/۰۱(nm)^{-۱}$

۱) ۱۰۰ و بالمر
۲) ۱۰۰ و لیمان
۳) $\frac{۴۰۰}{۳}$ و بالمر
۴) $\frac{۴۰۰}{۳}$ و لیمان

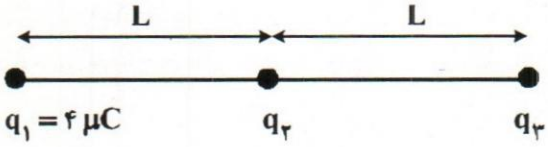
۲۲۰- در هستهٔ اتم یک عنصر، اگر نیروی ربایشی هسته‌ای بین دو پروتون مجاور F و بین دو نوترون مجاور برابر F' و بین یک پروتون و یک نوترون مجاور برابر F'' باشد، کدام‌یک از موارد زیر درست است؟

۱) $F = F' = F''$
۲) $F'' > F' > F$
۳) $F' > F'' > F$
۴) $F > F' > F''$

۲۲۱- در یک میدان الکتریکی یکنواخت، به بار الکتریکی $q = ۲\mu C$ نیروی الکتریکی $\vec{F} = ۱۰/۸\vec{N}i - ۱۴/۴\vec{N}j$ وارد می‌شود. بزرگی میدان الکتریکی چند نیوتون برکولن است؟

۱) ۳۶×۱۰^{۶}
۲) ۱۸×۱۰^{۶}
۳) ۹×۱۰^{۶}
۴) $۴/۵\times۱۰^{۶}$

۲۲۲- در شکل زیر، سه بار نقطه‌ای قرار دارند. برایند نیروهای الکتریکی وارد بر بار $q_۳$ هم اندازهٔ نیروی الکتریکی است که بار $q_۱$ بر $q_۳$ وارد می‌کند. $q_۲$ چند میکروکولن است؟

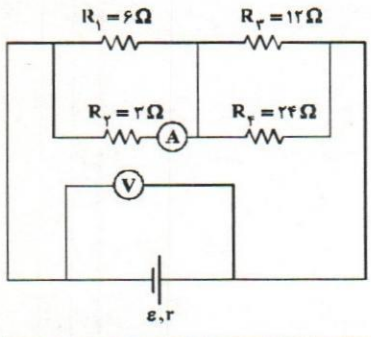


۱) ۸
۲) ۲
۳) -۲
۴) -۸

۲۲۳- بار خازنی به ظرفیت $۵\mu F$، ۲۵ درصد افزایش می‌یابد و در اثر آن، $۹۰\mu J$ به انرژی ذخیره شده در خازن افزوده می‌شود. ولتاژ اولیهٔ دو سر خازن چند ولت بوده است؟

۱) ۸
۲) ۱۲/۵
۳) ۲۰
۴) ۲۵

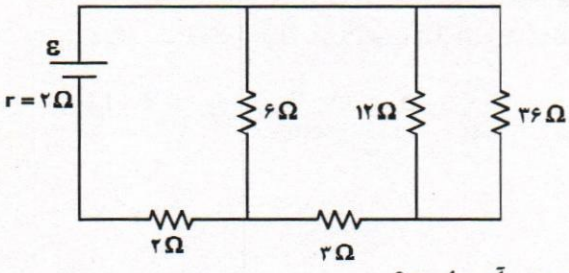
۲۲۴- در مدار زیر، اگر به جای مقاومت ۳ اهمی، مقاومت ۶ اهمی قرار دهیم، اعدادی که آمپرسنج و ولت‌سنج نشان می‌دهند، به‌ترتیب چه تغییری می‌کنند؟



۱) افزایش ـ کاهش
۲) کاهش ـ افزایش
۳) کاهش ـ کاهش
۴) افزایش ـ افزایش

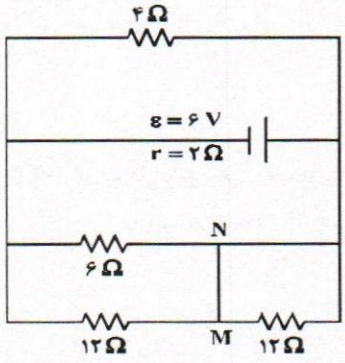
محل انجام محاسبات

۲۲۵- در مدار زیر، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومتی که بیش‌ترین توان در آن تلف می‌شود، ۱۲ ولت است. ε چند ولت است؟



