دبیرستان امام علی (ع)

فیزیک

سال دوازدهم

رشته ریاضی

سال تحصیلی : ۹۹ - ۹۸

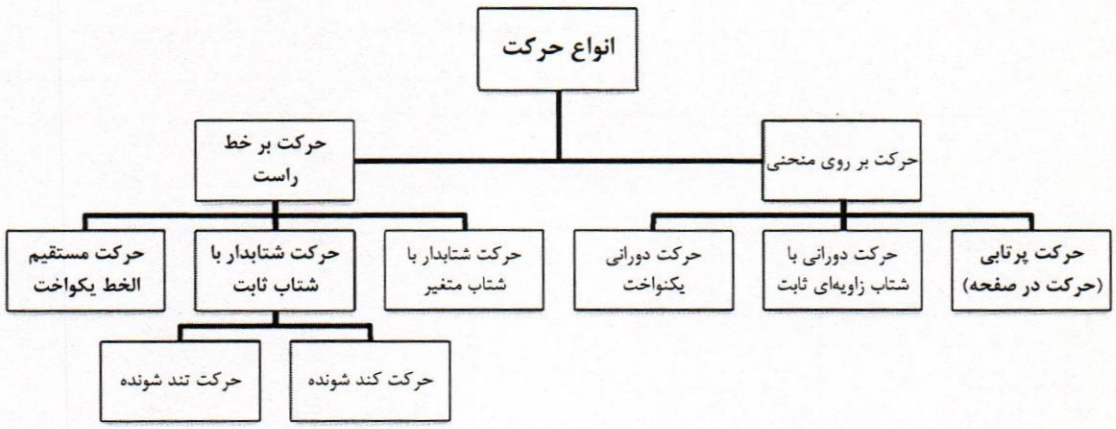
فصل اول: حرکت بر خط راست

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.

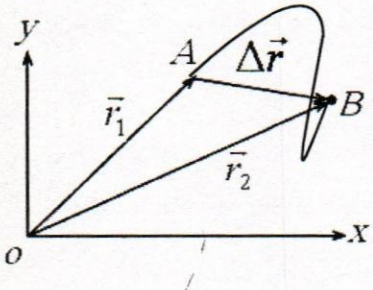
دینامیک(قوانین نیوتن و ...): درباره علم حرکت اجسام با در نظر گرفتن علت حرکت که نیرو است، بحث می‌کند.

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.

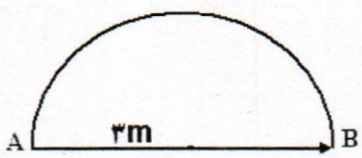
بردار مکان و جابجایی



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

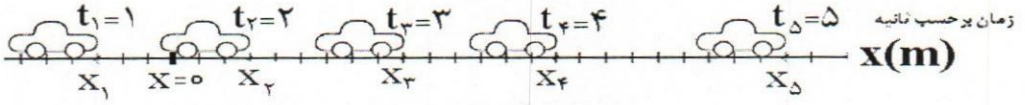
تمرین۳. ۹۰ Km/h چند متر بر ثانیه است؟ و ۱۰ m/s چند کیلومتر بر ساعت است؟

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

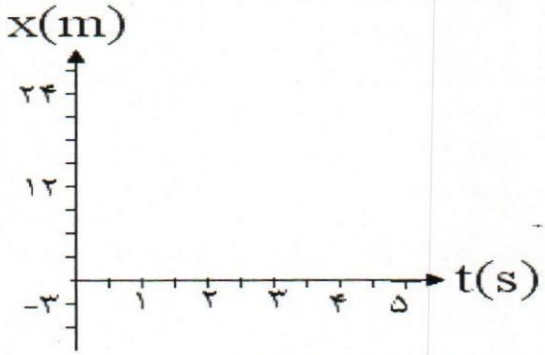
$$\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t}$$ سرعت متوسط $$s_{av} = \frac{l}{\Delta t}$$ تندی متوسط

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	.....

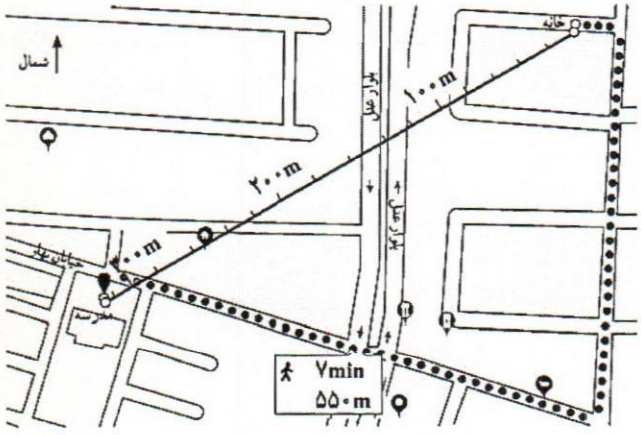


تمرین۵. در چه صورت اندازهٔ سرعت متوسط یک متحرک با تندی متوسط آن برابر است؟

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.

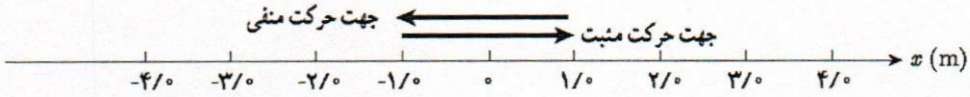
ب) سرعت متوسط کفش دوزک را در این بازهٔ زمانی پیدا کنید.

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	$(-۱/۴\,m)\vec{i}$			$(۲/۴\,m/s)\vec{i}$	

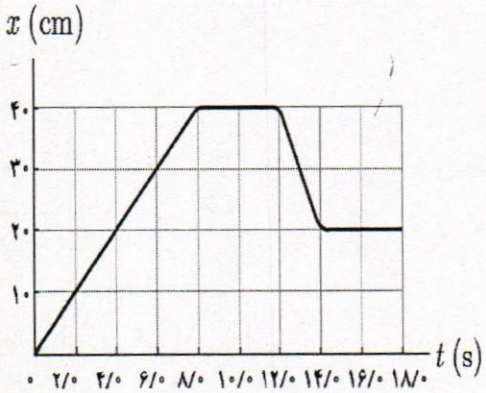
علامت جبری Δx و v_{av} جهت جابه جایی را نشان می دهند. اگر متحرک در جهت محور x حرکت کند جابه جایی و سرعت متوسط آن مثبت و اگر متحرک در خلاف جهت محورx حرکت کند، جابه جایی و سرعت متوسط آن منفی خواهد بود.

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$ 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.

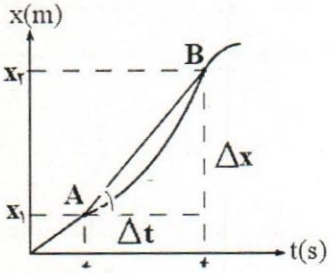
$$\bar{V}=\frac{x_1+x_2+\ldots+x_n}{t_1+t_2+\ldots+t_n} \quad \text{یا} \rightarrow \quad \bar{V}=\frac{V_1t_1+V_2t_2+\ldots+V_nt_n}{t_1+t_2+\ldots+t_n} \quad \text{یا} \rightarrow \bar{V}=\frac{x_1+x_2+\ldots+x_n}{\frac{x_1}{V_1}+\frac{x_2}{V_2}+\ldots+\frac{x_n}{V_n}}$$

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؟



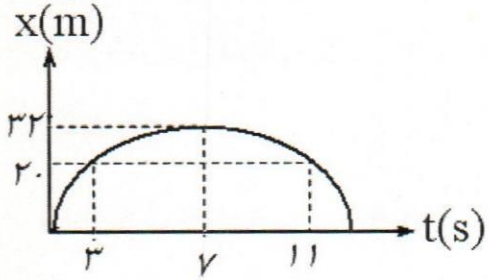
تمرین۱۲. اتومبیلی نصف مسیرش را با سرعت ۶۰ km/h و نصف دیگر مسیرش را با سرعت ۴۰km/h در مسیر مستقیم در همان جهت طی می‌کند، سرعت متوسط در کل مسیرش چقدر است؟

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.

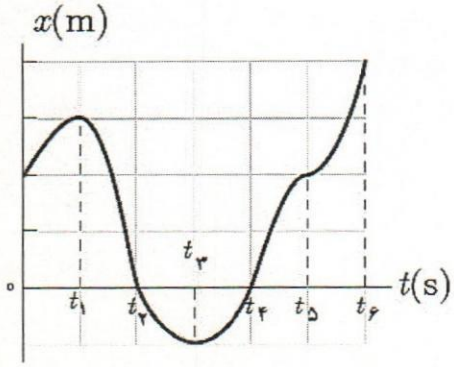


الف) در بازه‌ی زمانی [۳،۷]

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؟

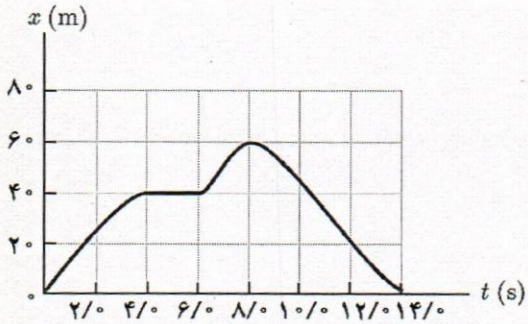
ب) در کدام بازه های زمانی متحرک در حال دور شدن از مبدأ است؟

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.

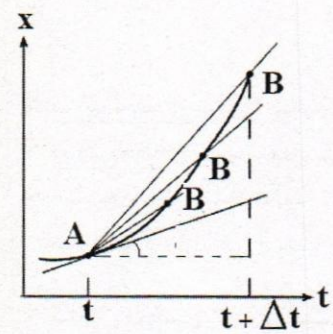
سرعت لحظه ای به کمک نمودار مکان زمان: سرعت در هر لحظهٔ دلخواه t ، برابر شیب خط مماس بر نمودار مکان زمان در آن لحظه است.

کیلومتر شمار ماشین سرعت لحظه‌ای را نمایش می‌دهد

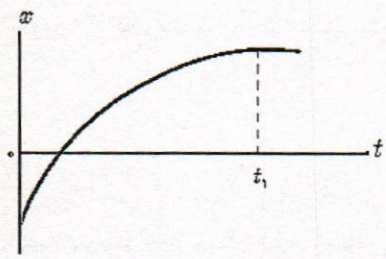
وقتی که Δt به تدریج کوچک شود نقطه‌های A و B به هم نزدیک می‌شوند و سرانجام خط AB بر نمودار مماس می‌شود.

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

$V =$



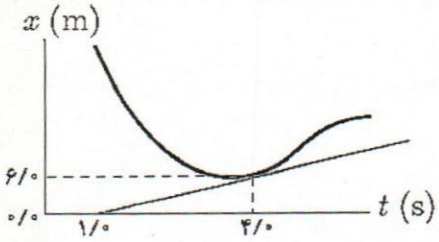
تمرین۱۷. شکل روبه رو نمودار مکان زمان متحرکی را نشان می دهد که در امتداد محورx درحرکت است.



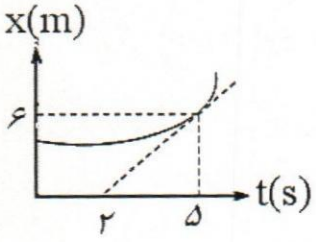
الف) از لحظهٔ صفر تا لحظهٔ t_1 سرعت متحرک رو به افزایش است یا کاهش؟

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؟

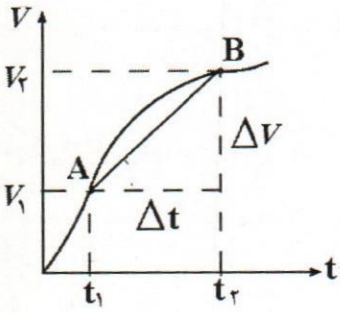


شتاب متوسط و شتاب لحظه‌ای

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.

❖ $a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a_{av} =$

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

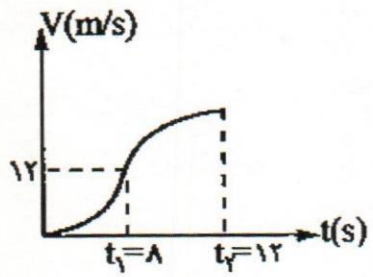
❖ شتاب لحظه‌ای شیب نمودار سرعت زمان در هر لحظه است.

❖ همیشه بخاطر داشته باشید که سرعت نهایی از سرعت اولیه کم می شود. پس اگر V_2-V_1 مثبت بود، شتاب مثبت دارید و اگرمنفی بود، شتاب مورد نظر منفی است.

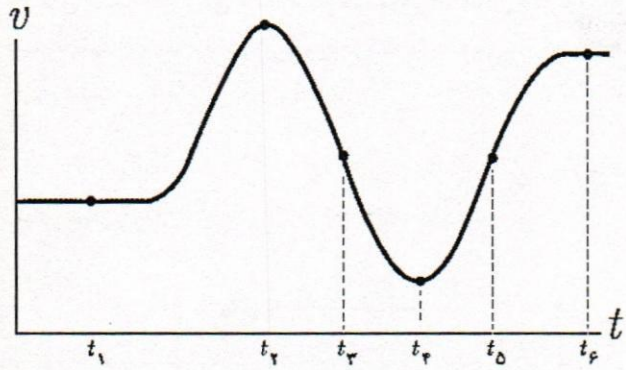
❖ شتاب یک کمیت برداری است. یعنی هم مقدار $\bar{a} = \left|\frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}\right|$ و هم جهت دارد. جهت شتاب هموار در جهت تغییر سرعت ذره است.

تمرین۲۰. الف) منظور از اینکه شتاب متحرکی برابر $۴m/s^2$ است چیست؟ ب) منظور از اینکه شتاب متحرکی برابر $-۴m/s^2$ است چیست؟

تمرین۲۱. نمودار سرعت- زمان متحرکی مطابق شکل روبرو است. الف) بین دو لحظه‌ی صفر و $t_۱$ شتاب متوسط چقدر است؟ ب) از لحظه‌ی $t_۱$ تا لحظه‌ی $t_۲$ شتاب چگونه تغییر کرده‌است؟

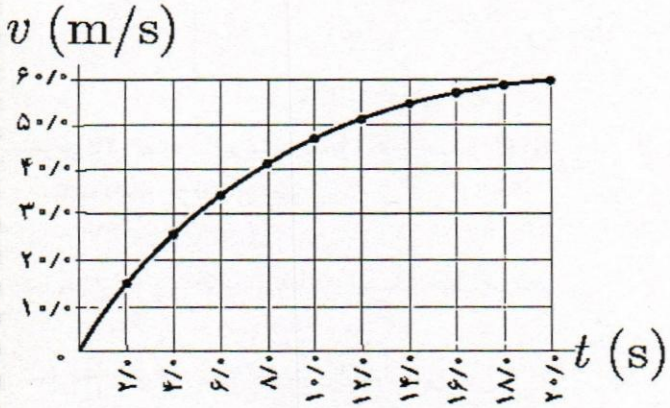


تمرین۲۲. شکل روبه رو نمودار سرعت زمان دوچرخه سواری را نشان می دهد که در امتداد محور x در حرکت است. جهت شتاب دوچرخه سوار را در هر یک از لحظه های t_1، t_2، t_3، .... و t_6 تعیین کنید.



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

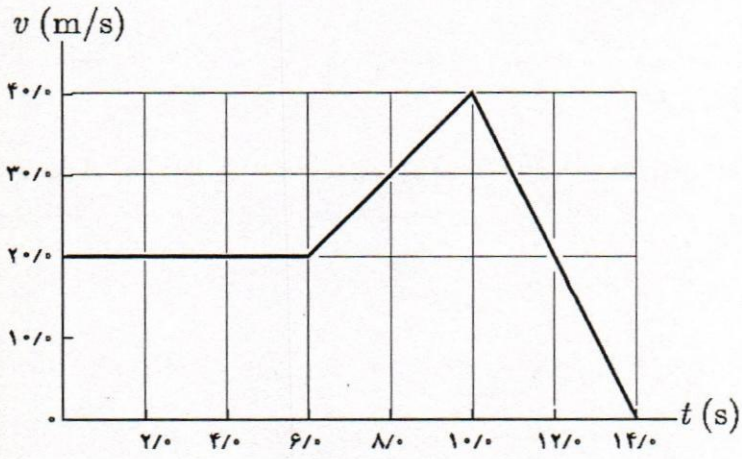
الف) شتاب متوسط خودرو در این بازهٔ زمانی چقدر است؟



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؟



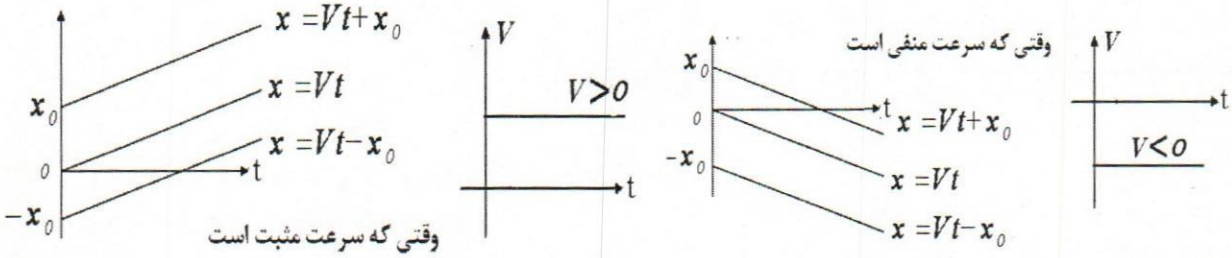
ب) شتاب خودرو را در هر یک از لحظه های t=۲s ، t=۸s و t=۱۱s به دست آورید.

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.

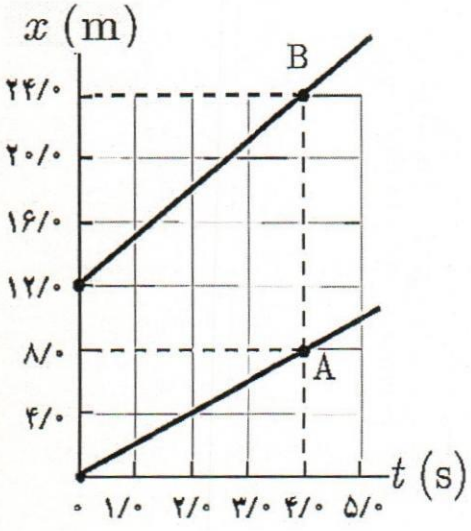
الف) معادله‌ی حرکت آن رابنویسید.

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

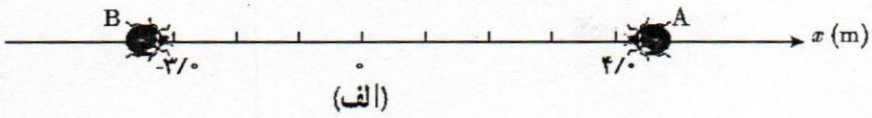
پ) چه موقع قطار به ۳کیلومتری ایستگاه می‌رسد.

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.

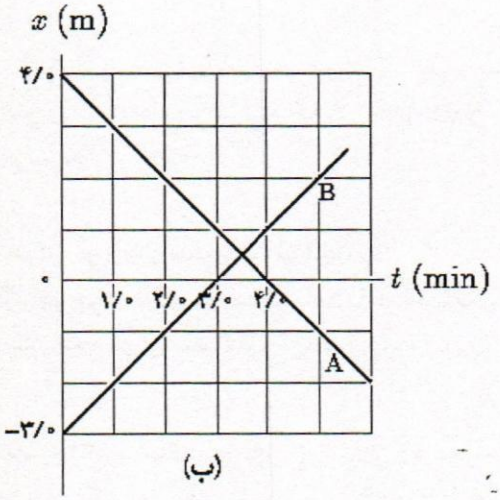


تمرین۲۷. شکل الف، مکان دو کفش دوزک A و B را که در راستای محور x حرکت می کنند در لحظهٔ t=۰s نشان می دهد. نمودارمکان زمان این کفش دوزک ها در شکل ب رسم شده است.



(الف)

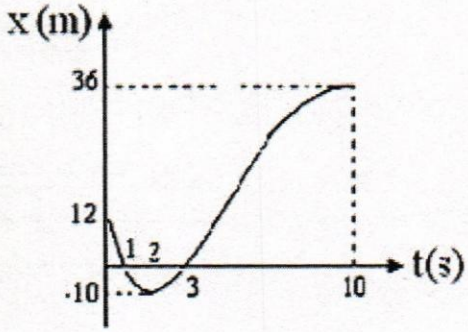
الف) از روی نمودار به طور تقریبی تعیین کنید کفش دوزک ها در چه لحظه و در چه مکانی به یکدیگر می‌رسند.



(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؟

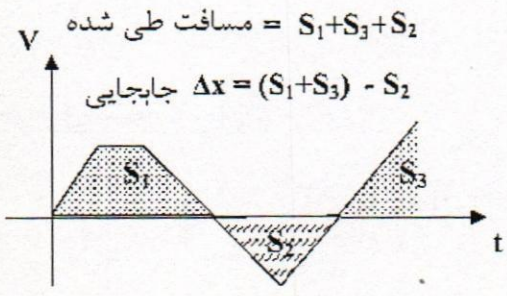
ج) جابجایی متحرک در بازه زمانی [2,10] ثانیه چقدر است؟

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.

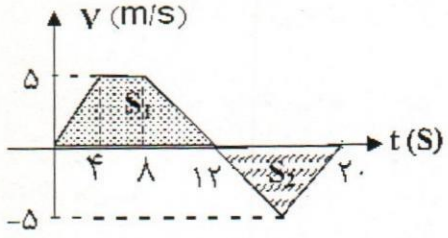
نمودار سرعت - زمان

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؟



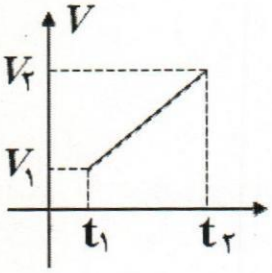
❖ شرط رسیدن دو متحرک به هم، در یک مسیر مستقیم الخط با یک اختلاف زمانی، این است که $X_A=X_B$ باشد.

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	$V^2 - V_o^2 = 2a(x - x_o)$

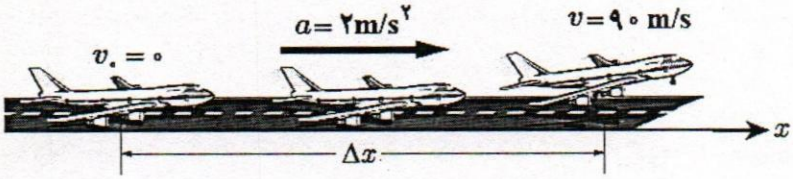
❖ معادله‌ی مکان- زمان در حرکت شتابدار با شتاب ثابت از درجه ۲ است، لذا نمودار آن یک سهمی است. اگر انحناء (تقعر) این سهمی روبه بالا باشد، شتاب مثبت و اگر انحناء (تقعر) این سهمی روبه پایین باشد، شتاب منفی است.

❖ **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:

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

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 x .و در امتداد محور 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؟

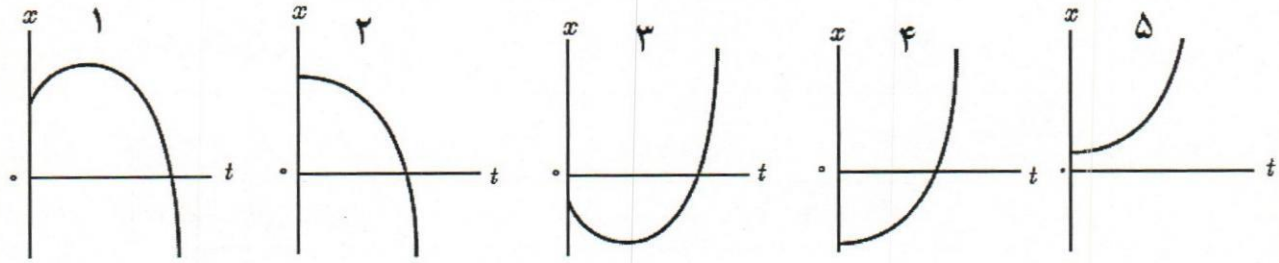
تمرین۳۳. معادلهٔ سرعت زمان متحرکی که در امتداد محور x حرکت می کند درSI به صورت $v = -2t + 5$ است.

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.

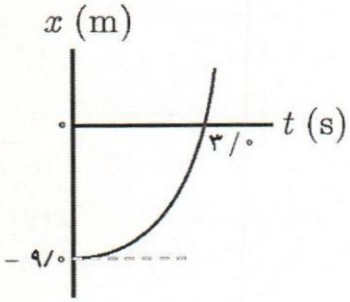
تمرین۳۴. در پنج نمودار مکان زمان شکل‌های زیر علامت مکان اولیه (x_0) ، سرعت اولیه (v_0) و شتاب (a) را مشخص کنید.



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.



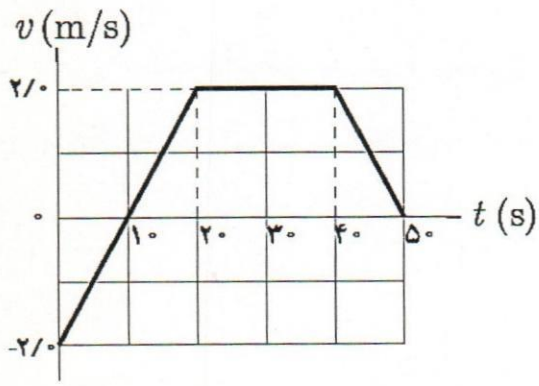
پ) جابه جایی متحرک را در بازهٔ زمانی صفر تا t=۳s پیدا کنید.

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 $1\ m/s^2$ 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؟

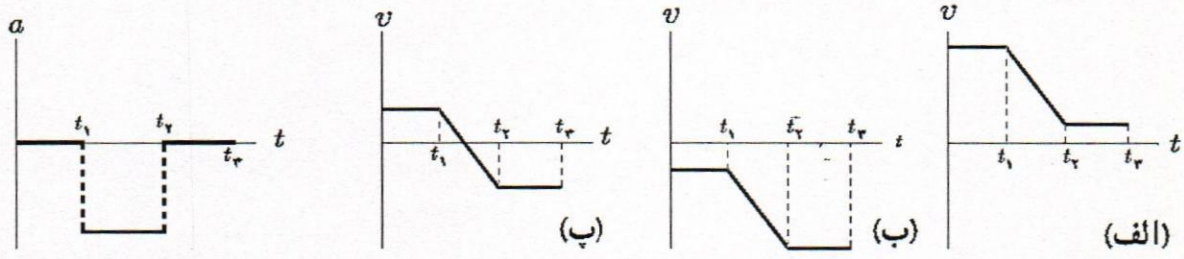
پ) با توجه به نمودار سرعت زمان توضیح دهید در کدام بازه های زمانی حرکت جسم تندشونده و یا کُندشونده است.

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 محورx نشان دهید.

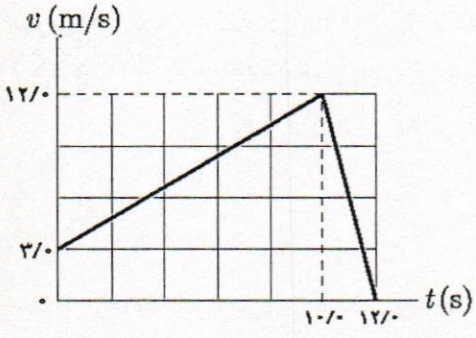
ث) مسیر حرکت متحرک را رسم کنید و با توجه به آن، جابه جایی و مسافت طی شده را در کل زمان حرکت پیدا کنید.

ج) مساحت سطح زیر نمودارv-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 محورx 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

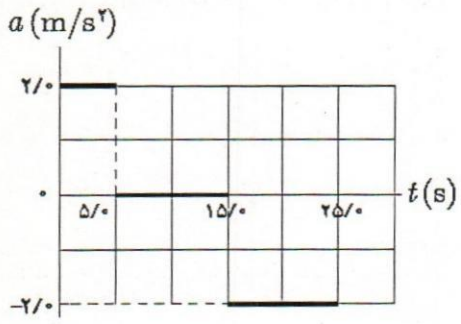


الف) مسافت کل پیموده شده توسط آهو را به دست آورید.

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 محورx 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.

سقوط آزاد: (فقط ریاضی) هر گاه جسمی از یک ارتفاعی نسبت به سطح زمین سقوط کند اگر از مقاومت هوا صرفنظر شود، با شتاب ثابت ۹/۸متر بر مجذور ثانیه به سمت زمین سقوط می‌کند یعنی در هر یک ثانیه تقریبا ۱۰ متر بر ثانیه به سرعت حرکت جسم افزوده می‌شود، حرکت جسم در سقوط آزاد به سمت زمین شتابدار ثابت تند شونده است و تنها نیروی وارد بر جسم همان نیروی وزن جسم است.

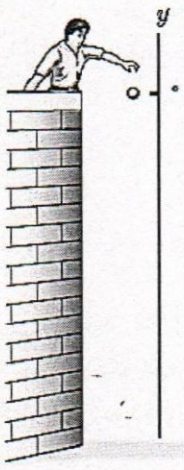
سقوط آزاد یک حرکت شتابدار در امتداد محور قائم است. بنابراین معادله‌های حرکت سقوط آزاد به صورت زیر در می‌آیند. (با فرض جهت مثبت رو به بالا) اگر جسم رها شود $V_0 = 0$ است ولی اگر پرتاب شود $V_0 \neq 0$ خواهدبود.

معادله سرعت- زمان	$V = -gt + V_o$
معادله مکان- زمان	$y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_o t + y_o$
معادله مستقل از شتاب	$y = \left(\frac{V + V_o}{2}\right)t + y_o$
معادله مستقل از زمان	$V^2 - V_o^2 = -2g(y - y_o)$

در حرکت سقوط آزاد برای سادگی در حل مسائل بهتر است نقطه پرتاب را، مبدا سنجش فرض کنیم.($y_{o=0}$) و جهت مثبت را رو به بالا در نظر بگیریم. اگر جسم رها شود یا سرعت اولیه صفر باشد ($V_o = ۰$) ، معادله‌های بالا به شکل ساده‌تر زیر در می‌آیند:

$$V = -gt \qquad y = -\frac{1}{2}gt^2 \qquad V^2 = -2gy \qquad y = \frac{V}{2}t$$

اگر جسم رها شود $V_0 = 0$ است ولی اگر پرتاب شود $V_0 \neq 0$ خواهدبود.



تمرین۴۲. شکل مقابل شخصی را نشان می دهد که از بالای دیواری بلند، گلوله ای را رها می کند.

الف) پس از۱s گلوله چه مسافتی را طی می کند و سرعت آن به چقدر می رسد؟

ب) اگر ارتفاع دیوار ۱۰m اشد سرعت برخورد گلوله به سطح زمین و مدت زمان کل حرکت آن را پیدا کنید.

تمرین۴۳. سنگی از صخره ای به ارتفاع ۱۲۵m نسبت به سطح زمین آزادانه سقوط می کند.

الف) زمان سقوط آزاد سنگ را به دست آورید.

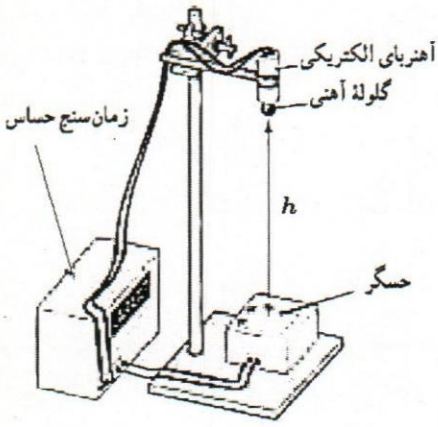
ب) سرعت متوسط سنگ را در حین سقوط آزاد پیدا کنید.

پ) جابه جایی سنگ را بین دو لحظه‌ی ۳s و ۴s به دست آورید.

ت) نمودارهای مکان زمان، سرعت زمان و شتاب زمان سنگ را رسم کنید.

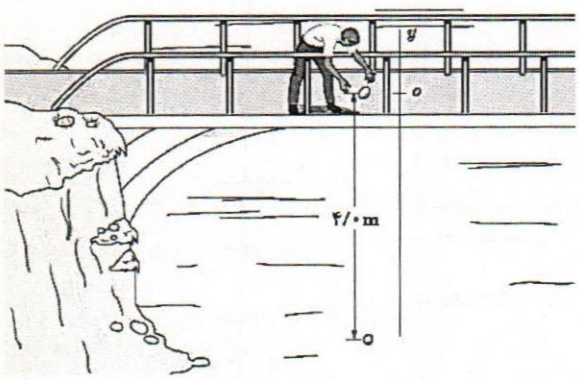
تمرین۴۴. شکل مقابل اسباب انجام آزمایش ساده ای را نشان می دهد که به کمک آن می توان شتاب گرانش را در محل آزمایش اندازه گرفت.

الف) به نظر شما این وسیلهٔ آزمایش چگونه کار می کند؟



ب) در یک آزمایش نوعی، داده های $h=۰/۲۳۰S$ و $h=۰/۲۷m$ به دست آمده است. با توجه به این داده‌ها، اندازهٔ شتاب گرانش در محل آزمایش چقدربه دست می‌آید؟

تمرین۴۵. شکل مقابل شخصی را نشان می دهد که ابتدا سنگی را از بالای پلی به داخل رودخانه ای رها کرده است. وقتی سنگ مسافت ۴m را طی می کند سنگ دیگری دوباره از همان ارتفاع توسط شخص رها می شود. توضیح دهید آیا با گذشت زمان و تا قبل از برخورد سنگ اول به سطح آب رودخانه، فاصلهٔ بین دو سنگ کاهش یا افزایش می یابد یا تغییری نمی کند.



تمرین۴۶. گلوله‌ای را از ارتفاع h بالای سطح زمین رها می‌کنیم. گلوله با سرعت ۴۰m/s به سطح زمین می‌رسد. زمان رسیدن گلوله به سطح زمین و ارتفاع آن را به دست آورید.

تمرین۴۷. گلوله‌ای از ارتفاع ۹۰ متری سطح زمین رها می‌شود. اگر سرعت آن در نقطه‌ی A از سطح زمین ۲۰m/s و در نقطه‌ی B از سطح زمین ۳۰m/s باشد، الف) فاصله‌ی دو نقطه‌ی A و B چقدر است. ب) چه مدت طول می‌کشد تا جسم از A به B برسد؟ ($g=۱۰m/s^2$)

پرسش ها و مسئله های فصل ۱

۱-۱شناخت حرکت

۱. با توجه به داده های نقشهٔ شکل زیر،

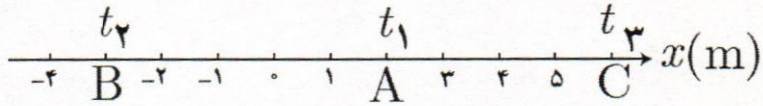


الف) تندی متوسط و اندازهٔ سرعت متوسط خودرو را پیدا کنید.

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؟

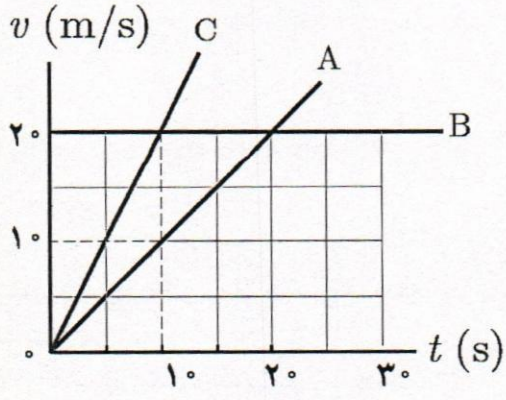
۲. متحرکی مطابق شکل در لحظهٔ t_1 در نقطهٔ A ، در لحظهٔ t_2 در نقطهٔ B و در لحظهٔ t_3 در نقطهٔ C قرار دارد.



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.

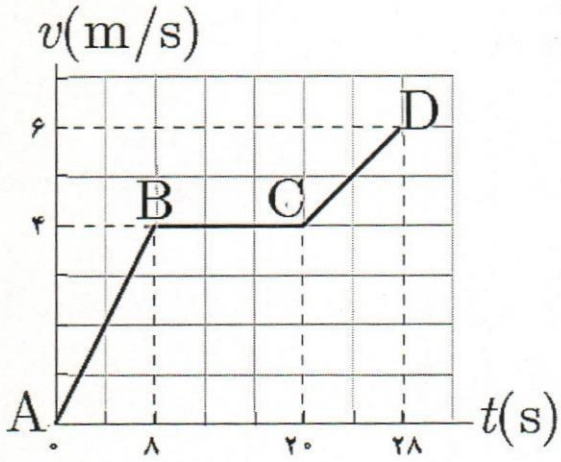


الف) شتاب سه متحرک را به طور کیفی با یکدیگر مقایسه کنید.

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.

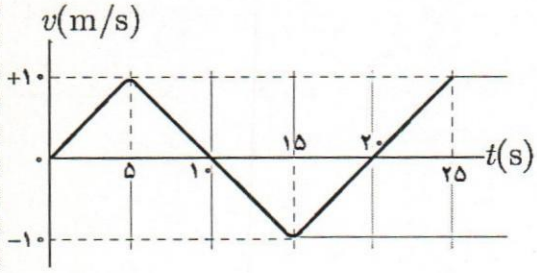


الف) شتاب در هر یک از مرحله های AB، BC و CD چقدر است؟

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

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

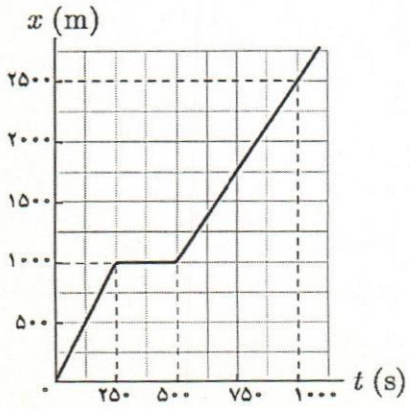
۵. نمودار سرعت زمان متحرکی مطابق شکل زیر است.



الف) نمودار شتاب زمان این متحرک را رسم کنید.

ب) اگر $x_0 = -۱۰m$ 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؟

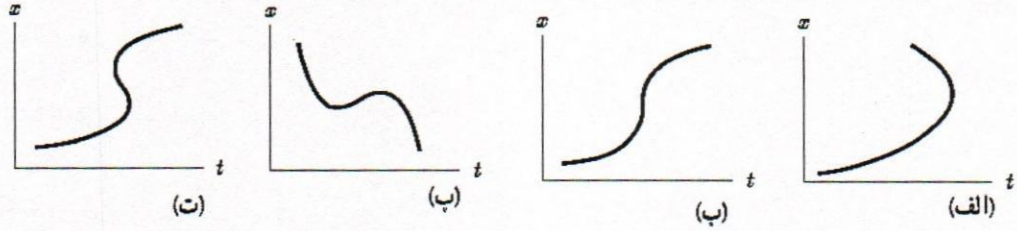
ب) در کدام بازهٔ زمانی، دونده ایستاده است؟

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

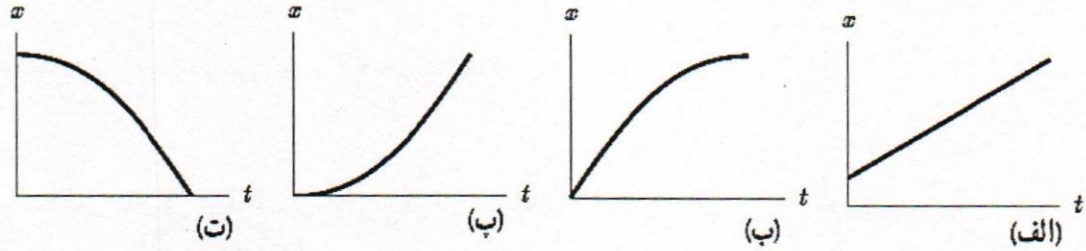
ت) سرعت دونده را در بازهٔ زمانی ۵۰۰s تا ۱۰۰۰s حساب کنید.

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

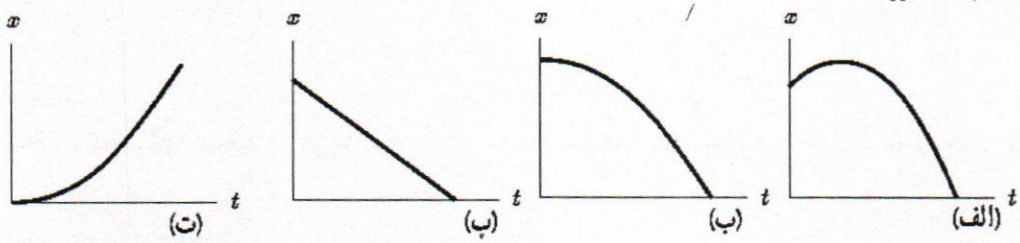
۷. توضیح دهید کدام یک از نمودارهای مکان زمان شکل زیر می تواند نشان دهندهٔ نمودار x-t یک متحرک باشد.



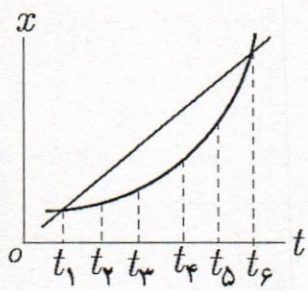
۸. توضیح دهید از نمودارهای مکان زمان شکل زیر کدام موارد حرکت متحرکی را توصیف می کند که از حال سکون شروع به حرکت کرده و به تدریج بر تندی آن افزوده شده است.



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.

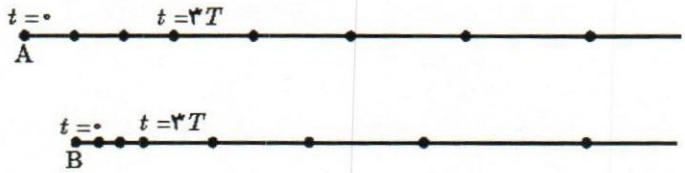


الف) در چه لحظه هایی دو خودرو از کنار یکدیگر می گذرند؟

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.

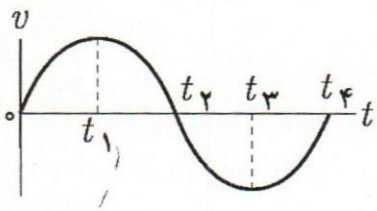
پ) کدام خودرو شتاب بیشتری دارد.

۱۲. معادلهٔ حرکت جسمی در SI به صورت $x=t^3-3t^2-4$ 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

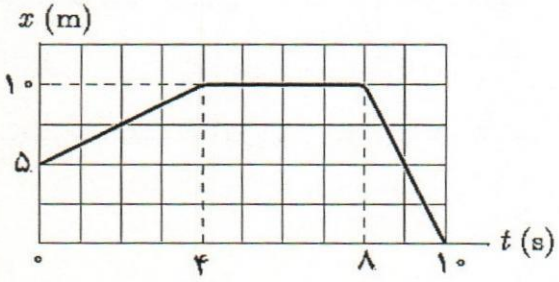
۱۴. جسمی با سرعت ثابت بر مسیری مستقیم در حرکت است. اگر جسم در لحظهٔ $t_1=5s$ در مکان $x_1=6m$ و در لحظهٔ $t_2=20s$ در مکان $x_2=36m$ باشد،

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؟

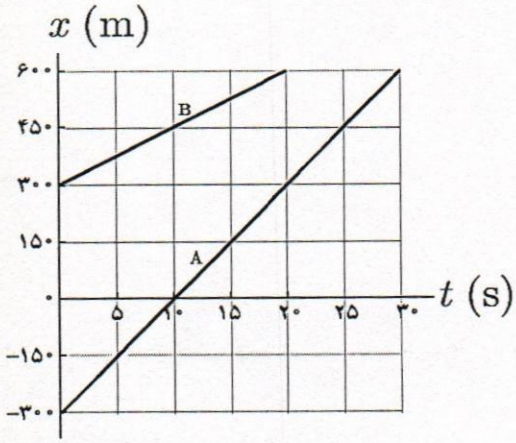


ب) سرعت متوسط متحرک را در هر یک از بازه های زمانی ۰s تا ۴s، ۴s تا ۸s و ۸s تا ۱۰s و همچنین در کل زمان حرکت به دست آورید.

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.



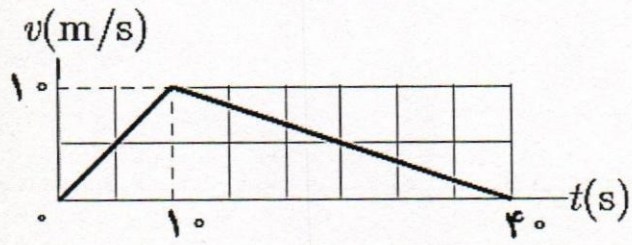
الف) معادلهٔ حرکت هر یک از آنها را بنویسید.

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؟

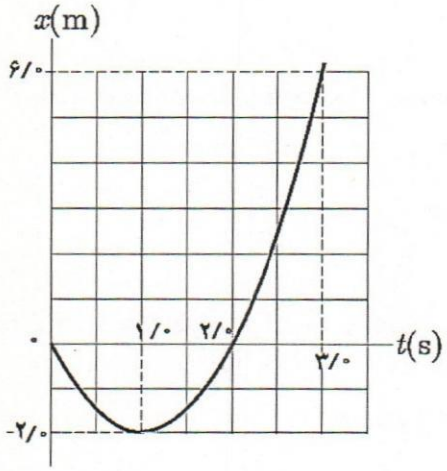
۳-۱ حرکت با شتاب ثابت

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.

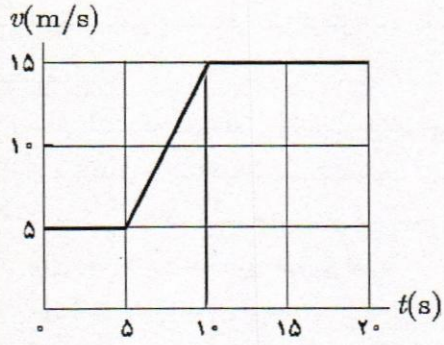
الف) در چه لحظه و در چه مکانی خودرو به کامیون می‌رسد؟

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 $t_1=0s$ تا $t_2=20s$ را به دست آورید.

پ) در هر یک از بازه های زمانی $t_1=5s$ تا $t_2=11s$ و $t_2=11s$ تا $t_3=20s$ خودرو چقدر جابه جا شده است؟

ت) سرعت متوسط خودرو در بازه های $t_1=5s$ تا $t_2=11s$ و $t_2=11s$ تا $t_3=20s$ را به دست آورید.

۴-۱ حرکت سقوط آزاد (مخصوص رشته‌ی ریاضی)

۲۳. گلوله ای را باید از چه ارتفاعی رها کنیم تا پس از ۴ ثانیه به زمین برسد؟ سرعت گلوله در نیمهٔ راه و همچنین در لحظهٔ برخورد به زمین چقدر است؟ مقاومت هوا را نادیده بگیرید.

۲۴. الف) گلولهٔ A را در شرایط خلأ از ارتفاع h و بدون سرعت اولیه رها می کنیم .سه ثانیه بعد گلولهٔ B را از ارتفاع h/۴ و بدون سرعت اولیه رها می‌کنیم. نسبت سرعت گلولهٔ A به سرعت گلولهٔ B در لحظهٔ رسیدن به زمین چقدر است؟

ب) اگر دو گلوله همزمان به زمین برسند، مدت زمان سقوط هر گلوله و ارتفاع h را پیدا کنید.

۲۵. سنگی از بام ساختمانی بدون سرعت اولیه و در شرایط خلأ به طرف زمین رها می شود.

الف) اگر سنگ در ۲ ثانیهٔ آخر حرکت خود ۶۰ متر را طی کند، ارتفاع ساختمان چند متر است؟

ب) سرعت سنگ درست پیش از برخورد به زمین چقدر است؟

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.