۱) ۱۲
۲) ۱۸
۳) ۲۰
۴) ۲۴

۲۲۶- در مدار زیر، جریان الکتریکی که از سیم رابط MN می‌گذرد، چند آمپر است؟



۱) ۰٫۲۵
۲) ۰٫۵۰
۳) ۰٫۷۵
۴) ۱٫۵

۲۲۷- بار الکتریکی q با سرعت $\vec{V}$ وارد یک میدان مغناطیسی یکنواخت که اندازه آن B است می‌شود و از طرف میدان نیروی $\vec{F}$ بر آن وارد می‌شود، کدام‌یک از موارد زیر دربارهٔ بردارهای $\vec{F}$، $\vec{V}$ و $\vec{B}$، صحیح است؟

۱) $\vec{V}$ همواره بر دو بردار $\vec{B}$ و $\vec{F}$ عمود است.
۲) $\vec{B}$ همواره بر دو بردار $\vec{V}$ و $\vec{F}$ عمود است.
۳) $\vec{F}$ همواره بر دو بردار $\vec{V}$ و $\vec{B}$ عمود است.
۴) $\vec{F}$، $\vec{V}$ و $\vec{B}$ همواره دو به دو بر یکدیگر عمودند.

۲۲۸- سیملوله‌ای به طول ۶۰ سانتی‌متر، دارای ۲۰۰ حلقه است و از آن جریان 5A عبور می‌کند. میدان مغناطیسی درون سیملوله چند تسلا است؟ $(\mu_0 = ۱۲\times۱۰^{-۷}\ \frac{T.m}{A})$

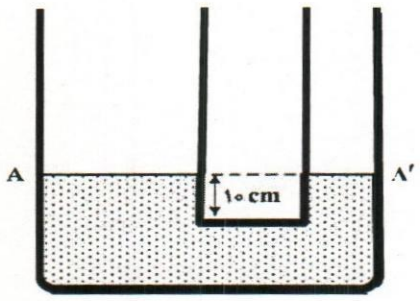
۱) ۲×۱۰^{-۱}
۲) ۲×۱۰^{-۳}
۳) $۱٫۲\times۱۰^{-۱}$
۴) $۱٫۲\times۱۰^{-۳}$

۲۲۹- سطح حلقه‌های پیچه‌ای که دارای ۱۰۰۰ حلقه است، عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی که اندازهٔ آن ۰٫۰۴T است، قرار دارد. میدان مغناطیسی در مدت ۰٫۰۱s تغییر می‌کند و به ۰٫۰۴T در خلاف جهت اولیه می‌رسد. اگر مساحت هر حلقهٔ پیچه $۵۰\ cm^۲$ باشد، بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در پیچه، چند ولت است؟

۱) صفر
۲) ۰٫۴
۳) ۴
۴) ۴۰

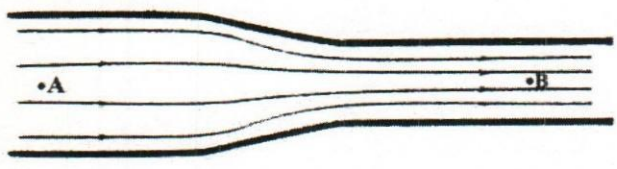
محل انجام محاسبات

۲۳۰- در دو لولهٔ استوانه‌ای مربوط به هم تا سطح AA' آب وجود دارد و قطر قاعدهٔ یکی از استوانه‌ها ۳ برابر قطر قاعدهٔ استوانهٔ دیگر است. اگر از لولهٔ سمت چپ تا ارتفاع ۵ سانتی‌متر نفت اضافه کنیم، آب در لوله باریک چند سانتی‌متر نسبت به حالت اول بالا می‌رود؟ ($\rho_{آب}=۱\frac{g}{cm^۳}$ و $g=۱۰\frac{m}{s^۲}$ و $\rho_{نفت}=۰/۸\frac{g}{cm^۳}$)



۱) ۱/۲
۲) ۳/۶
۳) ۴
۴) ۵

۲۳۱- در شکل زیر، آب به‌صورت پیوسته در لوله جاری است. اگر قطر مقطع بزرگ دو برابر قطر مقطع کوچک باشد، تندی حرکت آب در نقطهٔ A چند برابر سرعت در نقطهٔ B است؟



۱) $\frac{۱}{۴}$ ۲) $\frac{۱}{۲}$
۳) ۲ ۴) ۴

۲۳۲- در ظرفی یک قطعه یخ صفر درجهٔ سلسیوس وجود دارد. اگر ۸۰۰ گرم آب ۲۰ درجهٔ سلسیوس در ظرف وارد کنیم و فقط بین آب و یخ تبادل گرما صورت گیرد، پس از برقراری تعادل گرمایی، $\frac{۱}{۳}$ جرم قطعه یخ در ظرف باقی می‌ماند، جرم اولیهٔ قطعه یخ چند گرم بوده است؟ ($L_f=۳۳۶۰۰۰\frac{J}{kg}$ و $C_{آب}=۴۲۰۰\frac{J}{kg.K}$)

۱) ۲۰۰ ۲) $\frac{۸۰۰}{۳}$ ۳) ۳۰۰ ۴) ۶۰۰

۲۳۳- به دو جسم هم حجم A و B گرمای مساوی داده‌ایم. اگر گرمای ویژهٔ A دو برابر گرمای ویژهٔ B و همچنین چگالی A دو برابر چگالی B باشد، تغییر دمای جسم A چند برابر تغییر دمای جسم B است؟

۱) $\frac{۱}{۴}$ ۲) $\frac{۱}{۲}$ ۳) ۱ ۴) ۴

۲۳۴- در کدام‌یک از موارد زیر، همهٔ کمیت‌ها فرعی هستند؟

۱) جرم، زمان، فشار
۲) چگالی، تندی، انرژی
۳) چگالی، جریان الکتریکی، حجم
۴) شدت روشنایی، مقدار ماده، زمان

۲۳۵- ضریب انبساط طولی آلومینیم $۲/۳\times۱۰^{-۵}k^{-۱}$ است و روی یک ورقهٔ تخت آلومینیمی، حفرهٔ دایره‌ای شکل ایجاد کرده‌ایم که مساحت آن در دمای صفر درجهٔ سلسیوس $۵۰cm^۲$ است. اگر دمای ورقه را به آرامی به ۸۰ درجهٔ سلسیوس برسانیم، مساحت حفره چند سانتی‌متر مربع می‌شود؟

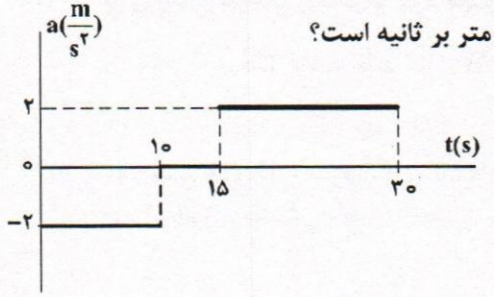
۱) ۴۹/۸۱۶ ۲) ۴۹/۹۰۸ ۳) ۵۰/۰۹۲ ۴) ۵۰/۱۸۴

محل انجام محاسبات

۲۰۶- متحرکی در مسیر مستقیم حرکت می‌کند و معادلهٔ سرعت ـ زمان آن در SI به‌صورت $V = ۲t^۲ - ۴t - ۲$ است. شتاب متوسط آن در ۲ ثانیهٔ دوم چند متر بر مجذور ثانیه است؟