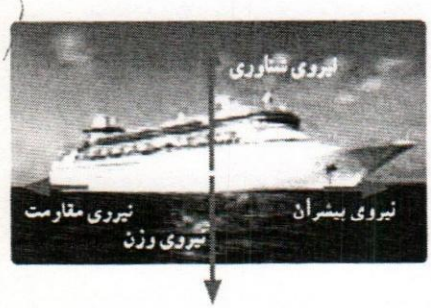
یا: هرگاه بر جسمی نیرو وارد نشود (یا برآیند نیروهای وارد بر آن صفر شود) جسم اگر ساکن باشد همچنان ساکن می‌ماند و اگر دارای حرکت باشد به حرکت خود با سرعت ثابت ادامه می‌دهد.

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.

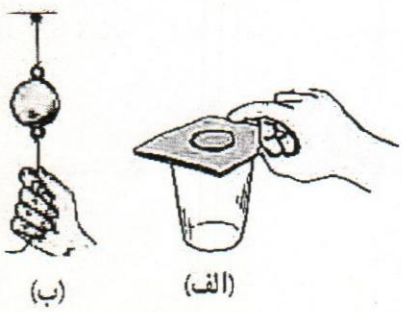
دستگاه مختصات لخت: دستگاهی است که قانون اول نیوتن نسبت به آن درست می‌باشد.

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؟



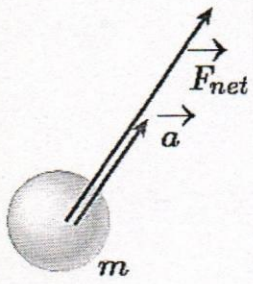
تمرین۲. در فیلمی علمی تخیلی، موتور یک کشتی فضایی که در فضای تهی خارج از جو زمین و دور از هر سیاره و خورشید در حرکت است، از کار می‌افتد. در نتیجه حرکت کشتی فضایی کُند می‌شود و می‌ایستد. آیا امکان وقوع چنین رویدادی وجود دارد؟ توضیح دهید.

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:**

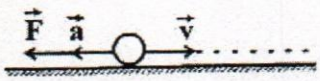
۱- بردار شتاب حرکت یک جسم همواره هم جهت با برآیند نیروهای وارد بر جسم است. ($\sum \vec{F} = m\vec{a}$) یا ($F_{net} = ma$)

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.

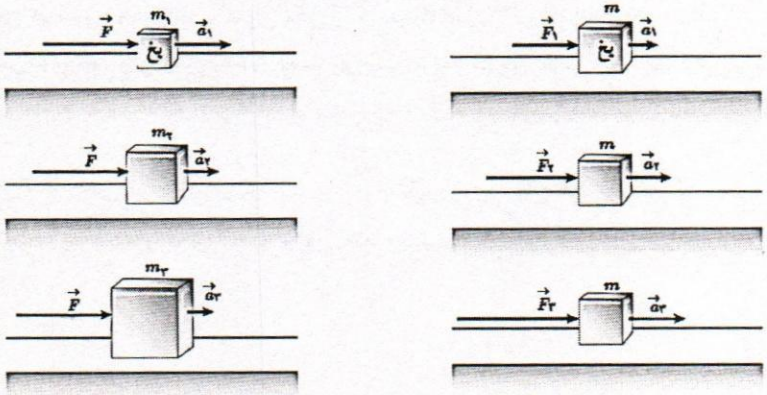


۴- در حرکت بر روی خط راست و تندشونده، برآیند نیروها، شتاب و بردار تغییر سرعت در امتداد مسیر ودر جهت حرکت حرکت هستند.



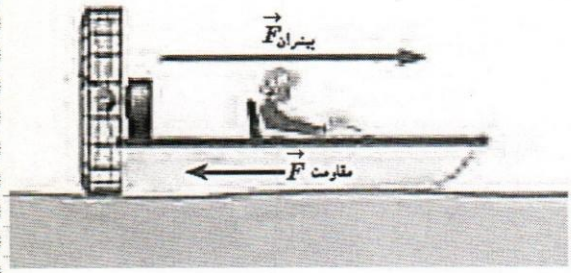
۵- در حرکت بر روی خط راست و کند شونده، برآیند نیروها، شتاب و بردار تغییر سرعت در امتداد مسیر اما در خلاف جهت حرکت هستند.

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.

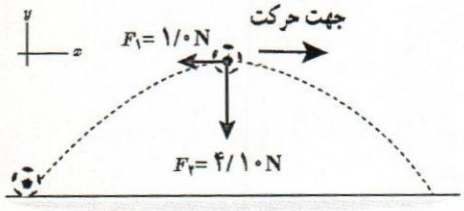
الف) شتاب این قایق چقدر و در چه جهتی است؟



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

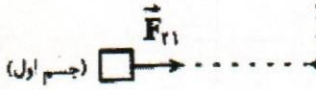
پ) چقدر طول می‌کشد تا سرعت قایق از حالت سکون به ۱۵m/s برسد؟ در این مدت قایق چقدر جابه جا می‌شود؟

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.



قانون سوم نیوتن: 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.

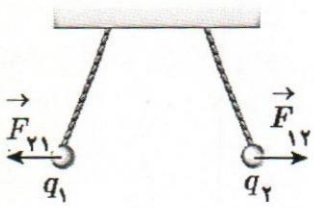
N. هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی ..... و هم راستا اما در ..... وارد می‌کند.

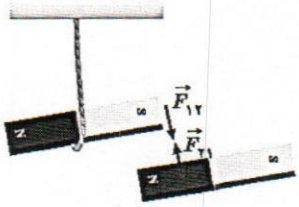
۲. وقتی در خودروی ساکنی نشسته‌اید و خودرو ناگهان شروع به حرکت می‌کند، به صندلی فشرده می‌شوید. همچنین اگر در خودروی در حال حرکتی نشسته باشید، در توقف ناگهانی به جلوپرتاب می‌شوید.

الف)علت این پدیده‌ها را توضیح دهید.

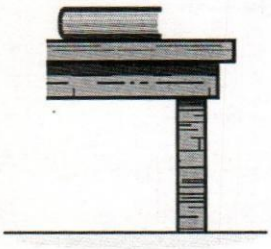
ب) نقش کمربند ایمنی وکیسهٔ هوا در کم شدن آسیب‌ها در تصادف‌ها را بیان کنید.

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.

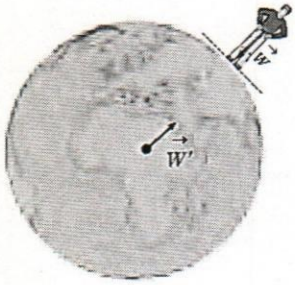
ج) توپی در راستای قائم به زمین برخورد می‌کند و بر می‌گردد.

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:

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

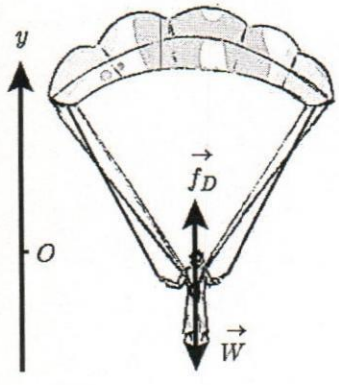
جهت وزن و در نتیجه شتاب گرانشی همواره به طرف زمین (مرکز زمین) است.
جرم یک جسم در مکان های مختلف ثابت است، اما وزن آن به مقدار g در آن مکان بستگی دارد.
شتاب جاذبه در سطح زمین تقریباً ۹/۸N/kg است.

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

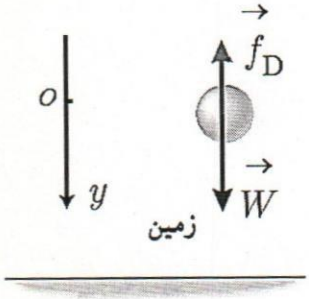
ب) وزن یک جسم در سطح یک سیاره برابر با نیروی گرانشی است که از طرف آن سیاره بر جسم وارد می‌شود. وزن این قطعه طلا را در سطح ماه و مریخ به‌دست آورید و با هم مقایسه کنید. g=۹/۸ N/kg زمین g=۱/۶N/kg ماه g=۳/۷N/kg مریخ

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.



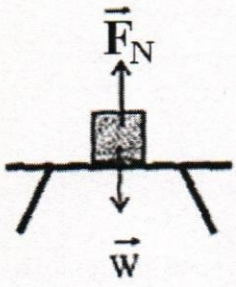
تمرین۱۰. چتربازی به جرم ۶۰kg مدتی پس از یک پرش آزاد، چترش را باز می‌کند. ناگهان نیروی مقاومت هوا به ۱۱۴۰N افزایش می‌یابد. شتاب چترباز را در این لحظه به دست آورید و حرکت آن را تحلیل کنید. برای سادگی g را ۱۰N/kg فرض کنید.



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 ($F_{net}=ma=۰$). 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:

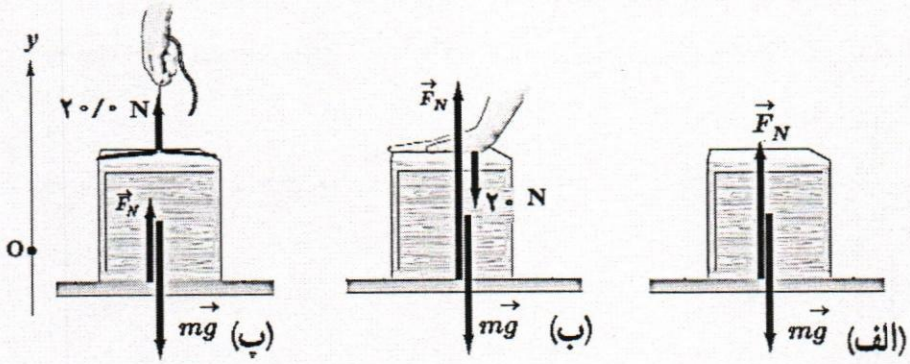
$$F_{net}=ma \rightarrow F_N-W=m\times 0 \rightarrow F_N-W=0 \rightarrow F_N=W$$

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.

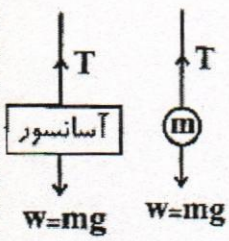
❖نیروی عمودی تکیه‌گاه همیشه با نیروی وزن برابر نیست و بستگی به نیروهای وارد بر جسم در راستای عمودی دارد.

❖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.

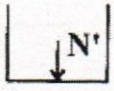
$$T-mg=ma \rightarrow T=m(g+a)$$

پ) در حال تعادل یا حرکت یکنواخت $T=mg$ است. ($a=۰$ ، $F_{net}=۰$)

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

وزن ظاهری درون آسانسور

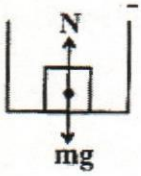
اگر شخصی به جرم m درون آسانسور قرار گیرد و یا بر روی باسکول (ترازوی فنری) بایستد (درون اسانسور) عددی که ترازوی فنری نشان می‌دهد هم اندازه با نیروی عمودی تکیه‌گاه است که آن را وزن ظاهری نیز می‌نامند.



❖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 $N=mg$

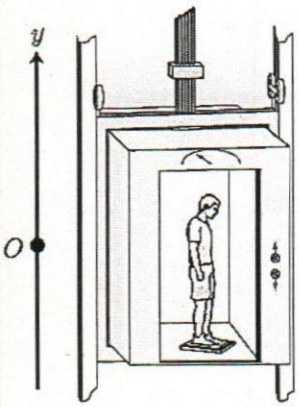
مقایسه‌ی وزن ظاهری و وزن حقیقی

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) جرمِ 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.

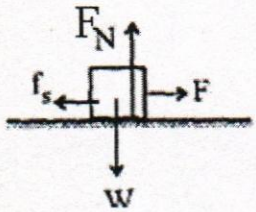
۳- هرچه سطح تماس صیقلی‌تر و صاف‌تر باشد مقدار نیروی اصطکاک کمتر خواهد بود.

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.

$F < f_{smax} \rightarrow a=0 \rightarrow f_s = F$

$F > f_{smax} \rightarrow f_k = \mu_k F_N$

$F = f_{smax} \rightarrow f_{smax} = \mu_s F_N$

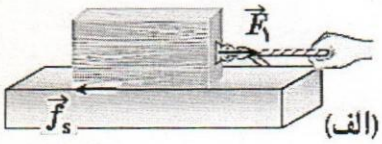
❖شتاب حرکت اجسامی که در امتداد سطح افقی پرتاب می‌شوند به جرم آنها بستگی ندارد و از رابطه‌ی ($a = -\mu_k g$) قابل محاسبه است. بنابراین اگر چند جسم با جرمهای متفاوت را با سرعت اولیه‌ی یکسان V_o بر روی سطح افقی پرتاب کنیم مسافتی که جسم‌ها طی می‌کنند تا متوقف گردند با هم برابر است. زیرا شتاب حرکت، سرعت اولیه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

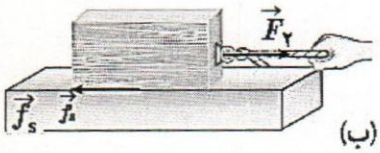
ب) چرا راه رفتن روی یک سطح سُر مانند سطح یخ به سختی ممکن است؟

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

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

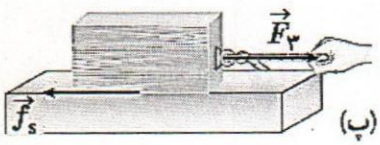


(الف)



(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.

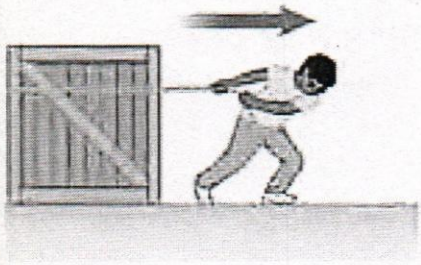
تمرین۱۹. آزمایشی طراحی کنید که با آن بتوانید:

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.

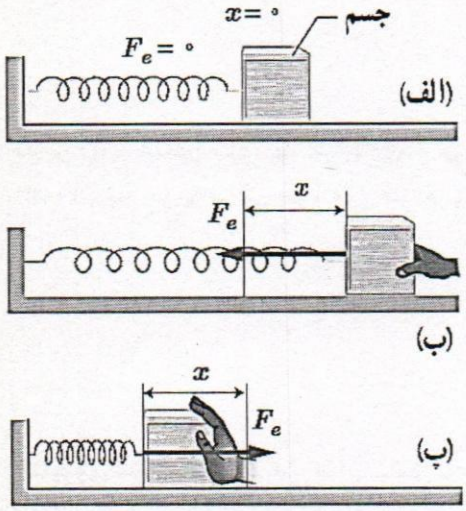
تمرین۲۰. شکل مقابل شخصی را نشان می‌دهد که در حال کشیدن یک جعبهٔ ۷۵kg کیلوگرمی با نیروی ۳۳۰N روی سطح افقی است. نیرویی که شخص به جعبه وارد می‌کند افقی و جعبه در حال حرکت است. اگر ضریب اصطکاک جنبشی بین سطح و جعبه ۰/۴ باشد،

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؟

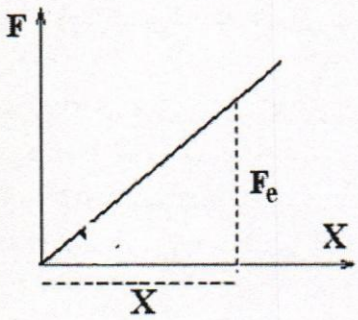


۵) نیروی کشسانی فنر: اگر مطابق شکل یک فنر را به یک نقطه محکم کرده و به سر دیگر آن نیروی کشش یا فشارنده‌ی F را وارد کنیم، فنر به اندازه‌ی x افزایش طول پیدا می‌کند. در این حالت بزرگی نیرو از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

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

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.

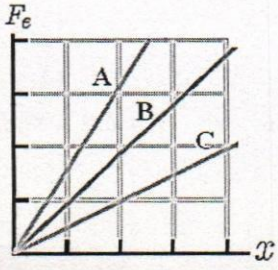


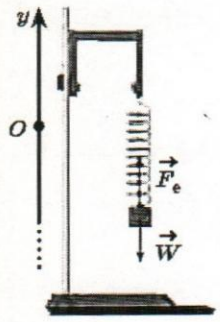
- رسم نمودار F برحسب: $x=l-l_0$
- شیب نمودار نیروی فنر برابر ثابت فنر است. یعنی: $= k$ $\Rightarrow$ $= \frac{F_e}{x}$
- هرچه ثابت فنر بیشتر باشد، شیب نمودار بیشتر و فنر سخت‌تر است.

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.





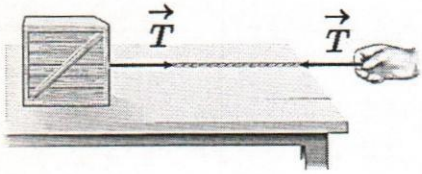
تمرین۲۴. فنری به طول $L_0=10cm$ را از یک نقطه آویزان می‌کنیم و به سر دیگر آن وزنهٔ ۲۰۰گرمی وصل می‌کنیم. پس از رسیدن به تعادل، طول فنر به $L=12cm$ می‌رسد.

الف) ثابت فنر چند نیوتون بر متر است؟

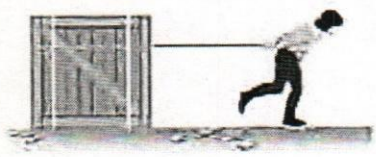
ب) اگر وزنه ای ۳۰۰ گرمی را به فنر وصل کنیم، پس از رسیدن به تعادل طول فنر چند سانتی متر می شود؟

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؟

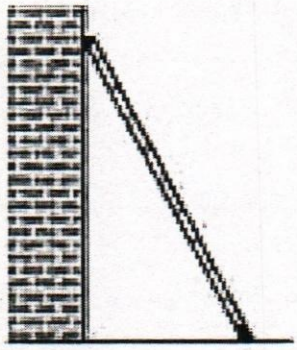
ب) اگر جعبه حرکت کند، شتاب حرکت آن را حساب کنید.

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 ۴kg را به فنر آویزان می‌کنیم، طول فنر ۱۴cm می‌شود، و وقتی وزنهٔ ۵kg 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 ۷۵ 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.

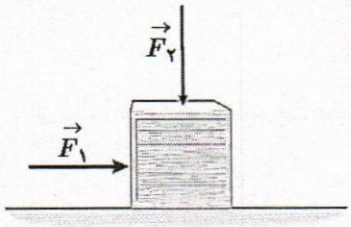
الف) شتاب خودرو در مدت ترمز چقدراست؟

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.

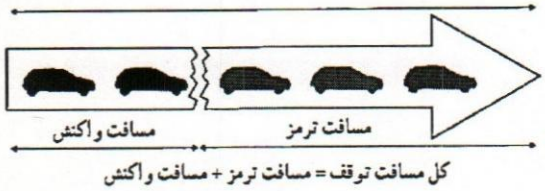
الف) آسانسور ساکن است.

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)



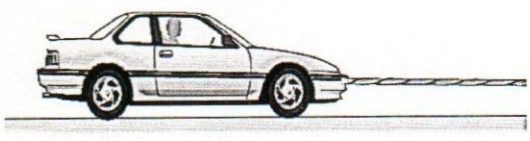
الف) دو عامل موثر در مسافت فکر کردن را نام ببرید.

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.

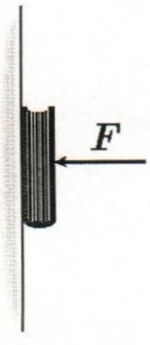
ت) وقتی خودرو ترمز می کند، نیروی خالص وارد بر آن چقدر است؟ جرم خودرو را ۱۵۰۰kg فرض کنید.

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؟

---

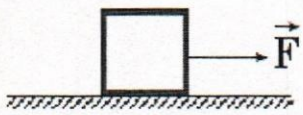
۲۳. با طنابی که می‌توان از جرم آن چشم پوشید، جسمی به جرم ۵kg را با شتاب $۶m/s^2$ در راستای قائم به طرف بالا می‌کشیم. نیروی کشش طناب چند نیوتن می‌شود؟ ($g=۱۰N/kg$)

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 شوندهٔ 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،

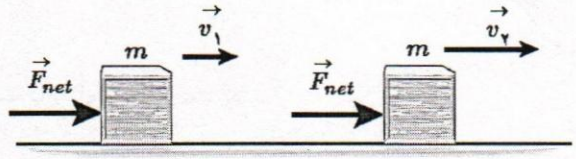
۱) نصف می‌شود. ۲) دو برابر می‌شود. ۳) تغییر نمی‌کند. ۴) چهار برابر می‌شود.

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

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. $\Delta\vec{P} = \vec{F}_{net}\Delta t$ (حاصل ضرب نیرو در مدت زمان تأثیر آن را ضربه می‌گویند)

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

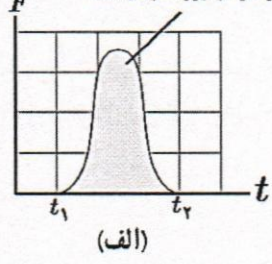
تمرین۳۱. گلوله ای به جرم ۱۰g با سرعت $\vec{V} = 5\vec{i}(\frac{m}{s})$ در حال حرکت است. الف) تکانهٔ گلوله را تعیین کنید. ب) انرژی جنبشی گلوله را به دست آورید.

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. $\Delta\vec{P} = \vec{F}_{av}\Delta t$

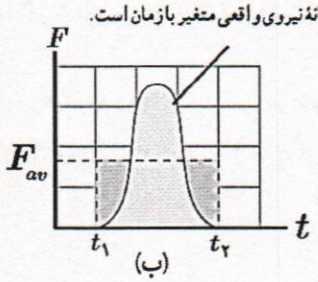
مقدار نیروی F_{av} ضربدر Δt (برابر با مساحت مستطیل) برابر با مساحت سطح زیر منحنی شکل الف است.

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)

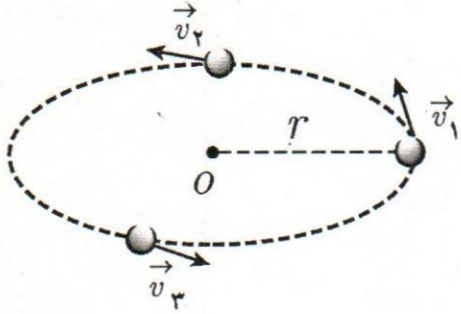
تمرین۳۲. شکل روبه رو صحنه ای از یک آزمون تصادف را نشان می‌دهد که در آن خودرویی به جرم ۱۲۰۰kg به دیواری برخورد کرده و سپس برمی‌گردد. اگر تندی اولیه و نهایی خودرو به ترتیب ۵۴km/h و ۹km/h باشد و تصادف ۰/۱۵s طول بکشد،

الف) تغییر تکانهٔ خودرو را پیدا کنید.



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

۲-۴ حرکت دایره‌ای یکنواخت



حرکت جسمی که روی یک دایره یا بخشی از آن با تندی ثابت حرکت می‌کند، حرکت دایره‌ای یکنواخت است.

تمرین۳۳. با اینکه تندی جسم در **حرکت دایره‌ای یکنواخت** ثابت است، حرکت ذره شتاب دار است چرا؟

تمرین۳۴. چرا در حرکت دایره‌ای یکنواخت، ذره در بازه‌های زمانی برابر، مسافت‌های یکسانی را طی می‌کند؟

دوره(زمانِ تناوب یا پریود): مدّت زمانی است که متحرّک رویِ مسیرِ دایره‌ای، یک دورِ کامل را طی می‌کند. دوره را با T نمایش می‌دهند و یکایِ آن درSI، ثانیه است. از آنجا که در این حرکت ذره محیط دایره(۲πr) را با تندی (V) در زمان T طی می‌کند، داریم: $T = \frac{2\pi r}{V}$

تمرین۳۵. دورهٔ عقربهٔ ثانیه شمار، دقیقه شمار و ساعت شمار یک ساعت عقربه ای چیست؟



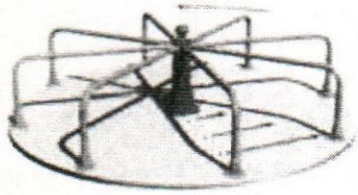
تمرین۳۶. میل لنگ یک خودرو که قطر محور آن۴cm است، در هر دقیقه ۲۴۰۰دور می‌چرخد(۲۴۰۰rpm). تندی نقطه‌ای روی لبهٔ محور این میل لنگ چقدر است؟

تمرین۳۷. پرهٔ یک بالگرد با دورهٔ ۰/۰۲s به طور یکنواخت می‌چرخد.

الف) تعداد دور بر دقیقه (rpm) پرهٔ بالگرد چقدراست؟

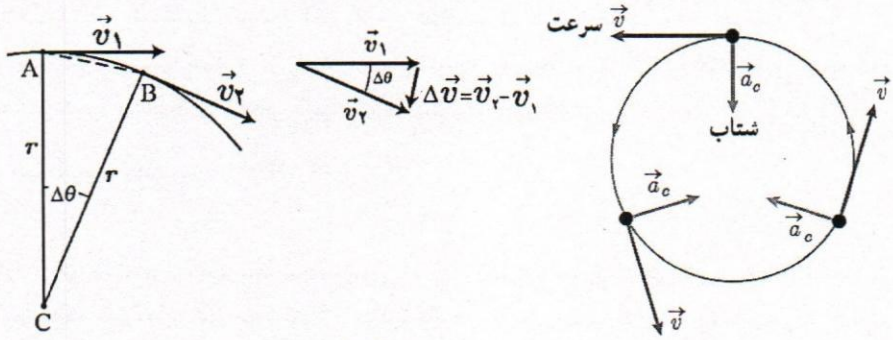
ب) اگر شعاع پره ۲m باشد، نوک پره با چه تندی‌ای می‌چرخد؟

تمرین۳۸. یک دیسک گردان در شهربازی را درنظر بگیرید که توسط یک موتور الکتریکی در هر دقیقه ۵ دور می‌چرخد. فرض‌کنید افرادی در فاصله‌های ۱m، ۲m و ۳m از مرکز آن قرار دارند. تندی این افراد را به دست بیاورید و با هم مقایسه کنید.



تمرین۳۹. مسافتی را که هر یک از افراد در تمرین بالا در مدت ۵s طی کرده اند محاسبه کنید.

شتاب مرکزگرا و قانون دوم نیوتون :در حرکت دایره ای یکنواخت، اندازهٔ سرعت ثابت است اما جهت آن دائما تغییر می کند. به همین دلیل حرکت دایره ای، حرکتی شتاب دار است. در حالتی که بازهٔ زمانی خیلی کوچک انتخاب می‌شود، جهت ΔV به طرف مرکز دایره خواهد بود. پس جهت شتاب لحظه‌ای نیز به طرف مرکز خواهد بود. به همین دلیل به آن شتاب مرکزگرا می گویند. شتاب مرکز گرا برابر است با: $a_c = \frac{V^2}{r}$



تمرین۴۰. نشان دهید در حرکت دایره‌ای یکنواخت، شتاب مرکزگرا از رابطهٔ $a_c = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$ نیز به دست می‌آید که در آن T و r به ترتیب دورهٔ تناوب و شعاع دایره است.

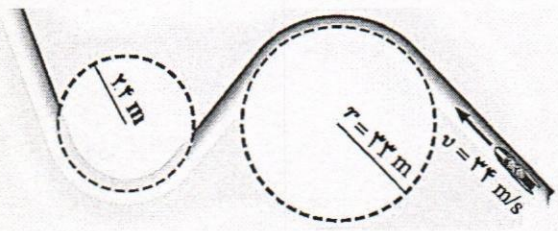
تمرین۴۱. خودرویی در یک میدان به شعاع۱۰۰m با تندی ۳۶km/h در حال دور زدن است. دوره و شتاب مرکزگرای خودرو را محاسبه کنید.

تمرین۴۲. پره‌های یک بالگرد(هلیکوپتر) درهر دقیقه۹۰۰دور می‌گردد.کمیت‌های زیر را برای پره‌ها محاسبه کنید.

الف) دوره و سرعت خطی.

ب) شتاب مرکزگرای نقطه‌ای که فاصله‌ی آن ازمحور دوران۳ متراست.

تمرین۴۳. شکل روبه رو مسیر حرکت سورتمه‌ای را در مسابقهٔ المپیک زمستانی نشان می‌دهد. سورتمه روی یک سطح افقی در حال حرکت است. اگر تندی حرکت سورتمه در کل مسیر ۳۴m/s باشد، شتاب مرکزگرای آن را در هر یک از پیچ‌ها به دست آورید.

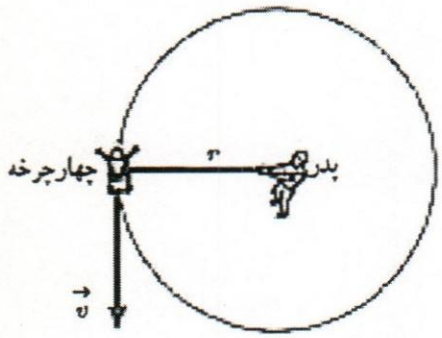


دینامیکِ حرکتِ دایره ایِ یکنواخت: در حرکت دایره‌ای یکنواخت یک نیروی خالص رو به مرکز، سبب ایجاد شتاب مرکزگرا می شود. به این نیروی خالص که منجر به حرکت دایره‌ای می‌شود، **نیروی مرکزگرا** می‌گوییم. نیروی مرکزگرا نوع جدیدی از نیرو نیست، نیروهای گرانشی یا الکتریکی می‌توانند نیروهای مرکزگرا را تأمین کنند؛ مثلاً نیروی گرانشیِ به طرف مرکز زمین، ماه را در مداری تقریبا دایره‌ای نگه می‌دارد. الکترون‌های مداری اتم‌ها در مدل بور تحت تأثیر نیروی الکتریکی به طرف هسته در مدارهای خود می‌چرخند. و. ...

در حرکتِ دایره‌ایِ یکنواخت، شتابِ جسم، همواره در راستایِ شعاعِ دایره و به طرفِ مرکزِ آن می‌باشد. طبقِ قانونِ دوّمِ نیوتن، نیرو و شتاب، هم جهتِ با یکدیگر می‌باشند. در نتیجه در حرکتِ دایره‌ایِ یکنواخت، برآیندِ نیروهایِ وارد بر جسم (F_{net})، به طرفِ مرکزِ دایره است.

قانون دوم نیوتون در حرکت دایره‌ای یکنواخت: $F_{net} = m\frac{V^2}{r}$

تمرین۴۴. نیروی مرکزگرا در هر یک ازموارد ذکر شده، چه نیرویی است؟ ۱) درحرکت لباسهایی که درماشین لباسشویی می‌چرخند. ۲) درحرکت الکترون به دورهسته. ۳) درحرک سیاره‌ها به دورخورشید. ۴) حرکت دایره‌ای با تندی ثابت گلوله‌ی متصل به یک طناب.



تمرین۴۵. پدری فرزند ۱۵ کیلوگرمی خود را در یک چهارچرخهٔ ایمن ۵/۰ کیلوگرمی قرار می‌دهد و با یک طناب ۲/۰متری، چهارچرخه را روی سطح افقی زمین به گونه‌ای می‌کشد تا چهارچرخه روی دایره‌ای حرکت کند. با فرض یکنواخت بودن حرکت چهارچرخه و صرف نظر کردن از اصطکاک و با فرض اینکه نیروی کشش طناب ۹۰N باشد، تندی و دورهٔ چهارچرخه را به دست آورید. ($\pi=3$)

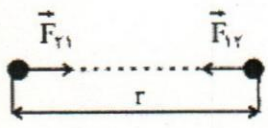
تمرین۴۶. خودرویی به جرم ۱۵۰۰kg را در نظر بگیرید که می‌خواهد در یک پیچ مسطح افقی به شعاع ۵۰m بدون آنکه بلغزد، دور بزند. اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین لاستیک و سطح جاده ۱ باشد، حداکثر تندی خودرو چقدر می‌تواند باشد؟



۲-۵ 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) $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$



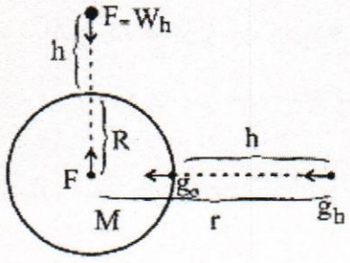
$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2} \qquad \text{یا} \qquad F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

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: (m جرم جسم و M جرم سیاره است.)



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

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:

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

❖ 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)

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

❖ 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.

تمرین۴۷. مقدار g به چه عواملی بستگی دارد؟

تمرین۴۸. 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؟

تمرین۴۹. در چه ارتفاعی از سطح زمین شتاب گرانش $\frac{1}{16}$ مقدار آن در سطح زمین خواهد شد؟

پ) دورهٔ تناوب این تلسکوپ را پیدا کنید.(R_e=۶۳۸۰km)

تمرین۵۰. جرم زمین و ماه به ترتیب حدود 6×10^{24} kg و 7×10^{22} kg و فاصلهٔ متوسط آنها از یکدیگر حدود 4×10^{8} m است. نیروی گرانشی را که زمین و ماه به یکدیگر وارد می‌کنند پیدا کنید $G=7\times10^{-11}\frac{N\cdot m^2}{kg^2}$.

تمرین۵۱. دو کرهٔ همگن به جرم های ۱۰۰۰ kg و ۵۰۰۰kg را در نظر بگیرید که فاصلهٔ مرکز آنها از یکدیگر۱m است. نیروی گرانشی را که این دو کره بر یکدیگر وارد می‌کنند محاسبه کنید. $G=7\times10^{-11}\frac{N\cdot m^2}{kg^2}$

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. در حرکت دایره ای یکنواخت با اینکه تندی جسم ثابت است، حرکت ذره ..... است.

H. در حرکت دایره ای یکنواخت همواره بردار سرعت ذره ..... مسیر حرکت دایره‌ای است.

I. در حرکت دایره‌ای یکنواخت، مدت زمان لازم برای پیمودن یک دور محیط دایره را ..... می‌نامیم.

J. جهت ..... متوسط همواره با جهت تغییر سرعت یکسان است.

K. شتاب جسم در حرکت دایره‌ای یکنواخت در راستای .... و جهت آن به طرف .... است.

L. به نیروی خالصی که منجر به حرکت دایره‌ای می‌شود، نیروی ..... می گوییم.

M. برای یک جسم متصل به نخ، نیروی ..... نیروی مرکزگرای لازم جهت چرخش جسم بر سطح افقی را تأمین می‌کند.

N. نیروی ..... لازم جهت چرخش ماه در مداری تقریبا دایره‌ای به دور زمین، نیروی گرانش است.

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

P. 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.

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

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

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

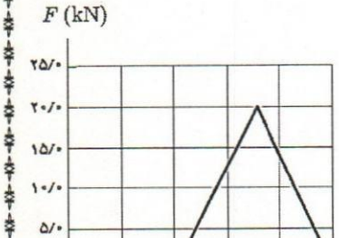
T.

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 حرکت دایره ای یکنواخت

۳۷. پره‌های یک بالگرد در هر دقیقه، ۱۰۰۰ دور می‌چرخند. طول پره ها را ۴m فرض کنید و کمیت‌های زیر را برای پره‌ها محاسبه کنید.

الف) دورهٔ تناوب پره‌ها

ب) تندی در وسط و نوک پره‌ها

پ) شتاب مرکز گرا در وسط و نوک پره‌ها

۳۸. حداقل ضریب اصطکاک ایستایی بین چرخ های خودرو و سطح جاده چقدر باشد تا خودرو بتواند با تندی ۵۴km/h پیچ افقی مسطحی را که شعاع آن ۵۰m است، دور بزند؟

۲-۵ نیروی گرانشی

۳۹. دو جسم در فاصلهٔ ۲۰m از هم، یکدیگر را با نیروی گرانشی کوچک ۱×۱۰^{-۸} N ، جذب می‌کنند. اگر جرم یکی از اجسام ۵۰kg باشد، جرم جسم دیگر چقدر است؟

۴۰. 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 ، $R_e=۶۴۰۰$km و $G=۶/۶۷\times۱۰^{-۱۱}$ $Nm^۲/kg^۲$)

الف) نیروی گرانشی وارد بر ماهواره

ب) شتاب ماهواره

پ) تندی ماهواره

ت) دورهٔ تناوب ماهواره را در این ارتفاع به دست آورید.

۴۱. 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=

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

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

۴۳. الف) سفینه ای به جرم $3/00\times10^{4}kg$ 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؟

تمرین۶۰. جرم و شعاعِ مدارِ ماهواره‌ای را ۲ برابر می‌کنیم. سرعتِ ماهواره چند برابر می‌شود؟

۱) $\sqrt{2}$ ۲) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ۳) $2\sqrt{2}$ ۴) $\frac{1}{2\sqrt{2}}$

تمرین۶۱. ماهواره‌های A و B به دور زمین می‌چرخند. جرم ماهواره A، $\frac{5}{4}$ جرم ماهواره‌ی B است. اگر بزرگی تکانه‌ی دو ماهواره با هم برابر باشد، شعاع مدار ماهواره‌ی B چند برابر شعاع ماهواره‌ی A است؟

۱) ۲۰ ۲) ۸۰ ۳) $\frac{4}{5}$ ۴) $\frac{16}{25}$

تمرین۶۲. فاصله ماهواره‌ی A از سطح زمین به اندازه‌ی شعاع زمین، و فاصله ماهواره‌ی B تا سطح زمین ۷ برابر شعاع زمین است. دوره‌ی گردش ماهواره‌ی B چند برابر دوره‌ی گردش ماهواره‌ی A است؟

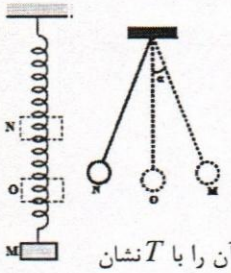
۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۸ ۴) ۱۶

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.

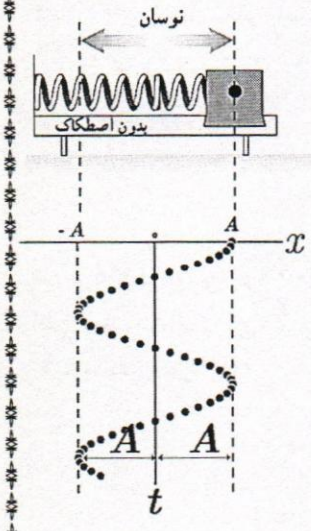
- ❖ هنگامی که جسم، نوسان می‌کند، در هر نوسانِ کامل، دو بار مسیرِ نوسان، طی می‌شود. این نوسانِ کامل، شاملِ۴ بار، طیِ دامنه است. پس تعدادِ نوسان‌هایِ کامل(N)،عبارت از: $N = \frac{\text{تعداد دفعات طیِ مسیر}}{۲} = \frac{\text{تعداد دفعات طیِ دامنه}}{۴}$

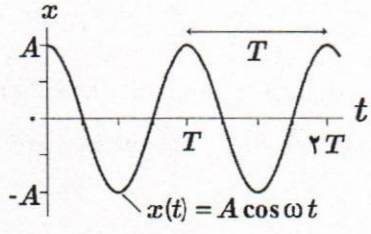
- ❖ در حرکت هماهنگ ساده نمودار مکان زمان، نموداری سینوسی است. یعنی مکان (یا جابه جایی نسبت به نقطهٔ تعادل) را می توان به صورت تابعی سینوسی یا کسینوسی از زمانِ t نوشت.

(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.



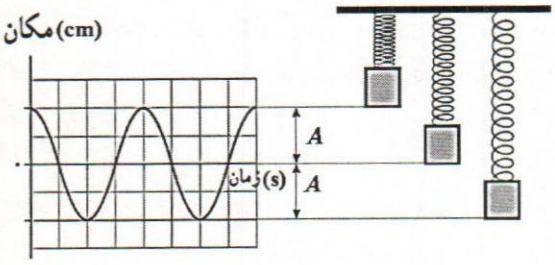


- ❖ وقتی نوسانگر در x=±A است، سرعت آن برابر با صفر است به این نقطه‌ها اصطلاحاً نقطه‌های بازگشتِ حرکت می‌گویند. وقتی x=o است (یعنی نوسانگر از نقطهٔ تعادل می‌گذرد) اندازهٔ سرعت بیشینه است.

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 $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

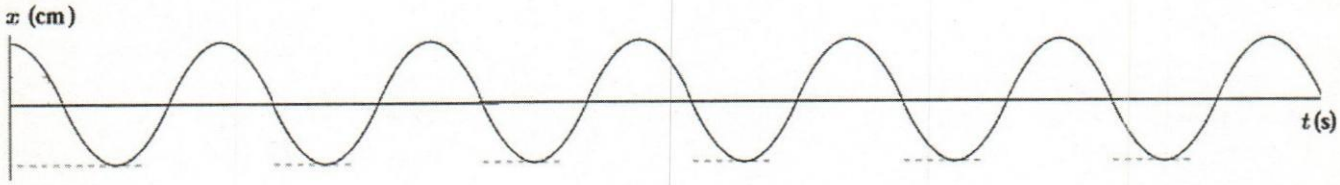
- ❖ دورهٔ تناوب سامانهٔ جرم فنر با یک فنر معیّن ولی وزنه های متفاوت، با جذر جرم وزنه به طور مستقیم متناسب است
- ❖ دورهٔ تناوب سامانهٔ جرم فنر با یک وزنهٔ معیّن ولی فنر های متفاوت، با جذر ثابت فنر به طور وارون متناسب است.

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 اگرx(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 فنرk=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.

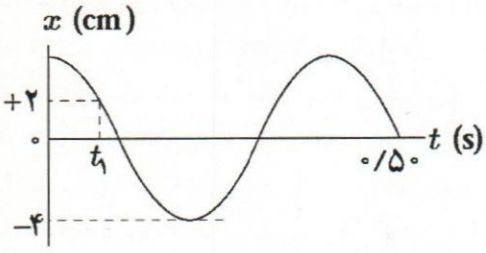
تمرین۷. یک وزنهٔ ۲۰N را از انتهای یک فنر قائم می آویزیم، فنر۲۰ cm کشیده می شود. سپس این فنر را در حالی که به یک وزنهٔ ۵N متصل است روی میز بدون اصطکاکی به نوسان درمی آوریم. دورهٔ تناوب این نوسان چقدر است؟ (۱کتاب)

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 .مقدارm 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.

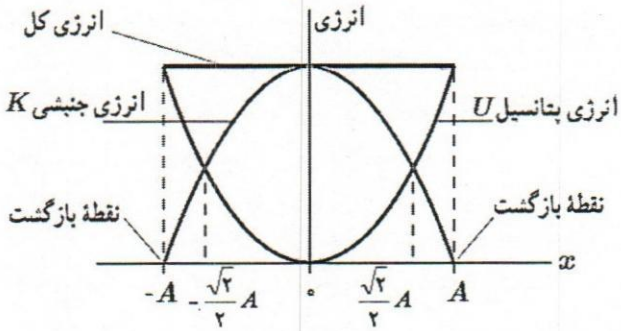
ب) مقدار t_1 را به دست آورید.

پ) اندازه شتاب نوسانگر را در لحظهٔ t_1 محاسبه 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.

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

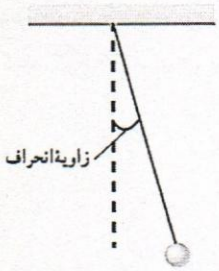
ازرابطه‌ی بالا، در می‌یابیم، انرژی‌ی که به وسیله‌ی موجِ **مکانیکی**، منتقل می‌شود، با مجذورِ بسامد و مجذورِ دامنه‌ی موج نسبتِ مستقیم دارد:

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

تمرین۱۲. در طولِ طنابی، یک بار با دامنه‌ی A و دوره‌ی T و بارِ دیگر با دامنه‌ی $\frac{A}{2}$ و دوره‌ی $2T$ ،موجِ سینوسی ایجاد می‌کنیم. انرژیِ مکانیکیِ ذرّه‌ی M از 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:



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

❖ 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 جایِg ، 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 $\pi^2=10$)

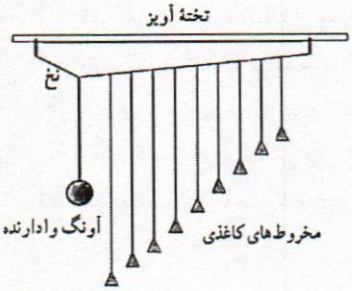
۳-۴ تشدید

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 $a= - \omega^2 x$ 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 ($x=\pm A$)، 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)

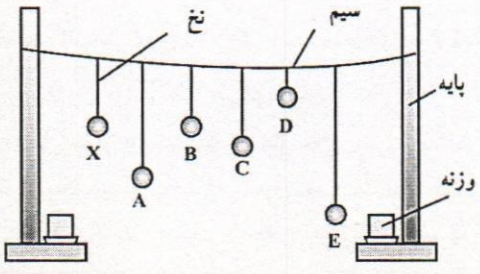
تمرین۲۳. جسمی به جرم ۱kg به فنری افقی با ثابت۶N/cm متصل است. فنر به اندازهٔ ۹cm فشرده و سپس رها می‌شود و جسم روی سطح افقی شروع به نوسان می‌کند. با چشم پوشی از اصطکاک الف) دامنهٔ نوسان و تندی بیشینهٔ جسم چقدر است؟ ب) وقتی تندی جسم ۱/۶m/s است، انرژی پتانسیل کشسانی آن چقدر است؟(۷ کتاب)

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 $g_{\text{تهران}}=9/780\text{m/s}^2$

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.

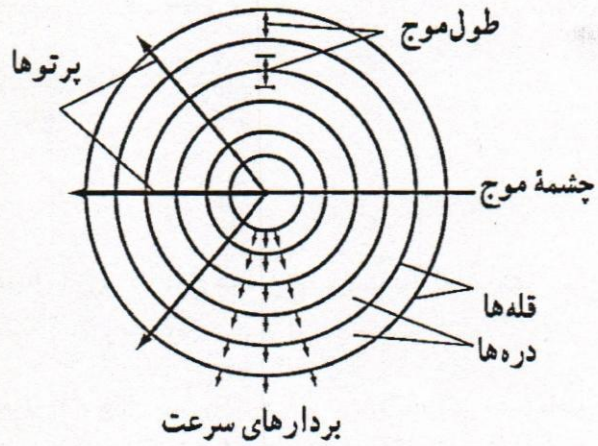
پس: $f = \frac{1}{T}$

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 $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$)

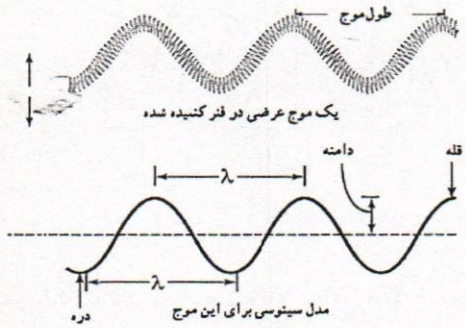
عواملِ مؤثر بر سرعتِ انتشارِ موج: سرعتِ انتشارِ موج در یک محیط، به ویژگی‌هایِ فیزیکیِ آن محیط (جنس،دما، فشار و ...) بستگی دارد، امّا به شرایطِ فیزیکیِ چشمه‌ی موج (بسامد، دامنه، انرژیِ مکانیکی و ...) بستگی ندارد.

- ❖ 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)

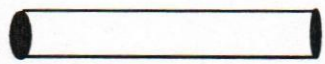


موج عرضی: اگر یک سر فنر بلند کشیده شده‌ای را با حرکت هماهنگ ساده، پیاپی به بالا و پایین حرکت دهید موج عرضی پیوسته‌ای در طول فنر منتشر می‌شود. امواج عرضی، همانند موج عرضی ایجاد شده در این فنر، در هر لحظه از زمانِ انتشار موج را می‌توان با شکل موجی سینوسی مانند مدل سازی کرد.