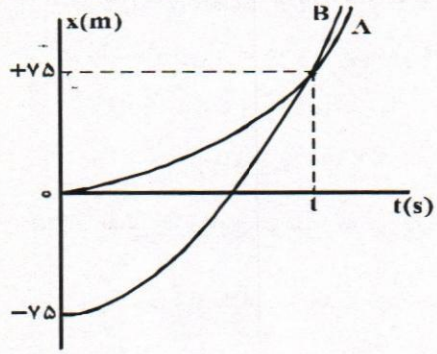
۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۸

۲۰۷- نمودار شتاب ـ زمان متحرکی که با سرعت اولیهٔ $۳۰\frac{m}{s}$ درجهت محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. سرعت متوسط متحرک در بازهٔ زمانی $t_۱ = ۱۰s$ تا $t_۲ = ۳۰s$، چند متر بر ثانیه است؟



۱) ۱۵
۲) ۲۰
۳) ۲۱/۲۵
۴) ۴۲/۵

۲۰۸- نمودار مکان ـ زمان دو متحرک A و B که هم‌زمان از حال سکون به حرکت درآمده‌اند، به‌صورت دو سهمی شکل زیر است. اگر شتاب متحرک A برابر $۱/۵\frac{m}{s^۲}$ باشد، نسبت سرعت متحرک B به سرعت متحرک A در لحظه‌ای که از A سبقت می‌گیرد، کدام است؟

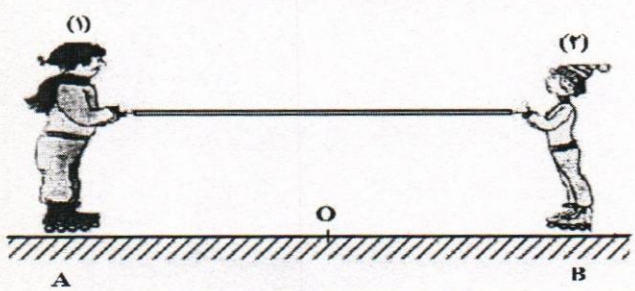


۱) $\frac{۱}{۲}$
۲) ۲
۳) ۳
۴) $\frac{۱۰}{۳}$

۲۰۹- صندوقی به جرم ۵۰kg روی سطح افقی قرار دارد. ابتدا صندوق را با نیروی ۲۵۰ نیوتون در راستای افقی هُل می‌دهیم و صندوق ساکن می‌ماند. در ادامه، نیروی افقی را به ۳۵۰ نیوتون می‌رسانیم، صندوق در آستانهٔ حرکت قرار می‌گیرد. ضریب اصطکاک ایستایی چقدر است و نیروی اصطکاک در حالت اول چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$

۱) ۰/۷ و ۲۵۰
۲) ۰/۵ و ۲۵۰
۳) ۰/۷ و ۳۵۰
۴) ۰/۵ و ۳۵۰

۲۱۰- مطابق شکل زیر، دو نفر به جرم‌های $m_۱$ و $m_۲ = \frac{۱}{۲}m_۱$ روی یک سطح افقی با اصطکاک ناچیز قرار دارند. اگر در ابتدا به فاصله‌های مساوی از نقطهٔ O قرار داشته باشند و توسط طنابی هر یک دیگری را به سمت خود بکشد، کدام‌یک از موارد زیر درست است؟



۱) در نقطهٔ O به یکدیگر می‌رسند.
۲) بین O و B به یکدیگر می‌رسند.
۳) بین O و A به یکدیگر می‌رسند.
۴) $m_۱$ ساکن می‌ماند و $m_۲$ به او می‌رسد.

محل انجام محاسبات

۲۱۱- نقطه‌ای را بین کرهٔ ماه و کرهٔ زمین تصور کنید که اگر جسمی در آنجا قرار گیرد، نیروی خالصی که از طرف ماه و زمین بر آن جسم وارد می‌شود، برابر صفر باشد. فاصلهٔ آن نقطه تا مرکز زمین چند برابر فاصلهٔ نقطه تا مرکز کرهٔ ماه است؟ (جرم کرهٔ زمین را ۸۱ برابر جرم کرهٔ ماه فرض کنید.)