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

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad \text{(تندی انتشار موج عرضی در تار یا فنر)} \qquad V = \sqrt{\frac{\frac{m}{L}}{\mu}} \;,\; \mu = \frac{m}{L} \Rightarrow$$



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

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

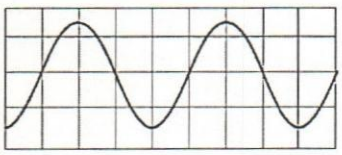
تمرین۳۰. سیمی به طول ۸۰cm وجرم ۲۰gr بین دونقطه محکم کشیده شده است.اگرنیروی کشش سیم برابر ۲/۵N باشد،سرعت انتشارموج دراین سیم راحساب کنید.

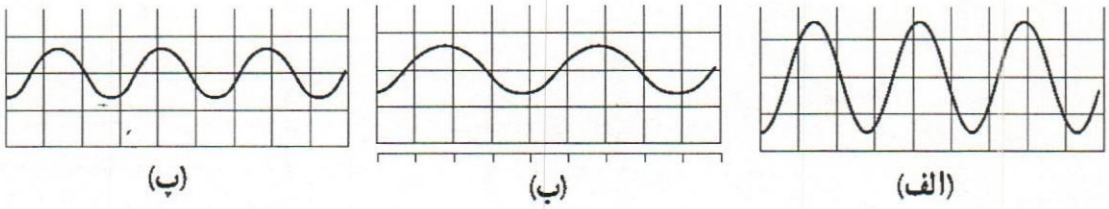
تمرین۳۱. طرفینِ سیمی به طولِ $80cm$ را با نیرویِ $40N$ می‌کشیم. اگر موج با سرعتِ $10\frac{m}{s}$ در آن منتشر شود، جرمِ سیم چند گرم و جرمِ واحدِ طولِ آن چند کیلوگرم بر متر است؟

تمرین۳۲. طرفینِ سیمی با چگالیِ $۲\frac{g}{cm^۳}$ و قطرِ $۴cm$ را با نیرویِ $۶۰N$ 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)

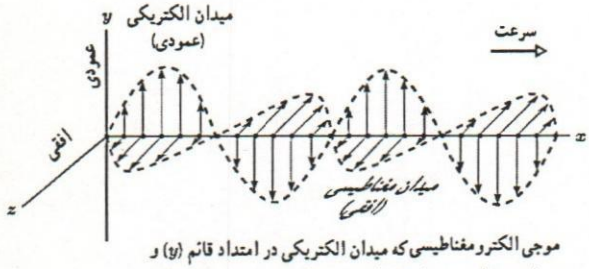




تمرین۳۴. فنری به جرم ۰/۶kg و طول ۴m را با نیروی ۱/۲N می‌کشیم. الف) تندی انتشار موج در این فنر چقدر است؟ ب) سر آزاد فنر را با چه بسامدی تکان دهیم تا طول موج ایجاد شده در فنر ۱m شود؟(مثال ۳-۶)

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.

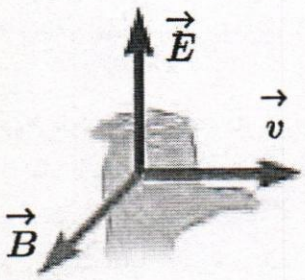


موجی الکترومغناطیسی که میدان الکتریکی در امتداد قائم (y) و میدان مغناطیسی در امتداد افقی (z) و انتشار موج در جهت x است.

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.

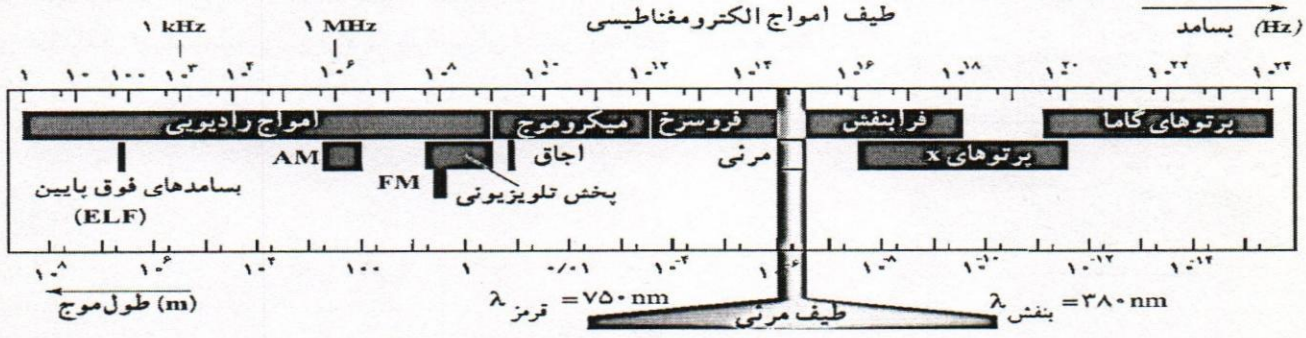
جهتِ انتشارِ موجِ الکترومغناطیسی($\vec{k}$)هم جهت با بردارِ($\vec{E} \times \vec{B}$)است. همانندِ محورهایِ مختصات $(\vec{E}, \vec{B}, \vec{k})$ ، پس اگر چها انگشتِ دستِ راست را در جهتِ $\vec{B}$ طوری قرار داده که انگشتِ شصتِ دستِ راست $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ در جهتِ $\vec{E}$ باشد،آن گاه بردارِ $\vec{k}$ 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 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ T.m/A$ و ضریب گذردهی الکتریکی خلأ $\varepsilon_0 = 8/85 \times 10^{-12}\ C^2/Nm^2$

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

- ❖ 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)

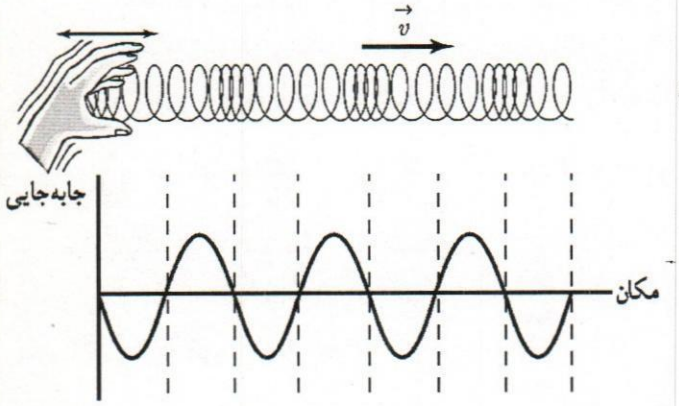
تمرین۳۹. اگر یک گوشی تلفن همراه را در یک محفظهٔ تخلیهٔ هوای شیشه‌ای آویزان کنید. با برقراری تماس با گوشی، صدای آن را خواهید شنید. ولی با به کار افتادن پمپ تخلیهٔ هوا، صدا به تدریج ضعیف و سرانجام خاموش می‌شود، در حالی که امواج الکترومغناطیسی همچنان به گوشی می‌رسند. ازاین آزمایش چه نتیجه ای می‌گیرید؟ (فعالیت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

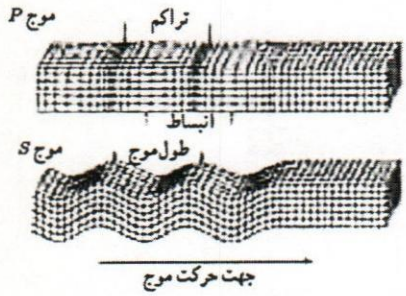
برای امواج مکانیکی، تندی انتشار امواج طولی در یک محیط جامد بیشتر از تندی انتشار امواج عرضی درهمان محیط است.



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 $1000Hz$ 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:

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

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:

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

یادآوری از رابطه‌های محاسبه‌ی لگاریتم:

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

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

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)

تمرین ۴۶. 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 وادار‌یم، 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.

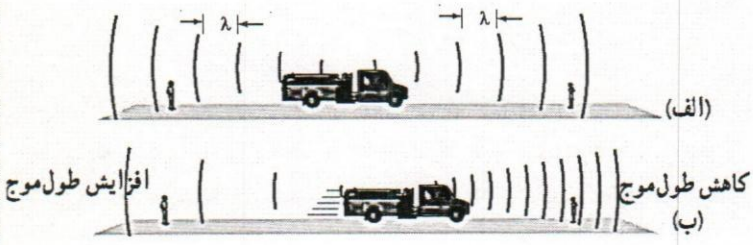
اثر دوپلر:

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).

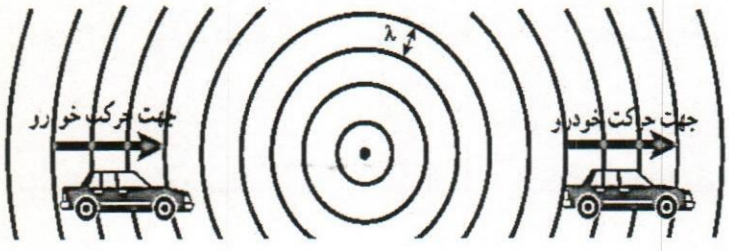
الف) چشمهٔ متحرک و ناظر(شنوندهٔ) ساکن:

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.

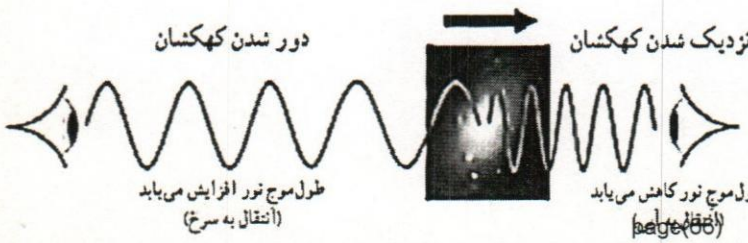


ب) چشمهٔ ساکن و ناظر(شنوندهٔ) متحرک:

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.

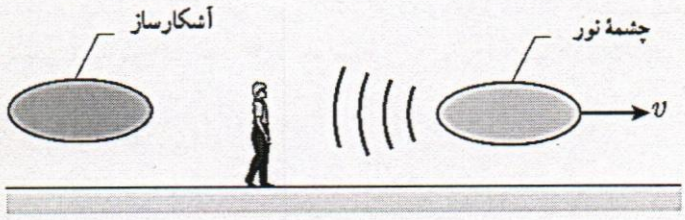


اثر دوپلر برای امواج الکترومغناطیسی: هر گاه چشمهٔ موج الکترومغناطیسی نسبت به ناظر (آشکارساز) در حرکت باشد، بسامد و طول موج دریافتی از این چشمه تغییر



می‌کند. وقتی چشمهٔ نور از ناظر (آشکارساز) دور می‌شود، طول موج افزایش می یابد که به آن اصطلاحاً **انتقال به سرخ** می‌گویند و وقتی چشمهٔ نور به ناظر نزدیک می شود، طول موج کاهش پیدا می‌کند که به آن اصطلاحاً **انتقال به آبی** می‌گویند.

تمرین۴۷. شکل زیر چشمهٔ نوری را نشان می دهد که در حال حرکت به طرف راست است. چشمه، نوری با بسامد f_o را گسیل می‌کند. بسامد نوری که آشکارساز ساکن دریافت می‌کند بیشتر از f_o 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 چشمه طی 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 تَن، 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.

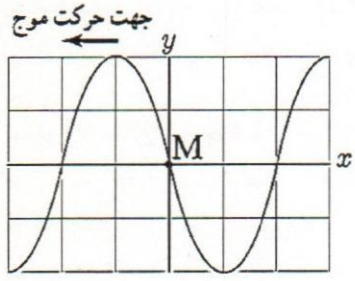
N. بیشترین حساسیت گوش انسان به بسامدهایی در گسترهٔ ..... تا ..... است.

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.

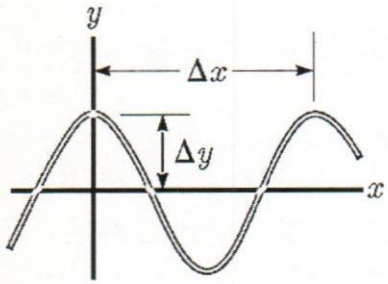
P. وقتی چشمهٔ نور از ناظر (آشکارساز) دور می‌شود، طول موج افزایش می یابد که به آن اصطلاحاً ..... می‌گویند و وقتی چشمهٔ نور به ناظر نزدیک می شود، طول موج کاهش پیدا می‌کند که به آن اصطلاحاً ..... می‌گویند.

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)

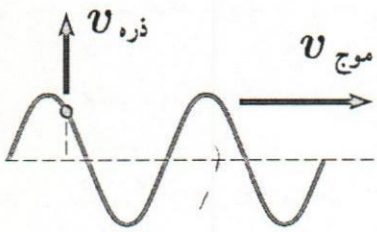
تمرین۵۰. شکل زیر یک تصویر لحظه‌ای از موجی عرضی در یک ریسمان کشیده شده را نشان می‌دهد. موج به سمت چپ حرکت می‌کند. الف) با رسم این موج در زمان T/۴ بعد، نشان دهید جزء M ریسمان در این مدت در چه جهتی حرکت کرده است. همچنین روی این موج، دامنهٔ موج و طول موج را نشان دهید. ب) اگر طول موج ۵cm و تندی موج ۱۰cm/s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



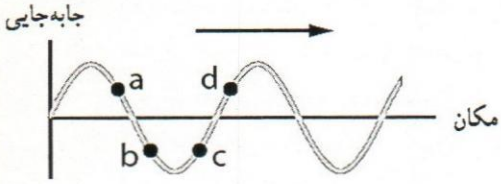
تمرین۵۱. در نمودار جابه جایی مکانِ موجِ عرضیِ شکل زیر $\Delta x=۴۰cm$ و $\Delta y=۱۵cm$ است. اگر بسامد نوسان‌های چشمه ۸Hz باشد، طول موج، دامنه، تندی و دورهٔ تناوب موج چقدر است؟(۱۴کتاب)



تمرین۵۲. شکل زیر موجی عرضی در یک ریسمان را نشان می‌دهد که با تندی موج V 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)

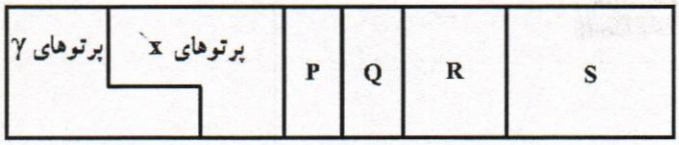


تمرین۵۳. شکل زیر یک موج سینوسی را در لحظه‌ای از زمان نشان می‌دهد که در جهت محورx در طول ریسمان کشیده شده‌ای حرکت می‌کند. چهار جزء از این ریسمان روی شکل نشان داده شده‌اند. در این لحظه هر یک از این چهار جزء بالا می‌روند یا پایین؟ (۱۶کتاب)

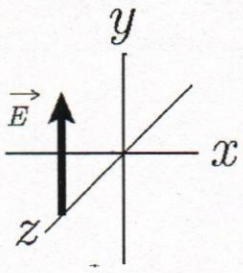


تمرین۵۴. سیمی با چگالی $۷/۸۰ g/cm^۳$ و سطح مقطع $۰/۵mm^۲$ بین دو نقطه با نیروی ۱۵۶N کشیده شده است. تندی انتشار موج عرضی را در این سیم محاسبه کنید. (۱۷کتاب)

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)



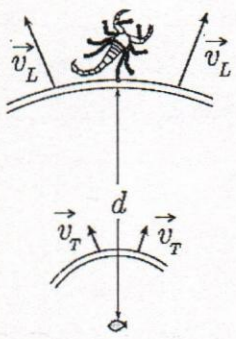
تمرین۵۶. شکل زیر میدان الکتریکی یک موج الکترومغناطیسی سینوسی را در نقطه‌ای معیّن و دور از چشمه، در یک لحظه نشان می‌دهد. موج انرژی را در خلاف جهت محور Z انتقال می‌دهد. جهت میدان مغناطیسی موج را در این نقطه و این لحظه تعیین کنید. (۱۹کتاب)



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 Hz $۴/۳\times۱۰^{۱۴}$ 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)

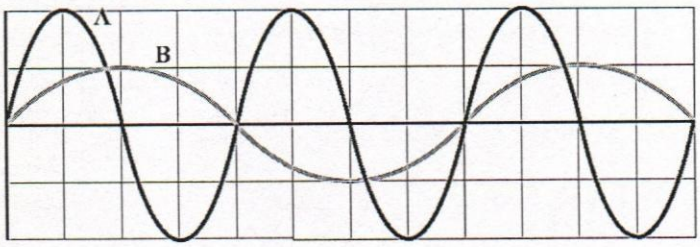
تمرین۶۴. شدت صدای حاصل از یک متهٔ سنگ شکن در فاصلهٔ ۱۰m از آن 1×10^{-2} W/m^2 است .تراز شدت صوتی آن برحسب dB چقدر می‌شود؟ (۲۷کتاب)

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)

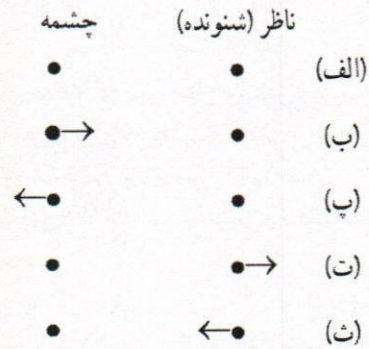
تمرین۶۶. یک دستگاه صوتی، صدایی با تراز شدت $\beta_1=90dB$ و دستگاه صوتی دیگر، صدایی با تراز شدت $\beta_2=95dB$ ایجاد می‌کند. شدت‌های مربوط به این دو تراز (برحسب W/m^2) به ترتیب I_1 و I_2 هستند. نسبت I_1/I_2 را تعیین کنید. (۲۹کتاب)

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)

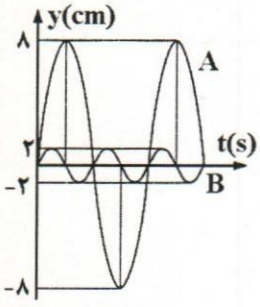


تمرین۶۹. شکل روبرو جهت‌های حرکت یک چشمهٔ صوتی و یک ناظر(شنونده)را در وضعیت‌های مختلف نشان می‌دهد. بسامدی راکه ناظر در حالت‌های مختلف می‌شنود با حالت الف مقایسه کنید. (۳۲کتاب)



تمرین۷۰. دامنه‌ی حرکتِ نوسان‌گرِ وزنه-فنر، ۵cm است. اگر جرمِ وزنه۲۰۰g و ثابتِ فنر $\frac{N}{m}$۲۰۰ باشد، انرژیِ کلِّ نوسان‌گر چند ژول است؟

۱) ۰/۲۵ ۲) ۲/۵ ۳) ۵ ۴) ۵۰



تمرین۷۱. 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

تمرین۷۲. 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) $-y$

تمرین۷۳. 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

تمرین۷۴. $(\varepsilon_o\mu_o)^{-\frac{۱}{۲}}$ از جنسِ کدام کمّیتِ فیزیکی است؟

۱)انرژی ۲)شتاب ۳)سرعت ۴)زمان

تمرین۷۵. 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

تمرین۷۶. در موردِ امواجِ فرابنفش و فروسرخ، کدام یک از مواردِ زیر درست است؟

۱)هر دو مرئی هستند. ۲) بسامدِ هر دو از اشعّه‌ی ایکس کم‌تر است.

۳) بسامدِ هر دو از نورِ مرئی کم‌تر است . ۴) طولِ موجِ هر دو از اشعّه‌ی ایکس کم‌تر است.

تمرین۷۷. 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

تمرین۷۸. صوت در کدام یک از محیط‌هایِ زیر منتشر نمی‌شود؟

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

تمرین۷۹. 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.

تمرین۸۰. 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

تمرین۸۱. کدام یک از عامل‌های زیر بر سرعت صوت در هوا موثر است؟

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

تمرین۸۲. 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.

تمرین۸۳. (ریاضی ۹۰) تراز شدت صوت ۲۶ دسی‌بل است. شدت این صوت، چند وات بر متر مربع است؟ ($I_o = ۱۰^{-۱۲} W/m^۲$ و $\log ۲ = ۰/۳$)

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

تمرین۸۴. (ریاضی ۹۲) شدت صوتی $۳/۲\times۱۰^{-۳} W/m^۲$ است. تراز شدت این صوت چند دسی‌بل است؟ ($I_o = ۱۰^{-۱۲} W/m^۲$ و $\log ۲ = ۰/۳$)

۱) ۱۵ ۲) ۲۵ ۳) ۸۵ ۴) ۹۵

تمرین۸۵. (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

تمرین۸۶. 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

تمرین۸۷. 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.

تمرین۸۸. ترازِ شدتِ صوتِ مبنا را به دست آورید.

تمرین۸۹. 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) $\frac{۱}{۳}$

تمرین۹۰. 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.

تمرین۹۱. 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.

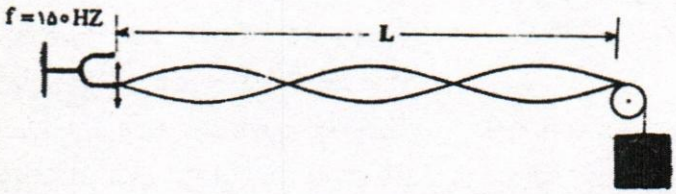
تمرین۹۲. شدتِ صوتی $۱۰^{-۴} W/m^۲$است. ترازِ شدتِ صوت، چند دسی‌بل است؟ ($I_o = ۱۰^{-۱۲} W/m^۲$ و $\log ۲ = ۰/۳$)

۱) ۸۴ ۲) ۹۴ ۳) ۱۱۶ ۴) ۱۲۶

تمرین۹۳. (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

تمرین۹۴. (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

تمرین۹۵. (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

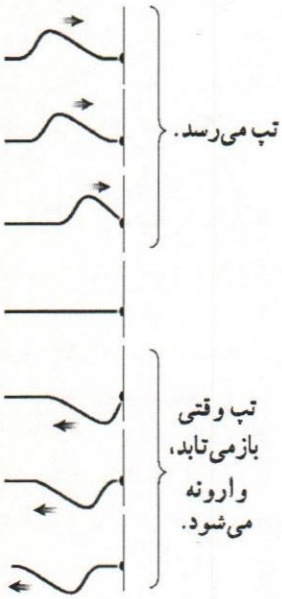
افزایش- بیشینه- صفر- انرژی جنبشی- صفر – بیشینه- فاصله (x) – سرعت- مجذور بسامد – ۳۶- Aω- هماهنگ ساده - شتاب گرانشی(g) - طول آونگ (L) – یک برابر - تشدید (رزونانس)- افزایش

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 - انتقال به سرخ - انتقال به آبی

فصل چهارم: برهم کنش‌های 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.

پراش نیز نوع دیگری از برهم کنش امواج با محیط است. امواج نه تنها با محیط بلکه با یکدیگر نیز برهم کنش می‌کنند. تداخل نمونه ای از برهم کنش امواج با یکدیگر است.

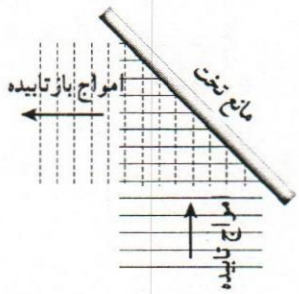
بازتاب، شکست، پراش و تداخل برهم کنش‌های موج با محیط هستند.

۴-۱ بازتاب موج

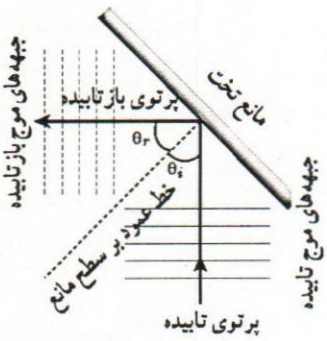
تولید صدا در آلات موسیقی، پژواک صداها، دیدن ماه، دیدن صفحهٔ این کتاب، گرم شدن مواد غذایی در اجاق های خورشیدی، جمع شدن امواج رادیویی در کانون آنتن های بشقابی و ...مثال هایی از کاربرد بازتاب امواج در زندگی هستند.

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 آیجاد می کند که روی فنر در جهت مخالف تپ تابیده حرکت می‌کند.

با استفاده از جبهه‌های موج می‌توانیم به طور تجربی به رفتار موج در برخورد با یک مانع پی‌ببریم. طرح معادل دیگری برای نشان دادن رفتار موج، استفاده از **نمودار پرتویی** است. یک پرتو، پیکان مستقیمی عمود بر جبهه‌های موج است که جهت انتشار موج را نشان می‌دهد.



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

زاویهٔ بین خط عمود بر سطح مانع و پرتوی تابیده (فرودی) را **زاویهٔ تابش** می‌نامند و با θ_i نشان می‌دهند.

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.

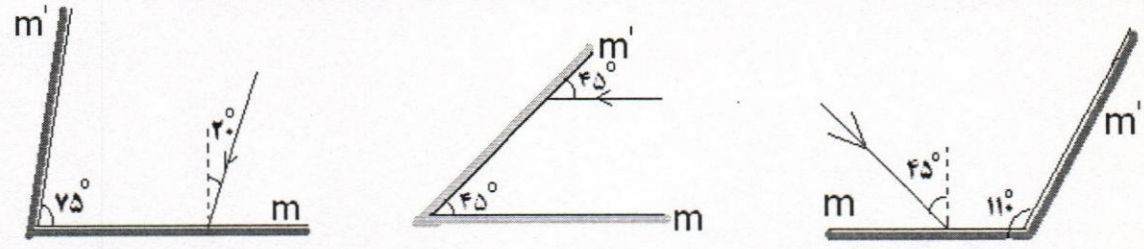
مکان یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر، در تعیین مکان اجسام متحرک و نیز تعیین تندی آنها به کار می‌رود. همین طور در فنّاوری‌هایی نظیر اندازه‌گیری تندی شارش خون در رگ‌ها نیز از این روش استفاده می‌شود.

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.

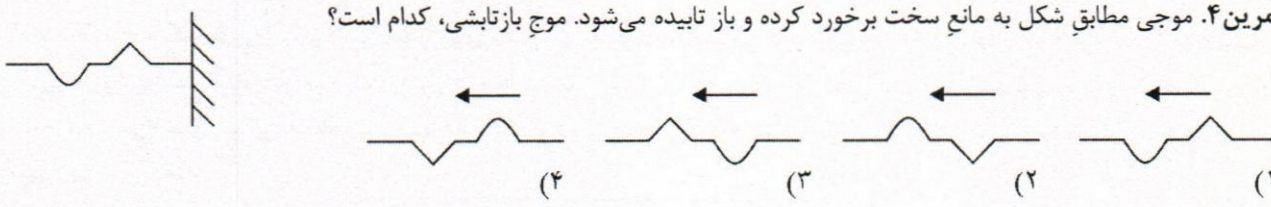
تمرین۱. کمترین فاصلهٔ بین شما و یک دیوار بلند چقدر باشد تا پژواک صدای خود را از صدای اصلی تمیز دهید؟ تندی صوت در هوا را ۳۴۰m/s در نظر بگیرید. (تمرین ۴-۱)

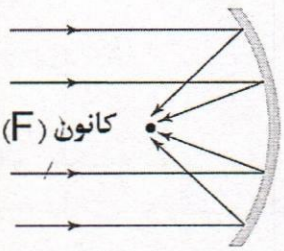
تمرین۲. والِ عنبر یکی از جانورانی است که با استفاده از پژواک امواج فراصوتی، مکان یابی می‌کند. بسامد امواج فراصوتی‌ای که این وال تولید می‌کند حدود ۱۰۰kHz است. با توجه به اینکه تندی صوت در آب دریا حدود $1/52\times10^{3}m/s$ است، الف) طول موج این صوت و ب) زمان رفت و برگشت صوت گسیل شده توسط وال برای مانعی که در فاصلهٔ ۱۰۰m از آن قرار گرفته، چقدر است؟(مثال۴-۱)

تمرین۳. در شکل های زیر پرتو بازتاب را از دو آینه m و m رسم کنید. (اندازه زوایه‌ها مشخص شود)



تمرین۴. 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.

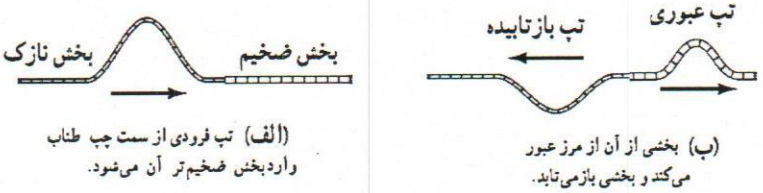
اگر سطح بازتابندهٔ نور همچون یک آینه، بسیار هموار باشد، بازتاب نور را **بازتاب آینه‌ای** یا **منظم** می‌گویند. نوع دیگر بازتابش، **بازتاب پخشنده** یا **نامنظم** است. این بازتاب وقتی رخ می‌دهد که نور به سطحی برخورد کند که صیقلی و هموار نباشد. به دلیل این بازتاب است که شما این صفحهٔ کاغذ، دیوار، دستتان، 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.

۴-۲ 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.

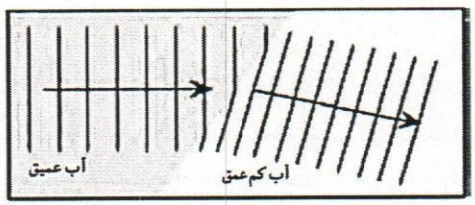


(الف) تپ فرودی از سمت چپ طناب وارد بخش ضخیم‌تر آن می‌شود.

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

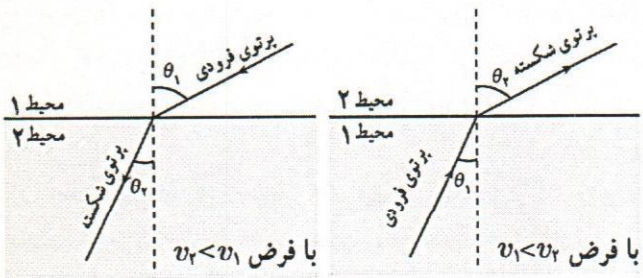
تمرین۵. در شکل بالا اگر موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد، تندی، و طول موجِ موجِ عبوری در مقایسه با موج فرودی چه تغییری می کند؟

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.



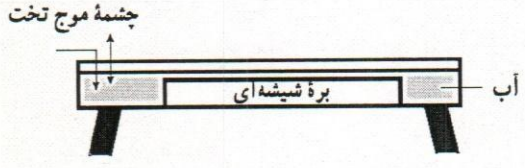
قانون شکست عمومی: برای جبهه‌های موج تختی به طور مایل به مرز دو محیط می‌رسند و سپس شکست پیدا می کنند، رابطهٔ زیر برقرار است که به آن **قانون شکست عمومی** می‌گویند

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



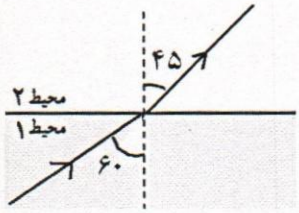
اگرموجی از محیطی که در آن تندی موج کمتر است وارد محیطی شود که در آن تندی موج بیشتر است، زاویهٔ شکست بزرگ تر از زاویهٔ تابش می‌شود و برعکس یعنی اگر سرعت موج در محیط دوم کمتر باشد زاویه‌ی شکست کوچکتر از زاویه‌ی تابش می‌شود.

تمرین۶. در یک تشت موج به کمک یک نوسان ساز تیغه ای که با بسامد ۵/۰ Hz 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 ۴-۲)

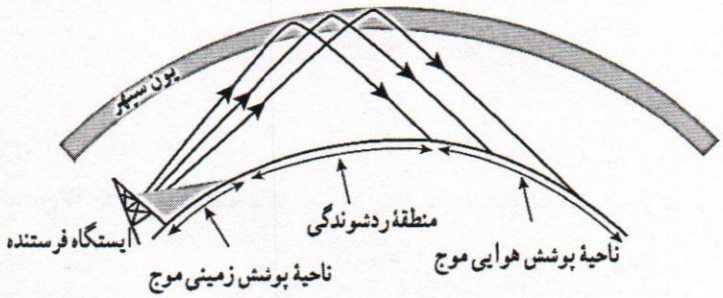


تمرین۷. در تمرین قبل با فرض اینکه زاویهٔ تابش امواج برابر 30^{o}باشد، زاویهٔ شکست چقدر می‌شود؟ (تمرین ۴-۳)

تمرین۸. نور تکرنگی مطابق شکل از محیط ۱ وارد محیط ۲ می‌شود سرعت نور در محیط ۱ چند برابر سرعت نور در محیط ۲ است؟



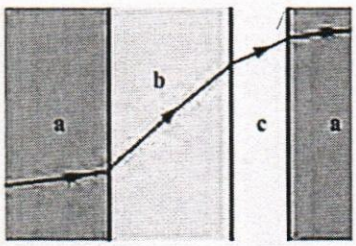
شکست امواج الکترومغناطیسی: امواج الکترومغناطیسی (و از جمله نور مرئی) نیز با گذر از یک محیط به محیطی دیگر که در آن تندی آنها متفاوت می شود، شکست پیدا می کنند.



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.

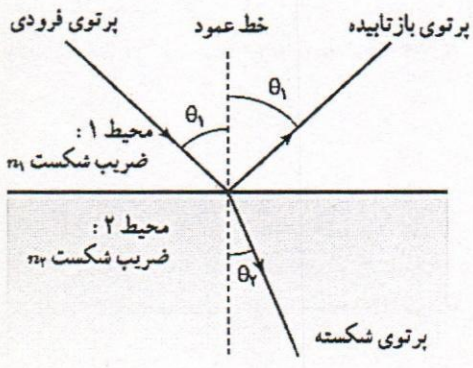
تمرین۹. شکل روبه رو یک پرتوی موج الکترومغناطیسی را نشان می دهد که با عبور از محیط اولیهٔ a، از طریق محیط های b و c به محیط a باز می‌گردد .این محیط‌ها را بر حسب تندی موج در آنها ازبیشترین تا کمترین مرتب کنید. (پرسش۴-۲)



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

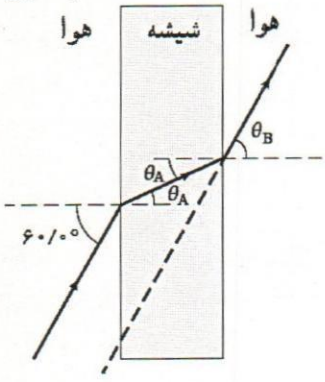
$$n = \frac{\text{تندی نور در خلا}}{\text{تندی نور دریک محیط}} = \frac{c}{v}$$

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



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

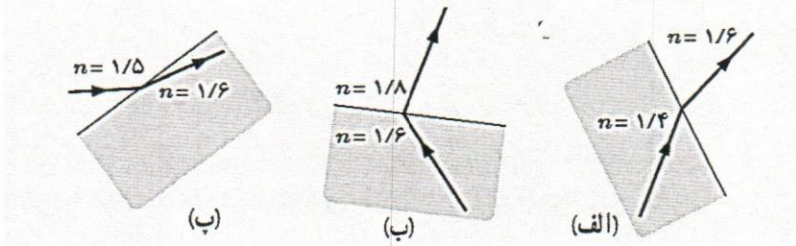
و یا: قانون شکست اسنل $n_1 sin\theta_1 = n_2 sin\theta_2$



تمرین۱۰. 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 $n_2=1/5$) (مثال ۴-۲)

تمرین۱۱. 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 ۴-۴)

تمرین۱۲. کدام یک از سه شکل زیر یک شکست را نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟ (پرسش ۴-۳)



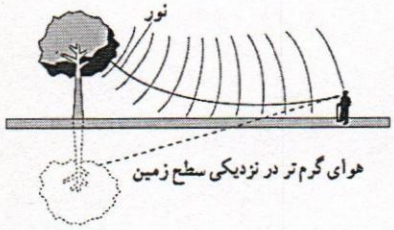
تمرین۱۳. پرتو نوری از هوا وارد محیط شفافی به ضریب شکست $\sqrt{3}$ می‌شود اگر پرتو شکست با خط عمود زاویه ۳۰ درجه بسازد زاویه تابش را مشخص کنید.

تمرین۱۴. 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.

تمرین۱۵. 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)

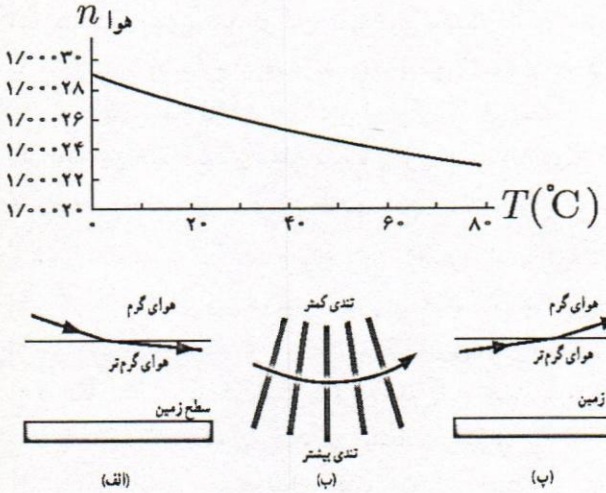
تمرین۱۶. وقتی پرتو نور تک رنگی از هوا وارد محیط شفافی به ضریب شکست n_1 می‌شود از سرعت آن ۲۵ درصد کاسته می‌شود. اگر این پرتو از هوا وارد محیط شفافی به ضریب شکستn_2 شود سرعتش ۸۰ درصد سرعت آن در هوا خواهد شد نسبت n_1 بهn_2 را حساب کنید.

تمرین ۱۷. 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؟

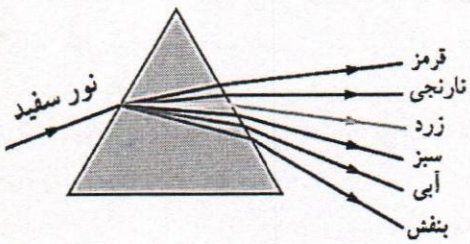


سراب: در روزهای گرم ممکن است برکهٔ آبی را در دوردست ببینید که بر سطح زمین قراردارد، اما وقتی به آن محل می رسید، آنجا را خشک می یابید .به این پدیده **سراب** یا سراب آبگیر می‌گویند.

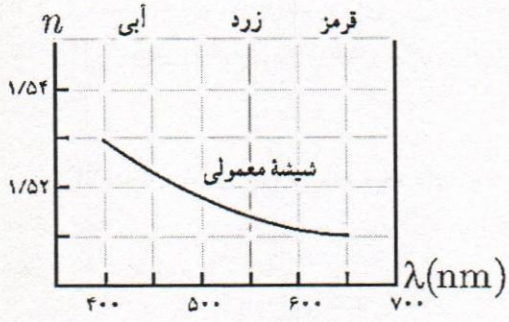
در روزهای گرم هوای سطح زمین نسبتا داغ است. چگالی هوا با افزایش دما کاهش می‌یابد که این سبب کاهش ضریب شکست می شود. با پایین آمدن هر چه بیشتر پرتوهای نظیر جبهه‌های موج، آنها با ضریب شکست‌های کوچک‌تر و کوچک‌تری روبه‌رو می‌شوند و در هرمرحله با دور شدن از خط عمود، بیشتر و بیشتر به سمت افق و در ادامه به سمت 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.

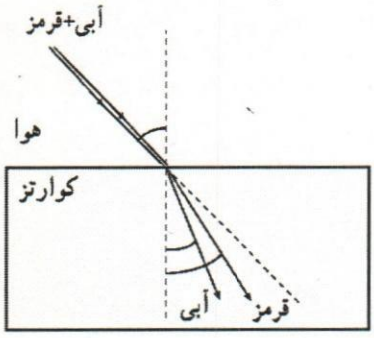


عموماً ضریب شکست یک محیط معیّن برای طول موج های کوتاه تر، بیشتر است. اگر مثلاً دو باریکهٔ نور آبی و قرمز با زاویهٔ تابش یکسانی از هوا وارد شیشه شوند باریکهٔ آبی بیشتر از باریکهٔ قرمز خم می شود.



تمرین ۱۸. کمترین و بیشترین انحراف پرتوهای خروج از منشور مربوط به کدام نورها است؟ چرا؟

تمرین۱۹. 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 $n_{آبی}=1/467$. (تمرین ۴-۴)



بخش اول پرسش ها و مسئله های فصل ۴

۴-۱ بازتاب موج

تمرین۲۰. 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. ..... نمونه ای از برهم کنش امواج با یکدیگر است.

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

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

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

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

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

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

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

K. ..... بخشی از طیف امواج الکترومغناطیسی است.

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

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

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

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

P. 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.

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

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

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

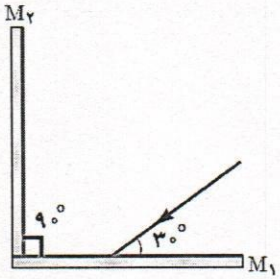
تمرین۲۱. مثالهایی برای کاربرد بازتاب و مثالهایی برای کاربرد شکست امواج در زندگی را نام برید.

تمرین۲۲. 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. (تمرین۱ کتاب)

تمرین۲۳. 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. (تمرین۲ کتاب)

تمرین۲۴. وقتی یک باریکهٔ لیزر را به دیوار کلاس می‌تابانیم، همهٔ دانش آموزان نقطهٔ رنگی ایجاد شده روی دیوار را می‌بینند. دلیل آن چیست؟(تمرین۳ کتاب)

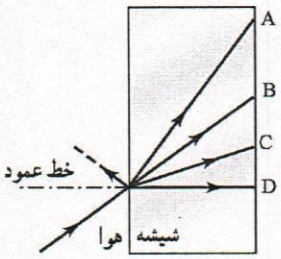
تمرین۲۵. در شکل زیر پرتوهای بازتابیده از آینه های تخت M_1 و M_2 را رسم کنید. (تمرین۴ کتاب)



۴-۲ شکست موج

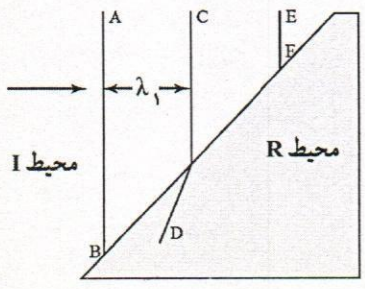
تمرین۲۶. با رسم شکلی از جبهه‌های موج توضیح دهید چگونه جهت انتشار جبهه‌های موج با رسیدن به یک ساحل شیب دار، تغییرمی‌کند. (تمرین۵ کتاب)

تمرین۲۷. شکل زیر پرتویی را نشان می‌دهد که از هوا وارد شیشه شده است. کدام گزینه‌های A تا D می‌تواند پرتوی داخل شیشه را نشان‌دهد؟ (تمرین۶ کتاب)

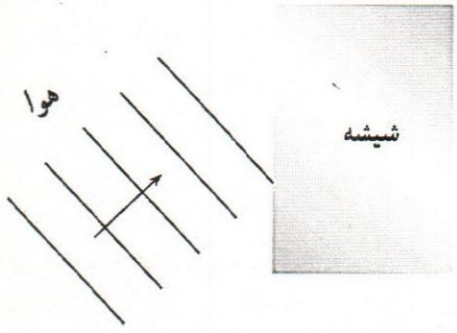


تمرین۲۸. ضریب شکست آب ۱/۳ و ضریب شکست شیشه ۱/۵ است. اگر نوری به طور مایل از آب به مرز شیشه با آب بتابد، با رسم نموداری، جبهه‌های موج را در دو محیط نشان‌دهید. (تمرین۷ کتاب)

تمرین۲۹. 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؟(تمرین۸ کتاب)



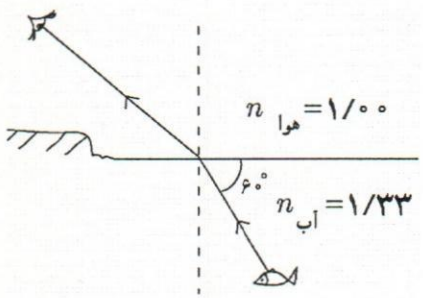
تمرین۳۰. در شکل زیر موج نوری فرودی از هوا وارد شیشه می‌شود. بخشی از موج در سطح جدایی دو محیط بازمی‌تابد و بخشی دیگر شکست می‌یابد و وارد شیشه می‌شود. الف) مشخصه‌های موج بازتابیده و موج شکست یافته را با موج فرودی مقایسه کنید. ب) جبهه‌های موج بازتابیده و شکست یافته را رسم‌کنید. (تمرین۹ کتاب)



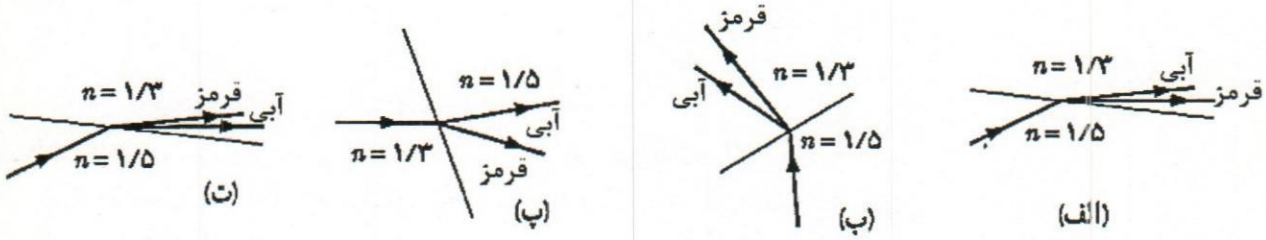
تمرین۳۱. طول موج نور قرمز لیزر هلیم نئون در هوا حدود ۶۳۳nm ولی در زجاجیهٔ چشم ۴۷۴nm است. الف) بسامد این نور چقدر است؟ ب) ضریب شکست زجاجیه برای این نورچقدر است؟ پ) تندی این نور در زجاجیه را محاسبه کنید. (تمرین۱۰ کتاب)

تمرین۳۲. 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. (تمرین۱۱ کتاب)

تمرین۳۳. 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؟(تمرین۱۲ کتاب)



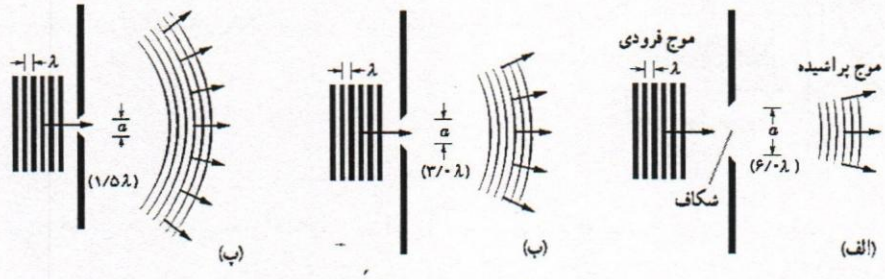
تمرین۳۴. در شکل‌های زیر، پرتوی فرودی که شامل نورهای قرمز و آبی است در سطح مشترک دو ماده شکست پیدا کرده‌اند. کدام شکل، شکستی را نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟(تمرین۱۳ کتاب)



تمرین۳۵. 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؟(تمرین۱۴ کتاب)

۴ -۳ پراش موج

در صورتی که ابعاد مانع یا شکاف در حدود طول موج باشد، بخشی از موج که از لبه‌ها یا شکاف ها عبور می‌کند، به وضوح به اطراف مانع یا شکاف گسترده می‌شود. به این پدیده که موج در عبور از یک شکاف با پهنایی از مرتبهٔ طول موج، به اطراف گسترده می‌شود، **پراش** می‌گویند. پراش برای همهٔ انواع موج اتفاق می‌افتد. اگر پراش نوری تکفام از یک شکاف باریک یا لبه‌ای تیز را روی یک پرده ملاحظه کنیم، همواره نوارهای تاریک و روشنی موسوم به **نقش پراش** را موازی با لبه های شکاف مشاهده می‌کنیم.



هرچه پهنای شکاف کوچک‌تر شده، پراش بارزتر شده است.