۱) ۹ ۲) ۱۰ ۳) ۸۰ ۴) ۸۱

۲۱۲- برای اینکه سرعت وزنه‌ای با جرم معین از صفر به V برسد، باید کار W_1 روی آن انجام شود و برای اینکه سرعت این وزنه از V به $3V$ برسد، باید کار W_2 روی آن انجام شود. نسبت $\frac{W_2}{W_1}$ چقدر است؟

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۸ ۴) ۹

۲۱۳- دو جسم A و B با سرعت‌های ثابت در حرکت‌اند و تکانهٔ آن‌ها با یکدیگر برابر است. اگر انرژی جنبشی جسم B، ۵ برابر انرژی جنبشی جسم A باشد، نسبت جرم A به جرم B کدام است؟

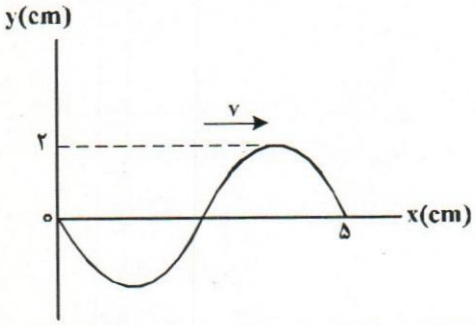
۱) $\frac{1}{5}$ ۲) ۱ ۳) $\sqrt{5}$ ۴) ۵

۲۱۴- در یک عمل جراحی چشم از پرتو لیزر که طول موج آن در هوا $0/6\mu m$ و بسامد آن f است، استفاده می‌شود. اگر طول موج این پرتو در زجاجیهٔ چشم $\lambda' = 0/45\mu m$ و سرعت انتشار نور در هوا $3\times10^8 \frac{m}{s}$ باشد، بسامد و سرعت انتشار این پرتو در زجاجیه، در SI به‌ترتیب کدام‌اند؟

۱) 5×10^{14} و 3×10^8 ۲) 5×10^{14} و $2/25\times10^8$

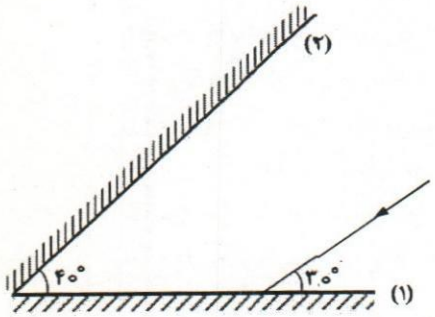
۳) $3/75\times10^{14}$ و 3×10^8 ۴) $3/75\times10^{14}$ و $2/25\times10^8$

۲۱۵- نقش یک موج عرضی که در یک طناب با سرعت $20\frac{cm}{s}$ در حال انتشار است، مطابق شکل زیر است. مسافتی که یک ذره از طناب در مدت $\frac{1}{8}s$ طی می‌کند، چند سانتی‌متر است؟



۱) ۱
۲) ۲
۳) ۴
۴) ۸

۲۱۶- مطابق شکل زیر، پرتو نوری به آینهٔ (۱) می‌تابد و پس از بازتاب به آینهٔ (۲) می‌تابد و در ادامهٔ مسیرش دوباره از آینهٔ (۲) بازتاب می‌شود. زاویهٔ بازتاب آینهٔ (۲) در دومین بازتاب چند درجه است؟



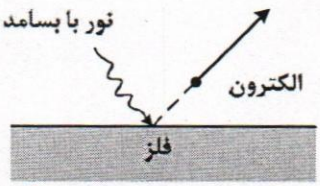
۱) ۶۰
۲) ۵۰
۳) ۴۰
۴) ۳۰

محل انجام محاسبات

۲۱۷- دامنهٔ حرکت نوسانگری $5cm$ و دورهٔ تناوب حرکتش $\frac{1}{10}s$ است. لحظه‌ای که انرژی جنبشی نوسانگر برابر انرژی پتانسیل آن است، سرعت نوسانگر چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟