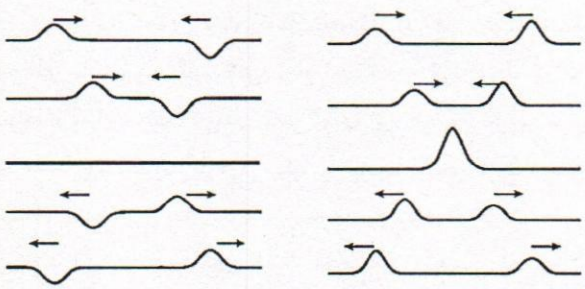
تمرین۳۶. در تلویزیون‌های متداول، سیگنال‌ها از آنتن‌های روی دکل‌ها به گیرنده‌های تلویزیون فرستاده می‌شود. حتی وقتی گیرنده به دلیل وجود یک تپه یا ساختمان در معرض ارسال مستقیم امواج یک آنتن نباشد، همچنان سیگنال را به دلیل پراش امواج از لبه‌های مانع دریافت خواهد کرد (اگر سیگنال در اطراف آن مانع به حد کافی به داخل ((ناحیه سایه)) مانع پراشیده شود.) سابق بر این، طول موج سیگنال‌های تلویزیونی در حدود ۵۰cm بود، ولی طول موج سیگنال‌های تلویزیونی دیجیتالی که امروزه از آنتن‌ها فرستاده می‌شود بسیار کمتر است. آیا این تغییر طول موج، پراش سیگنال‌ها به داخل ناحیهٔ سایه را افزایش می‌دهد یا کاهش؟ (پرسش۴-۴)

۴-۴ تداخل امواج

اصل برهم نهی امواج : وقتی چندین موج به طور هم زمان بر ناحیه‌ای از فضا تأثیر بگذارند، اثر خالص آنها برابرمجموع اثرهای مجزای هر یک از آنها است.

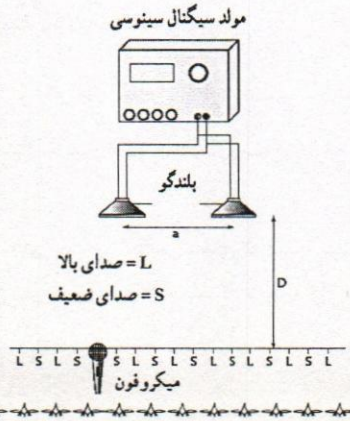
به ترکیب موج‌ها با یکدیگر، **تداخل** می‌گویند. به بیان دیگر تداخل، ترکیب دو یا چند موج است که هم زمان از یک منطقه عبور می‌کنند.

اگر تپ‌ها هنگام همپوشانی تپ بزرگ‌تری را ایجاد کنند به آن **تداخل سازنده** می‌گویند، و اگر تپ‌ها هنگام همپوشانی اثر یکدیگر را حذف کنند به آن **تداخل ویرانگر** می‌گویند.



تداخل سازنده دوتپ پیش‌رونده — تداخل ویرانگر دوتپ پیش‌رونده

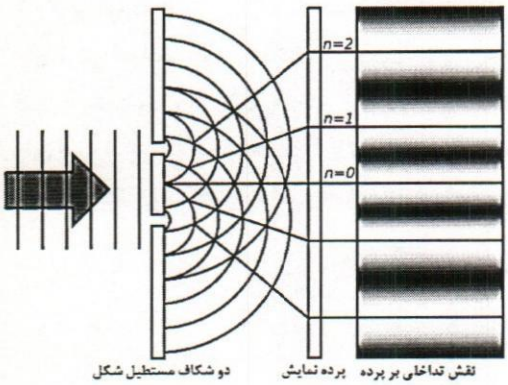
تداخل امواج سطحی آب: دو دسته موج دایره‌ای در سطح آب وقتی به هم می‌رسند، در برخی نقاط همدیگر را تقویت می‌کنند و تداخل سازنده انجام می‌دهند و در برخی نقاط همدیگر را تضعیف می‌کنند و تداخل ویرانگر انجام می‌دهند. به این ترتیب، در برخی نواحی روی سطح آب دامنهٔ موج برایند بیشینه و در برخی ناحیه ها، کمینه است. چنین نقش متناوب یک درمیانی از بیشینه ها و کمینه ها را نقش تداخلی امواج سطحی آب می‌نامیم.



تداخل امواج صوتی: امواج صوتی نیز می‌توانند تداخل کنند. دو بلندگو که به یک مولدّ سیگنال الکتریکی متصل‌اند امواج سینوسی هم بسامدی را در فضا منتشر می‌کنند. با حرکت دادن

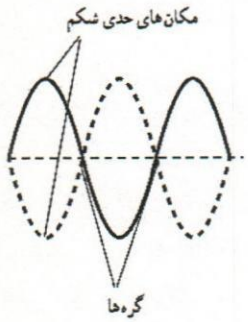
میکروفون در امتداد خط فرضی نشان داده شده در شکل که در فاصلهٔ مناسبی از بلندگوها قرار دارد درمی‌یابیم که بلندی صدا به طور متناوب کم و زیاد می‌شود. علت این پدیده براساس تداخل‌های سازنده و ویرانگر امواج صوتی توضیح داده می‌شود.

تداخل امواج نوری: توماس یانگ طور تجربی ثابت کرد نور یک موج است. زیرا نور نیز مانند موج‌های سطحی آب، موج‌های صوتی و همهٔ انواع موج های دیگر تداخل می‌کند.



آزمایش یانگ: نور حاصل از یک چشمهٔ تکفام بر تک شکافی می‌تابد و دو شکاف S_1 و S_2 را روشن می‌کند. موج‌های حاصل از پراش نور توسط این دو شکاف با یکدیگر تداخل می‌کنند. روی پرده، نقطه‌های با تداخل سازنده، نوارها یا فریزهای روشن را تشکیل می‌دهند و نقطه‌های با تداخل ویرانگر نوارها یا فریزهای تاریک را تشکیل می‌دهند. نوارهای روشن و تاریک روی پرده که ناشی از تداخل های سازنده و ویرانگرند، **نقش تداخلی** خوانده می‌شود. با استفاده از آزمایش یانگ می‌توان طول موج نور به کار رفته درآزمایش را تعیین کرد.

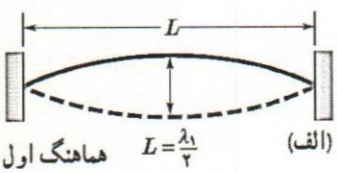
تمرین۳۷. بابیان آزمایشی چگونگی مشاهده‌ی نقش تداخلی نور لیزر را شرح دهید. (فعالیت ۴-۵)

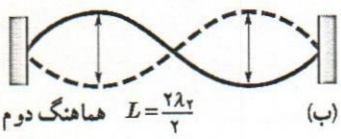


موج ایستاده و تشدید در ریسمان کشیده: ریسمانی را تصور کنید که در یک انتها ثابت شده است و انتهای دیگر آن به نوسان درمی‌آید. وقتی موج بازتابیده از انتهای ثابت با موج تابیده ترکیب شوند موجی برایند ایجاد می‌کنند که شکل آن از اصل برهم نهی حاصل می‌شود. مکان‌هایی در طول ریسمان که در اثر تداخل ویرانگر ساکن هستند، **گره** نامیده می‌شوند و مکانهایی که دامنهٔ موج برایند دراثر تداخل سازنده بیشینه است، را **شکم** می‌گویند. نقش موج برایند را در این حالت، **موج ایستاده** می‌گویند.

فاصلهٔ گره‌های مجاور از هم برابر با نصف طول موج ($\lambda/2$) و بنابراین فاصلهٔ گره‌ها از شکم های مجاور برابر با ربع طول موج ($\lambda/4$) است.

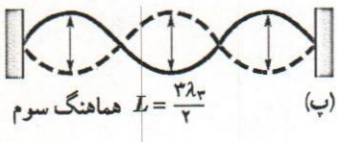
همیشه موج‌های تابیده و بازتابیده در محل گره‌ها یکدیگر را حذف می‌کنند (تداخل ویرانگر) این دو موج در این نقطه‌ها (گره‌ها) **کاملاً ناهم‌فاز** (در فاز مخالف)اند. اما در مکان هر یک از شکم‌ها وضعیت موج‌های تابیده و بازتابیده در تمام لحظات به گونه‌ای است که همدیگر را تقویت می‌کنند (تداخل سازنده). در این حالت اصطلاحاً می‌گوییم این دو موج در این نقاط **هم‌فاز**ند.





بسامدهای تشدید تار: در یک تارکشیده شده، دربسامدهای معیّنی، تداخل موجب ایجاد موج ایستادهٔ مشخص یاً یک مُدِ نوسان در تار می‌شود. این بسامدهای معیّن **بسامدهای تشدیدی** خوانده می‌شوند. اگر تار در بسامدی غیر از بسامدهای تشدیدی نوسان کند موج ایستادهٔ بارزی ایجاد نمی‌شود.

(طول موج های تشدیدی تار) $L = n\left(\frac{\lambda_n}{2}\right) \xrightarrow{n=1,2,3,....} \lambda_n = \frac{2L}{n}$



(بسامدهای تشدیدی تار) $f_n = \frac{v}{\lambda_n} = \frac{nv}{2L}$ n=۱،۲،۳ ،....

اگر بجای v رابطه‌آن را قرار دهیم: $f_n = \frac{nv}{2L} = \frac{n}{2L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$

اختلاف بسامد دو هماهنگ متوالی برابر با بسامد هماهنگ اصلی است:

$$f_n = nf_1 \quad , \quad f_{(n+1)} = (n+1)f_1 \quad \Rightarrow \quad \Delta f = f_1$$

مدهای نوسان را با بسامدهای تشدیدی مشخص می‌کنند. پایین‌ترین بسامد را که مربوط به n=۱ است، بسامد اصلی و مد مربوط به آن را مد اصلی یا هماهنگ اول می‌گویند. بسامد هماهنگ دوم به ازای n=۲ بسامد هماهنگ سوم به ازای n=۳ و ... به دست می‌آید. به n **عدد هماهنگ** گفته می‌شود.

تمرین۳۸. طول یکی از تارهای پیانویی ۰/۷۵m و جرم آن ۱۰/۰g است. اگر بسامد اصلی این تار ۱۶۰Hz باشد، الف) تندی انتشار موج عرضی در تار چقدر است؟ ب) این تار تحت چه کششی قرار دارد؟ پ) بسامدهای چهار هماهنگ نخست این تار چقدر است؟ (مثال ۴-۳)

تمرین۳۹. سنگین‌ترین تار یک گیتار الکتریکی دارای چگالی خطی جرمی $5/28\times10^{-3}kg/m$ است و تحت کشش ۲۲۶N قرار دارد. این تار در هنگام ارتعاش، نتی با بسامد ۱۶۴/۸Hz ایجاد می‌کند که بسامد اصلی تار است. الف) طول تار را به دست‌آورید. ب) پس از مدتی که یک نوازنده، این گیتار را می‌نوازد، در نتیجهٔ گرم شدن و شُل شدنِ تارها، نیروی کشش تار مورد نظر ۲۰۹N می‌رسد. در این حالت بسامد اصلی این تار چقدر شده‌است؟ (تمرین ۴-۵)

تمرین۴۰. الف) چرا با سفت کردن سیم گیتار، بسامدی که هنگام نواختن می شنوید زیاد می شود؟ ب) چرا نوازندگان گیتار پیش از نواختن روی صحنهٔ نمایش، گیتار را به حد کافی می نوازند و سپس آن را مجدداً کوک میکنند؟(پرسش ۴-۵)

تمرین۴۱. (تجربی ۹۰) تاری به طول ۶۰ سانتی‌متر بین دو نقطه محکم بسته شده است. اگر این تار چنان به ارتعاش درآید که هماهنگ سوم خود را تولید کند، در طول آن چند گره تشکیل می‌شود و فاصله‌ی بین دو گره‌ی متوالی چند سانتی‌متر است؟

۱) ۴ و ۱۵ ۲) ۳ و ۲۰ ۳) ۴ و ۲۰ ۴) ۳ و ۳۰

تمرین۴۲. (ریاضی ۹۲) طول یک تار مرتعش دو انتها بسته ۴۰cm و بسامد صوت اصلی آن ۱۵۰ Hz است. اگر جرم هر سانتی‌متر تار ۲۰میلی‌گرم باشد، کشش تار چند نیوتن است؟

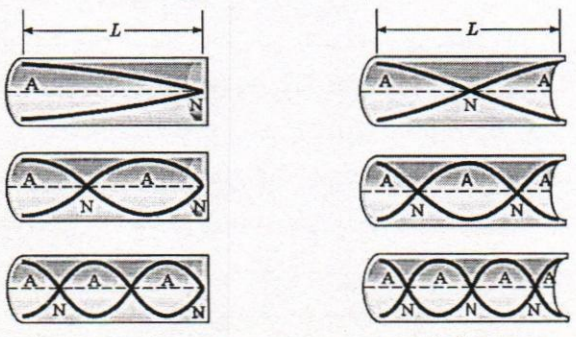
۱) ۱۴/۴ ۲) ۲۸/۸ ۳) ۱۴۴ ۴) ۲۸۸

تمرین۴۳. (۹۳ریاضی) چگالی یک تار مرتعش که از دو طرف بسته شده است، ۴ گرم بر سانتی مکعب و قطر آن یک میلی‌متر و طول آن ۴۰cm است. اگر تار با نیروی ۳۰N کشیده شود، بسامد صوت اصلی آن چند هرتز است؟ ($\pi=3$)

۱) ۱۲۵ ۲) ۲۵۰ ۳) ۳۷۵ ۴) ۵۰۰

موج ایستاده و تشدید در لوله های صوتی: وقتی موج های صوتی درهوای درون لوله حرکت می کنند، از هر انتها بازمی تابند و به درون لوله بازمی گردند، حتی اگر آن انتها باز باشد. اگر طول لوله مضرب های معیّنی از طول موجِ موج صوتی باشد، برهم نهی موج های پیش رونده در جهت های مخالف، نقش موج ایستادهٔ بارزی را در لوله ایجاد می‌کند. مانند تار در لوله‌های صوتی هم فاصلهٔ گره‌های مجاور از هم برابر با نصف طول موج ($\lambda/2$) و بنابراین فاصلهٔ گره‌ها از شکم های مجاور برابر با ربع طول موج ($\lambda/4$) است.

(شکم‌ها با A و گره‌ها با N مشخص شده‌اند.)



سه مد نخستین یک لولهٔ صوتی با دو انتهای باز

سه مد نخستین یک لولهٔ صوتی با یک انتهای باز

تمرین۴۴. چرا وقتی آب را به درون ظرفی با دیواره های قائم مثل لیوان یا پارچ می‌ریزید، بسامد صدایی که می‌شنوید افزایش می‌یابد، یعنی صدای زیرتر و زیرتری را می‌شنوید؟(پرسش ۴-۶)

تشدید در بطری و تشدیدگر هلمهولتز:



یک بطری مانند یک لولهٔ صوتی با یک انتهای باز است که بسامدهای تشدیدی معیّنی دارد. وقتی در دهانهٔ یک بطری می‌دمیم گستره وسیعی از بسامدها ایجاد می‌شود. حال اگر یکی از این بسامدها با یکی از بسامدهای تشدیدی بطری منطبق باشد، یک موج صوتی قوی ایجاد می‌شود. تشدیدگرهای هلمهولتز نیز همانند لوله‌های صوتی بسامدهای تشدیدی معیّنی دارند و هرگاه بسامد یک صوت برابر با یکی از بسامدهای تشدیدی آنها باشد، تشدیدگر پاسخ قوی‌تری به این صوت می دهد.

تمرین۴۵. با دمیدن در بطری‌های یکسان با سطوح مایع مختلف می‌توان آهنگی با بسامدهای متفاوت ایجاد کرد. دلیل آن چیست؟(پرسش ۴-۷)

اجاق های میکروموج (مایکروفر) بر اساس تداخل امواج الکترومغناطیسی و تشکیل امواج ایستاده کار می‌کنند. بسامد امواج ایستادهٔ ایجاد شده در این اجاق‌ها ۲/۴۵۰GHz و طول موج آنها حدود ۱۲cmاست. میکروموج‌های بازتابیده از دیواره‌های فلزی اجاق با برهم نهی با موج‌های تابیده، موج‌های ایستاده‌ای را در داخل محفظهٔ اجاق ایجاد می‌کنند که از گره‌ها و شکم‌ها تشکیل شده‌اند. در محل شکم نوسان مولکولهای آب بیشینه و غذا گرم می‌شود در حالی که در محل گره نوسانی وجود ندارد و سرد باقی می‌ماند.

بخش دوم پرسش ها و مسئله های فصل ۴

۴-۳ پراش موج

تمرین۴۶. در جای خالی کلمات مناسب بگذارید

A. موج در عبور از یک شکاف با پهنایی از مرتبهٔ طول موج، به اطراف گسترده می‌شود، به این پدیده ..... می‌گویند.

B. در صورتی که ابعاد مانع یا شکاف در حدود ..... باشد، پراش اتفاق می‌افتد.

C. ..... یعنی وقتی چندین موج به طور هم زمان بر ناحیه‌ای از فضا تأثیر بگذارند، اثر خالص آنها برابرمجموع اثرهای مجزای هر یک از آنها است.

D. ..... ، ترکیب دو یا چند موج است که هم زمان از یک منطقه عبور می‌کنند.

E. اگر تپ‌ها هنگام همپوشانی تپ بزرگ‌تری را ایجاد کنند به آن ..... می‌گویند، و اگر تپ‌ها هنگام همپوشانی اثر یکدیگر را حذف کنند به آن ..... می‌گویند.

F. نور یک موج است، زیرا نور نیز مانند موج‌های سطحی آب، موج‌های صوتی و همهٔ انواع موج های دیگر..... می‌کند.

G. نوارهای روشن و تاریک روی پرده که ناشی از تداخل های سازنده و ویرانگرند، ..... خوانده می‌شود.

H. با استفاده از ..... می‌توان طول موج نور به کار رفته درآزمایش را تعیین کرد.

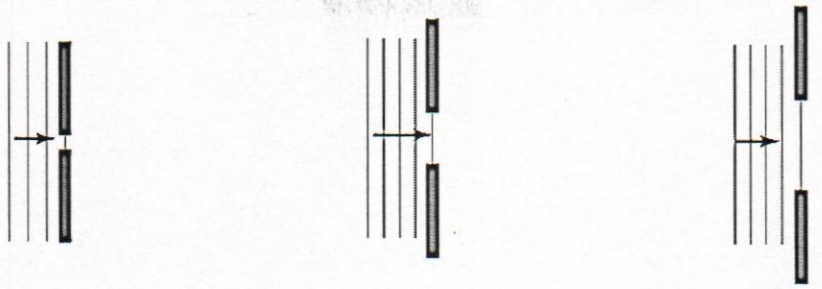
I. مکان‌هایی در طول ریسمان که در اثر تداخل ویرانگر ساکن هستند، ..... نامیده می‌شوند

J. مکانهایی که دامنهٔ موج برایند دراثر تداخل سازنده بیشینه است، را ..... می‌گویند.

K. فاصلهٔ گره‌های مجاور از هم برابر با ..... و بنابراین فاصلهٔ گره‌ها از شکم های مجاور برابر با ..... است.

L. همیشه موج‌های تابیده و بازتابیده در محل گره‌ها ..... و درمحل شکم‌ها ..... هستند.

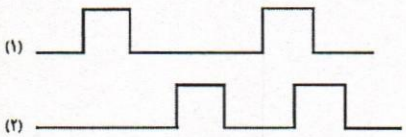
تمرین۴۷. در یک تشت موج، مطابق شکل زیر، موج تختی ایجاد شده‌است. توضیح دهید با باریک کردن شکاف‌ها چه شکلی برای جبهه‌های موج خروجی از آنها حاصل می‌شود. (تمرین۱۵ کتاب)



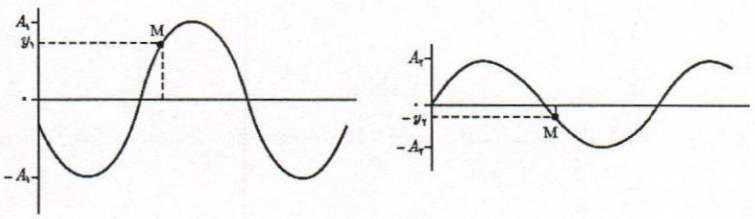
تمرین۴۸. گوشی‌های همراه با امواج رادیویی با بسامد حدود ۲GHz کار می‌کنند. توضیح دهید این امواج تحت چه شرایطی از موانع پراشیده می‌شوند و به منطقهٔ سایهٔ مانع می‌رسند. (تمرین۱۶ کتاب)

۴-۴ تداخل امواج

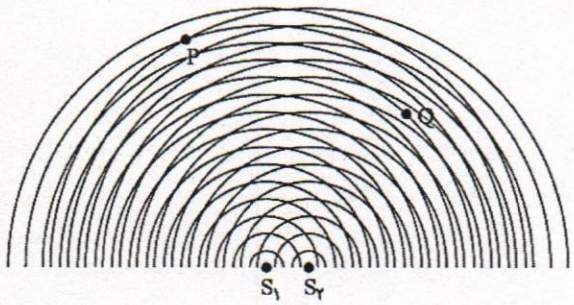
تمرین۴۹. در شکل‌های زیر، وقتی موج ۱ بر موج ۲ برهم نهاده شود شکل موج برهم نهاده را رسم کنید. (تمرین۱۷ کتاب)



تمرین۵۰. شکل‌های زیر/نمودار جابه‌جایی- مکان دو موج را در لحظهٔ معیّنی نشان می‌دهد. جابه جایی برایند نقطهٔ M در این لحظه چقدراست؟ (تمرین۱۸ کتاب)



تمرین۵۱. دو چشمهٔ نقطه‌ای S_1 و S_2 به طور هم زمان، با بسامد یکسان، و همگام با یکدیگر در یک تشت موج نوسان می‌کنند و جبهه‌های موجی را مطابق شکل زیر به وجود می‌آورند. توضیح دهید دامنهٔ موج برایند در نقطه های P و Q چگونه است؟(تمرین۱۹ کتاب)



تمرین۵۲. در آزمایش تداخل صوتی فاصلهٔ بین هرنقطهٔ با صدای بالا (L) تا نقطهٔ با صدای ضعیف (S) مجاورش، متناسب با طول موجِ موج صوتی به کار رفته در این آزمایش است. برای آنکه این آزمایش به سادگی انجام پذیر باشد باید فاصلهٔ نقطه های L و S مجاور نه خیلی زیاد، و نه خیلی

کم باشد. الف) بسامد صوت گسیل شده از بلندگوها را چگونه تغییر دهیم تا نقطه های L و S مجاور به هم نزدیک شوند؟ ب) بسامد صوت گسیل شده از بلندگوها را چگونه تغییر دهیم تا نقطه های L و S مجاور از هم دور شوند؟(تمرین۲۰ کتاب)

تمرین۵۳. در آزمایش یانگ، الف) اگر آزمایش را به جای نور تکفام سبز با نور تکفام قرمز انجام دهیم پهنای هر نوار تاریک یا روشن چه تغییری می‌کند؟ ب) اگر آزمایش را به جای آنکه در هوا انجام دهیم، در آب انجام دهیم، پهنای هر نوار تاریک یا روشن چه تغییری می‌کند؟(تمرین۲۱ کتاب)