۱) 100π ۲) 50π ۳) $25\pi\sqrt{3}$ ۴) $50\pi\sqrt{2}$

۲۱۸- شکل زیر، مربوط به کدام پدیدهٔ فیزیکی است؟



۱) فوتو الکتریک
۲) پرتوزایی
۳) بازتاب
۴) لیزر

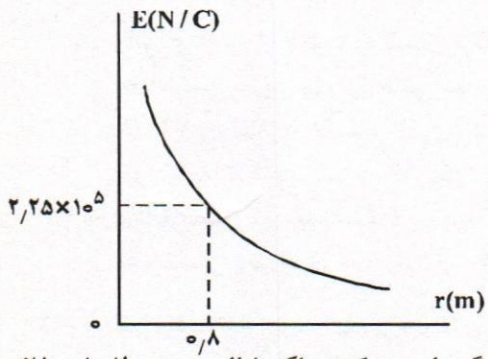
۲۱۹- در اتم هیدروژن اگر اختلاف انرژی الکترون بین ترازهای ۱ و ۳ برابر ΔE و بین ترازهای ۴ و ۶ برابر $\Delta E'$ باشد، نسبت $\frac{\Delta E}{\Delta E'}$ کدام است؟

۱) ۳۵/۸ ۲) ۲۵/۶ ۳) ۳/۹۸ ۴) ۱

۲۲۰- در واکنش هسته‌ای $\cdots + \cdots + {}^{A}_{Z}X \Rightarrow {}^{A-8}_{Z}Y$ به جای نقطه چین‌ها چند آلفا و چند بتای منفی باید قرار داد؟

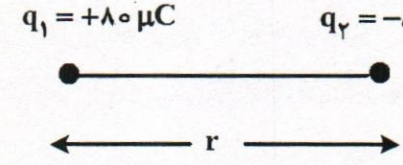
۱) یک آلفا و ۳ بتا ۲) ۲ آلفا و ۴ بتا ۳) ۲ آلفا و ۲ بتا ۴) ۲ آلفا و ۳ بتا

۲۲۱- نمودار تغییرات میدان الکتریکی حاصل از بار الکتریکی q برحسب فاصله از آن به‌صورت شکل زیر است. اگر بار الکتریکی $q' = 9\mu C$ را در فاصلهٔ ۹۰ سانتی‌متری بار q قرار دهیم، نیرویی که دو ذرهٔ باردار بر یکدیگر وارد می‌کنند، چند نیوتون است؟



۱) ۰/۱۶
۲) ۰/۳۲
۳) ۱/۶
۴) ۳/۲

۲۲۲- مطابق شکل زیر، دو بار الکتریکی در فاصلهٔ r، نیروی جاذبهٔ F بر یکدیگر وارد می‌کنند. اگر با ثابت بودن فاصله، ۲۵ درصد از بار q_1 را به q_2 انتقال دهیم، نیروی جاذبه بین دو بار چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟



۱) ۲۵ ، کاهش
۲) ۲۵ ، افزایش
۳) ۵۵ ، کاهش
۴) ۵۵ ، افزایش

۲۲۳- خازنی به ظرفیت $5\mu F$ به یک باتری ۱۰ ولتی متصل است. انرژی ذخیره شده در این خازن چند میکروژول است؟

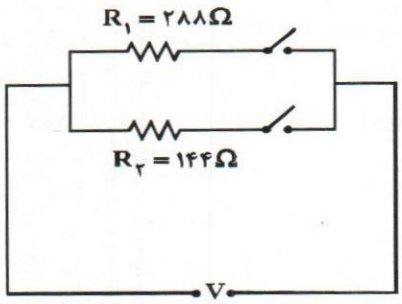
۱) ۵۰۰ ۲) ۲۵۰ ۳) ۵۰ ۴) ۲۵

۲۲۴- ولت‌سنجی آرمانی، اختلاف پتانسیل دو سر یک باتری را که به مداری وصل نیست، ۱۲ ولت نشان می‌دهد. حال اگر یک مقاومت ۸ اهمی را به دو سر آن ببندیم، ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر باتری را ۹/۶ ولت نشان می‌دهد. مقاومت درونی باتری چند اهم است؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

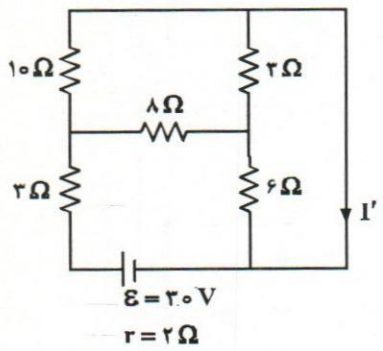
محل انجام محاسبات

۲۲۵- در مدار زیر، با بستن هر دو کلید یا یکی از آن‌ها می‌توان سه توان مصرفی در مدار ایجاد کرد. نسبت بیشترین توان مصرفی مدار به کمترین توان مصرفی کدام است؟



۱) ۱/۵
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

۲۲۶- در مدار روبه‌رو، جریان I' چند آمپر است؟

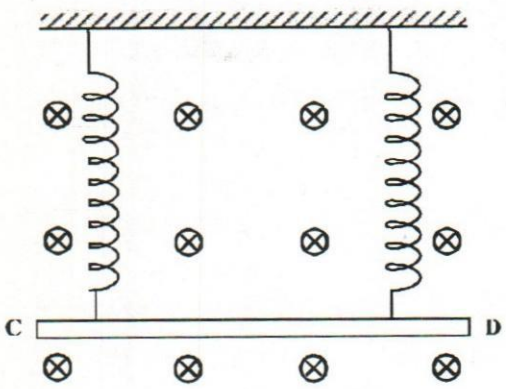


۱) ۱
۲) ۱/۵
۳) ۲/۵
۴) ۳

۲۲۷- ذره‌ای به جرم ۵ گرم که دارای بار $-۵۰\mu C$ است، در یک میدان مغناطیسی یکنواخت، با سرعت $۲/۵\times۱۰^{۳}\ \frac{m}{s}$ در راستای افقی از جنوب به شمال پرتاب می‌شود. جهت و اندازهٔ میدان، کدام‌یک از موارد زیر می‌تواند باشد تا نیروی مغناطیسی نیروی وزن را خنثی کند و ذره در مسیر مستقیم به حرکت خود ادامه دهد؟

۱) ۰/۰۴ تسلا در راستای افقی از شرق به غرب
۲) ۰/۰۴ تسلا در راستای افقی از غرب به شرق
۳) ۰/۴۰ تسلا در راستای افقی از شرق به غرب
۴) ۰/۴۰ تسلا در راستای افقی از غرب به شرق

۲۲۸- مطابق شکل زیر، میلهٔ CD به جرم ۱۶۰ گرم و طول ۸۰ سانتی‌متر به دو فنر مشابه آویخته شده و در یک میدان مغناطیسی یکنواخت که اندازهٔ آن ۰/۴ تسلا است، به‌صورت افقی قرار دارد. از میله جریان چند آمپر و در چه جهتی عبور کند تا از طرف میله بر فنرها نیرویی وارد نشود؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^2})$



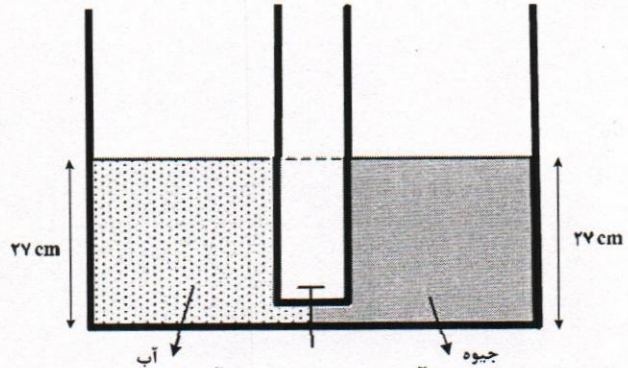
۱) ۵ و از C به طرف D
۲) ۵ و از D به طرف C
۳) ۲ و از C به طرف D
۴) ۲ و از D به طرف C

۲۲۹- وبر بر ثانیه معادل کدام یکا است؟

۱) ولت ۲) تسلا ۳) اهم ۴) کولن

محل انجام محاسبات

۲۳۰- دو ظرف استوانه‌ای مشابه به‌وسیلهٔ لولهٔ بسیار باریک با حجم ناچیز به یکدیگر مربوط‌اند و مطابق شکل زیر در یک استوانه آب و در دیگری جیوه قرار دارد. اگر شیر ارتباطی بین دو ظرف را باز کنیم، سطح جیوه در لوله چند سانتی‌متر پایین می‌آید؟ ($\rho_{\text{جیوه}} = ۱۳/۵ \frac{g}{cm^۳}$ و $\rho_{\text{آب}} = ۱ \frac{g}{cm^۳}$)

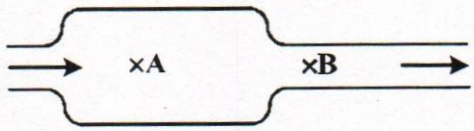


۱) ۲
۲) ۵
۳) ۱۲/۵
۴) ۲۵

۲۳۱- گرمای ویژهٔ آب $۴۲۰۰ \frac{J}{kg.K}$ است. چند کیلوژول گرما به یک کیلوگرم آب بدهیم تا دمای آن ۹ درجهٔ فارنهایت افزایش یابد؟

۱) ۱۸/۹ ۲) ۲۱ ۳) ۳۷/۸ ۴) ۴۲

۲۳۲- در شکل زیر، آب حجم لوله‌ها را پُر کرده و به‌صورت پیوسته و پایدار در لوله‌هایی افقی با سطح مقطع‌های متفاوت جاری است. اگر تندی آب را با V و فشار آن را با P نشان دهیم، کدام رابطه درست است؟

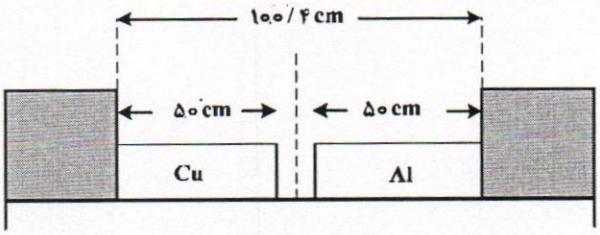


۱) $P_A > P_B$ و $V_A < V_B$
۲) $P_A > P_B$ و $V_A > V_B$
۳) $P_A < P_B$ و $V_A < V_B$
۴) $P_A < P_B$ و $V_A > V_B$

۲۳۳- کدام کمیت‌ها، همگی از کمیت‌های اصلی هستند؟

۱) دما، نیرو، فشار
۲) فشار، زمان، سرعت
۳) جریان الکتریکی، جرم، نیرو
۴) دما، جریان الکتریکی، جرم

۲۳۴- دو میلهٔ مسی و آلومینیمی بین دو دیوارهٔ ثابت قرار دارند. دمای دو میله را چند کلوین بالا ببریم تا دو میله به یکدیگر برسند؟ ($\alpha_{Al} = ۲/۳ \times ۱۰^{-۵} \frac{۱}{K}$ و $\alpha_{\text{مس}} = ۱/۷ \times ۱۰^{-۵} \frac{۱}{K}$)



۱) ۴۷۰
۲) ۳۴۷
۳) ۲۵۰
۴) ۲۰۰

۲۳۵- اگر ۹۰ درصد گرمایی را که ۸۰۰ گرم آب ۵۰ درجهٔ سلسیوس از دست می‌دهد تا به آب صفر درجه سلسیوس تبدیل شود، به یک قطعه یخ صفر درجهٔ سلسیوس بدهیم، چند گرم از یخ ذوب می‌شود؟

($C_{\text{آب}} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg.K}$ و $L_f = ۳۳۶۰۰۰ \frac{J}{kg}$)

۱) ۵۰۰ ۲) ۴۵۰ ۳) ۵۰ ۴) ۴۵

محل انجام محاسبات