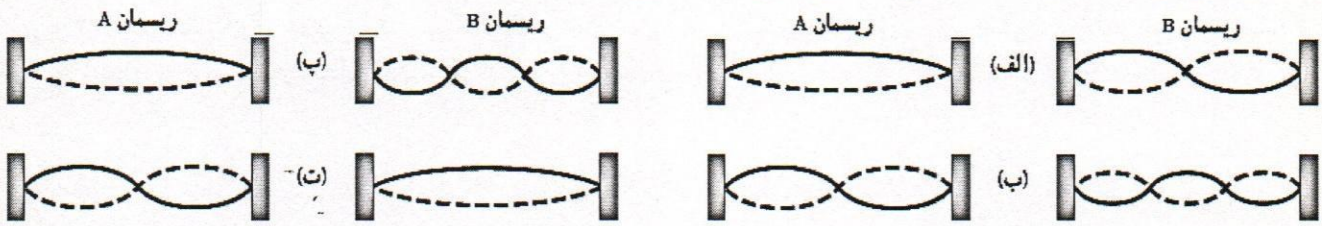
تمرین۵۴. تاری که بین دو تکیه گاه محکم شده است در هماهنگ اول خود با بسامد f به نوسان درمی‌آید. شکل روبرو جابه جایی تار در t=۰ را نشان می‌دهد. الف) جابه جایی تار را در $t = \frac{1}{4f}$ و $t = \frac{1}{2f}$ رسم کنید. ب) فاصلهٔ بین تکیه گاه ها ۱/۰m است .اگر تندی موج عرضی درتار۲۴۰m/s باشد، بسامد نوسان تار چقدر می شود؟(تمرین۲۲ کتاب)

تمرین۵۵. تار ویولنی که طول آن ۱۵cm است و در دو انتها بسته شده‌است، در مُد n=۱ خود نوسان می‌کند. تندی موج عرضی در این تار۲۵۰m/s و تندی صوت در هوا ۳۴۸m/s است. الف) بسامد و ب) طول موجِ امواج صوتی گسیل شده از تار چقدراست؟(تمرین۲۳ کتاب)

تمرین۵۶. اگر بسامد اصلی یک تار ویولن به جرم ۸۰۰mg و طول ۲۲/۰cm برابر ۹۲۰Hz باشد، الف) تندی موج عرضی در این تار را به دست آورید. ب) کشش تار چقدر است؟ پ) برای بسامد اصلی، طول موجِ موج عرضی در تار و طول موجِ امواج صوتی گسیل شده توسط تار چقدر است؟ تندی صوت در هوا را ۳۴۰m/s بگیرید. (تمرین۲۴ کتاب)

تمرین۵۷. تار ویولنی به طول ۳۰/۰cm و چگالی خطی جرمی ۰/۶۵۰g/m در نزدیکی بلندگویی قرار داده شده‌است که توسط یک نوسان ساز صوتی با بسامد متغیر به کار می‌افتد. معلوم شده‌است وقتی بسامد نوسان ساز در گسترهٔ ۵۰۰-۱۵۰۰Hz تغییر می‌کند تار فقط هنگامی به نوسان در می‌آید که بسامد آن ۸۸۰Hz و ۱۳۲۰Hz باشد. الف) چه پدیده‌ای سبب به نوسان درآمدن تار شده است؟ ب) بسامد اصلی تار چقدر است؟ پ) کشش تار چقدر است؟(تمرین۲۵ کتاب)

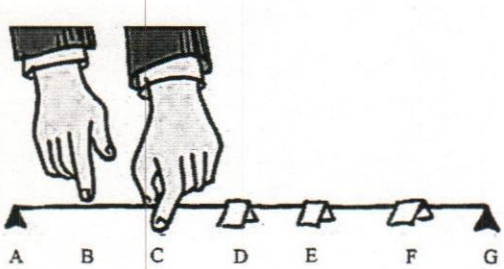
تمرین۵۸. ریسمان‌های A و B، طول و چگالی خطی جرمی یکسانی دارند، ولی ریسمان B تحت کشش بیشتری نسبت به ریسمان A قرار دارد. شکل زیر چهار وضعیت (الف) تا (ت) را نشان می‌دهد که در آنها نقش‌های موج ایستاده در دو ریسمان وجود دارند. در کدام وضعیت‌ها، احتمال دارد که ریسمان‌های A و B در بسامد تشدیدی یکسانی نوسان کنند؟(تمرین۲۶ کتاب)



تمرین۵۹. در یک تار دو سر بسته، یکی از بسامدهای تشدیدی ۳۲۵ Hz و بسامد تشدیدی بعدی ۳۹۰Hz است. بسامد تشدیدی پس از ۱۹۵Hz این تار چیست؟ (تمرین۲۷ کتاب)

تمرین۶۰. رشته‌ای از بسامدهای تشدیدی یک تار با دو انتهای بسته عبارت‌اند از: ۵۰Hz، ۲۲۵Hz، ۳۰۰Hz، ۳۷۵Hz. در این رشته یک بسامد (کمتر از ۴۰۰Hz) جا افتاده‌است. الف) این بسامد کدام است؟ ب) بسامد هماهنگ هفتم چقدر است؟(تمرین۲۸ کتاب)

تمرین۶۱. در شکل نشان داده شده، نقاط A، B، C، D، E، F و G در فاصله‌های یکسانی از هم قرار دارند. تار را در نقطهٔ C به آرامی می‌گیریم، طوری که نوسان‌های بخشی از تار که سمت چپ نقطهٔ C است، بتواند به سمت راست این نقطه منتقل شود. اکنون تار را در نقطهٔ B می‌نوازیم. بدین ترتیب موج ایستاده‌ای در طول تار تشکیل می‌شود، به طوری که در نقطه‌های A و C گره و در نقطهٔ B شکم آن قرار دارد. به گمان شما برای کاغذهای تاشده‌ای که در نقاط D،E و F قرار دارند، چه رخ می‌دهد؟(تمرین۲۹ کتاب)



تمرین۶۲. وقتی گالن آبی را خالی می‌کنیم، با خالی شدن آب صدای گلوپ گلوپی را می‌شنویم. موقع خالی شدن گالن بسامد این صدا کمتر می‌شود (صدای بَم تر) یا بیشتر (صدای زیرتر)؟ چرا؟(تمرین۳۰ کتاب)

تمرین۶۳. در گذشته برای آگاه کردن کشتی‌ها از خطر صخره‌ها، درصدف‌های حلزونی می‌دمیدند. امروزه بیشتر برای جشن‌ها و شادی‌ها در آنها می‌دمند. چگونه این صدف‌ها می‌توانند چنین صدایی ایجاد کنند؟(تمرین۳۱ کتاب)

پاسخ جاگذاری کلمات سری اول

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

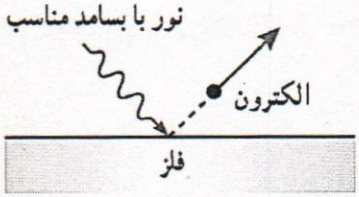
پاسخ جاگذاری کلمات سری دوم

پراش- طول موج - اصل برهم نهی امواج- تداخل- تداخل سازنده- تداخل ویرانگر- تداخل- نقش تداخلی - آزمایش یانگ- گره- شکم- نصف طول موج ($\lambda/2$)- ربع طول موج ($\lambda/4$) - کاملاً ناهم‌فاز (در فاز مخالف) - هم‌فاز(در فاز موافق)

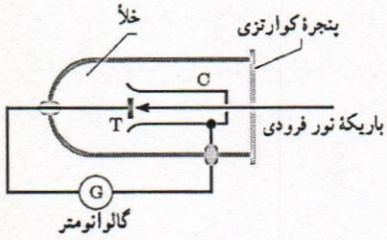
فصل پنجم: آشنایی با فیزیک اتمی

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:

$$E = hf \quad \Rightarrow^{\text{یا}} \quad E = \frac{hc}{\lambda}$$

در این رابطه h **ثابت پلانک** نامیده می شود و به طور تجربی معلوم شده است که مقدار آن $h = ۶/۶۳\times۱۰^{-۳۴}\,J.s$ 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.

$$۱eV = ۱/۶\times۱۰^{-۱۹}J$$

❖ ثابت پلانک برحسب eV.s برابر است با $h = ۴\times۱۰^{-۱۵}eV.s$

❖ کمیت hc در بسیاری از محاسبه‌های این فصل لازم است. با جاگذاری مقادیر آن داریم:

$$hc = 6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8} = 19.9\times10^{-26}J.m$$

اگر h را برحسب eV. s و سرعت نور را برحسب nm برثانیه بنویسیم داریم: $hc = 1240eV.nm$ *(بهتر است حفظ شود.)*

تفسیرِ کوانتومیِ پدیده‌ی فوتوالکتریک (نظریه‌ی اینشتین): هنگامی که نور به سطحِ فلز می‌تابد، یک فوتون با انرژیِ hf، به طورِ کامل توسطِ فقط یک الکترون جذب شده و انرژیِ خود را به الکترون می‌دهد، بخشی از انرژی صرف کندن الکترون شده (W) و باقی مانده صرف انرژی جنبشیِ فوتوالکترونِ گسیل شده از سطحِ فلز می‌شود.(K)

$hf = W + K$ قانون پایستگی انرژی در اثر فوتو الکتریک

W کار(انرژی) لازم برای خارج کردن الکترون‌ها از سطح یک فلز و K انرژی جنبشی آنها پس از جدا شدن از سطح آن فلز است. انرژی جنبشی سریع‌ترین فوتوالکترون‌های گسیل شده از آن برابر خواهد بود با:

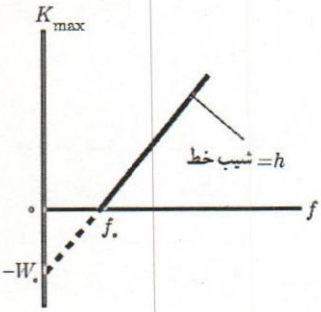
$K_{max} = hf - W_o$ (معادلهٔ فوتو الکتریک)

W_0 را **تابع کار فلز** می‌نامند که به جنس فلز بستگی دارد و کمینه کار لازم برای خارج کردن یک الکترون از یک فلز معیّن است.

بسامد قطع f_o (طول موج قطع λ_o): کمترین بسامدی (بلندترین طول موج) که می‌تواند اثر فتوالکتریک را ایجاد کند. در این بسامد (طول موج) انرژیِ فوتون درست به اندازه‌ای است که بتواند فوتوالکترون را از جا بکَند و اضافه بر این چیزی نمی‌ماند که به شکلِ انرژیِ جنبشی ظاهر شود. **اگر f کم‌تر از f_o باشد** (**بزرگ تر از** λ_0)تک تکِ فوتون ها، انرژیِ کافی برایِ کَندنِ فوتوالکترون نخواهند داشت و هیچ فرقی هم نمی‌کند که تعدادِ آن ها چقدر باشد، یعنی هیچ فرقی نمی کند که تابشِ نور چقدر شدید باشد.

$$K_{\max} = 0 \quad \Rightarrow \quad hf_o = W_o \quad \Rightarrow \quad f_o = \frac{W_o}{h} \quad \Rightarrow \quad \lambda_o = \frac{hc}{W_o}$$

نمودار بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون ها بر حسب بسامد نور فرودی به صورت شکل روبروست. وقتی بسامد نور فرودی بزرگ تر از f_0 یا مساوی با آن باشد فوتون ها می توانند الکترون ها را از فلز خارج کنند.

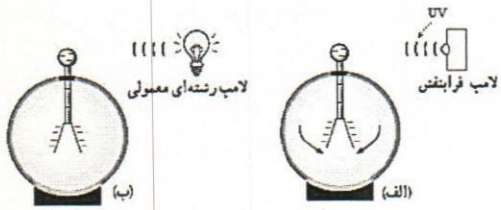


در **بسامد آستانه** الکترون بدون هیچ انرژیِ جنبشی‌ای در آستانهٔ ترک فلز است.

(بسامد آستانهٔ فوتو الکترون ها) $f_o = \frac{W_o}{h}$ (طول موج قطع) $\lambda_o = \frac{hc}{W_o}$

شکست مدل موج الکترومغناطیسی در توضیح برخی پدیده‌ها مانند اثر فوتوالکتریک به این معنی نیست که مدل موجی نور باید کنار گذاشته شود. ولی، باید متوجه باشیم که مدل موجی، تمام ویژگی های نور را دربرندارد و به همین دلیل قادر نیست توجیه درستی از تمامی پدیده‌های فیزیکی مرتبط با برهم کنش نور با ماده را ارائه کند.

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. تابشی با بسامد معیّن باعث می شود تا فوتوالکترون هایی سطح فلز ۱ را ترک کنند، ولی ازسطح فلز۲ خارج نشوند. انرژی فوتون های فرودی را با تابع کار فلزها مقایسه کنید. (پرسش ۵-۱)

تمرین۳. یک چشمهٔ نور مرئی با توان ۱۰۰W ، فوتون هایی با طول موج λ=۵۵۰nm 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 ۵-۱)

تمرین۴. الف) تابع کار طلا برابر $5/20eV$ است. بسامد کمینهٔ نور برای خارج کردن الکترون‌ها از سطح این فلز را پیدا کنید. ب) طول موج آستانه (طول موج متناظر با بسامد آستانه f_o) را به دست آورید. (مثال ۵-۲)

تمرین۵. نوری با طول موج ۲۴۰nm به سطحی از جنس تنگستن با تابع کار ۴/۵۲eV می‌تابد. الف) بسامد نور فرودی و بسامد آستانه را برای تنگستن پیدا کنید. ب) بیشینهٔ تندی فوتوالکترون های خارج شده از تنگستن را حساب کنید. (جرم الکترون را $9/11\times10^{-31}kg$ بگیرید). (مثال ۵-۳)

تمرین۶. طول موج آستانه برای اثر فوتوالکتریک در یک فلز معیّن برابر ۲۵۴nm است. الف) تابع کار این فلز برحسب الکترون ولت چقدر است؟ ب) توضیح دهید که آیا اثر فوتوالکتریک به ازای طول موج های کوچک تر، مساوی یا بزرگ تر از۲۵۴nm مشاهده خواهد شد. (تمرین ۵-۱)

تمرین۷. در پدیدهٔ فوتوالکتریک برای فلز روی، الف) بلندترین طول موجی را پیدا کنید که سبب گسیل فوتوالکترون ها می‌شود. ب) وقتی نوری با طول موج ۲۲۰nm با سطح این فلز برهم کنش کند، بیشینهٔ تندی فوتوالکترون ها چقدر است؟ (تمرین ۵-۲)

پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۵ (بخش اول)

۵-۱ اثر فوتوالکتریک و فوتون

تمرین۸. 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.

I. ..... کمترین بسامدی است که می‌تواند اثر فتوالکتریک را ایجاد کند.

J. ..... کمینه کار لازم برای خارج کردن یک الکترون از یک فلز معیّن است.

تمرین۹. 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)

تمرین۱۰. 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)

تمرین۱۱. 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)

تمرین۱۲. 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 $300 W/m^2$ باشد، در هر ثانیه چند فوتون به هر متر مربع از سطح زمین می‌رسد؟ طول موج متوسط فوتون‌ها را ۵۷۰nm فرض کنید. (۴کتاب)

تمرین۱۳. 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؟ پ) معادلهٔ مربوط به اثر فوتوالکتریک به صورت $K_{max}=hf-W_o$ بیان می شود. سه بخش این معادله را به طور جداگانه توضیح دهید. (۵کتاب)

تمرین۱۴. 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)

تمرین۱۵. حداقل انرژی لازم برای جدا کردن یک الکترون از سطح فلزسدیم برابر ۲/۲۸eV است. الف) طول موج آستانه برای گسیل فوتوالکترون از سطح فلز سدیم چقدر است و با مراجعه به شکل۵-۶ معلوم کنید این طول موج مربوط به چه رنگی است؟ ب) آیا فوتون هایی با طول موج ۶۸۰nm قادر به جدا کردن الکترون از سطح این فلز هستند؟(۷کتاب)

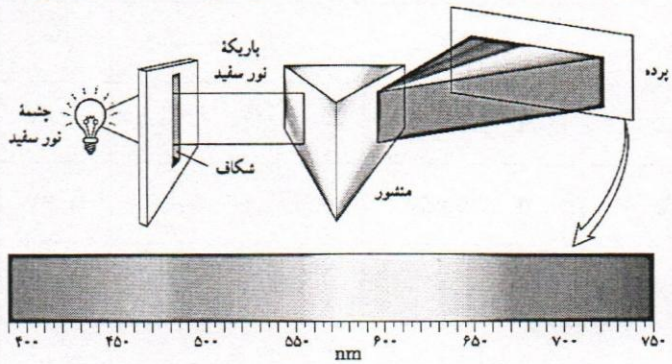
تمرین۱۶. تابش فرابنفشی با طول موج ۲۰۰nm بر سطح تیغه‌ای از جنس نیکل با تابع کار ۴/۹۰eV تابیده می‌شود. بیشینهٔ تندی فوتوالکترون‌های جدا شده از سطح نیکل را حساب کنید. (۸کتاب)

تمرین۱۷. هر گاه بر سطح فلزی نوری با طول موج ۴۲۰nm بتابد بیشینهٔ انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های گسیل شده حدود ۰/۵۰eV است. بسامد آستانه برای گسیل فوتوالکترون‌ها از سطح این فلزچقدر است؟(۹کتاب)

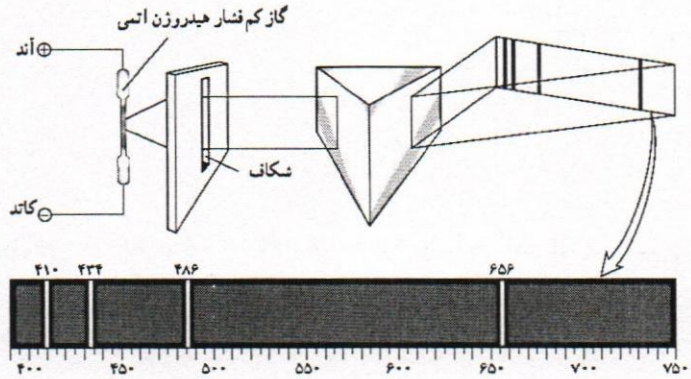
۵-۲ طیف خطی

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 حدِّ 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 حدِّ پایینِ رشته پیدا می‌شود.

$$n = n'+1 \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{\lambda_{max}} = R_H\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{(n'+1)^2}\right) \qquad n = \infty \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{\lambda_{min}} = R_H\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{\infty}\right) \Rightarrow \lambda_{min} = \frac{n'^2}{R_H}$$

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

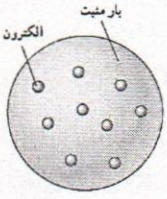
تمرین۱۸. طول موج های اولین و دومین خط های طیفی اتم هیدروژن در رشتهٔ براکت را به دست آورید و تعیین کنید که این خط ها در کدام گسترهٔ طول موج های الکترومغناطیسی واقع‌اند. (مثال ۵-۴)

تمرین۱۹. کوتاه‌ترین و بلندترین طول موج در رشتهٔ پفوند (۵='n) هیدروژن اتمی را به دست آورید. (مثال۵-۵)

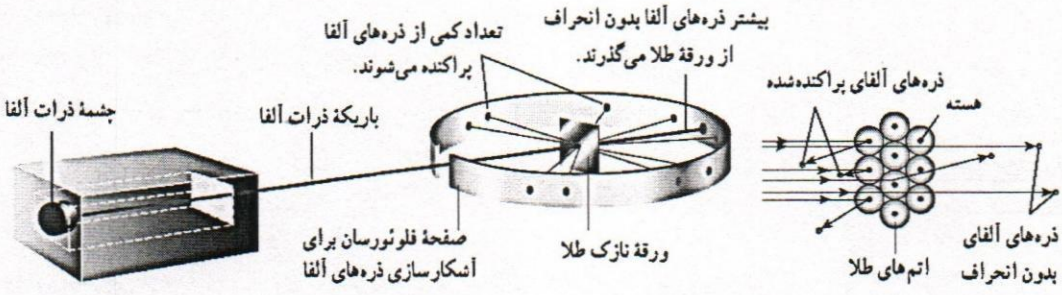
تمرین۲۰. طول موج‌های اولین و دومین خط‌های طیفی اتم هیدروژن در رشتهٔ پاشن را به دست آورید و تعیین کنید که این خط‌ها در کدام گسترهٔ طول موج های الکترومغناطیسی واقع‌اند.

۵-۳ مدل اتم رادرفورد- بور

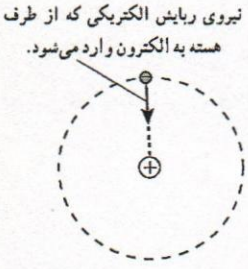
مدل اتمی تامسون (مدل کیک کشمشی): جوزف تامسون موفق به کشف الکترون و اندازه گیری نسبت بار به جرم (e/m) آن شد. در مدل تامسون، اتم همچون کره‌ای است که بار مثبت به طور همگن در سرتاسر آن گسترده شده‌است و الکترون‌ها که سهم ناچیزی در جرم اتم دارند در جاهای مختلف آن پراکنده شده‌اند. این مدل را گاهی مدل کیک کشمشی 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.

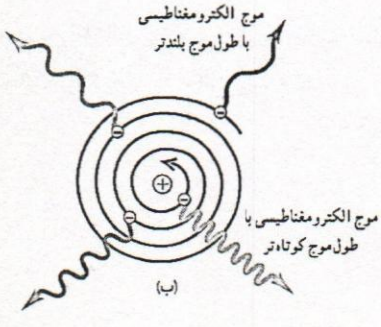


مدلِ اتمیِ رادرفورد: در این مدل، همه‌ی بارِ مثبتِ اتم، در یک ناحیه‌ی مرکزی با حجمِ بسیار کوچکی به نامِ هسته، متمرکز شده و اطرافِ آن را الکترون‌ها با بارِ منفی در فاصله‌ای زیاد احاطه کرده‌اند، به گونه‌ای که می‌توان گفت: فضایِ بینِ الکترون ها خلأ می‌باشد.

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: الگوی 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؟

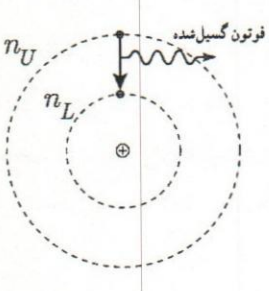
۱) بور مدلی را برای اتم هیدروژن ارائه کرد که مسئلهٔ ناپایداری اتم را در مدل رادرفورد حل می‌کرد. ۲) معادلهٔ ریدبرگ برای طیف خطی اتم هیدروژن را به دست می‌آورد.

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=1 برابر $E_1=-13/6eV$ است که اندازهٔ آن رامعمولاً **یک ریدبرگ** می‌نامند و با نماد E_R نشان می‌دهند.

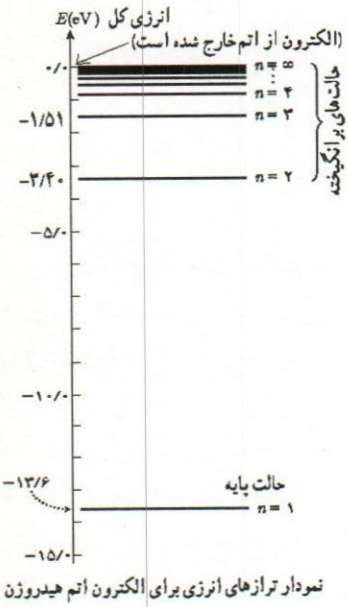
در این صورت انرژی فوتون تابش شده برابر اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و مدار نهایی است، یعنی:

$$E_U - E_L = hf \qquad \text{(معادلهٔ گسیل فوتون از اتم)}$$

$$E_U - E_L = \frac{hc}{\lambda}$$

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

تمرین۲۱. 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 ۵-۶)

تمرین ۲۲. 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 ۵-۴)

$0eV$

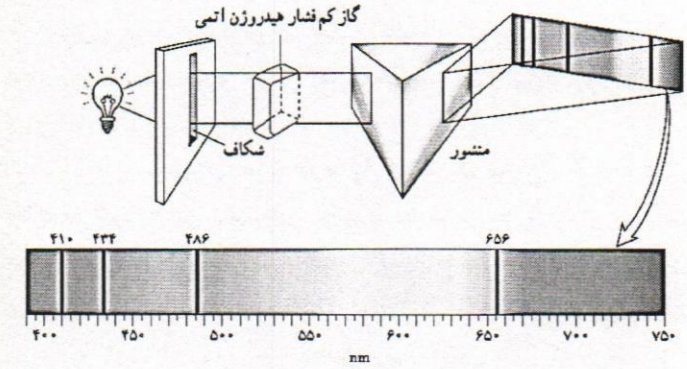
$-1/51eV$

$-3/40eV$

$-13/6eV$

تمرین ۲۳. 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.

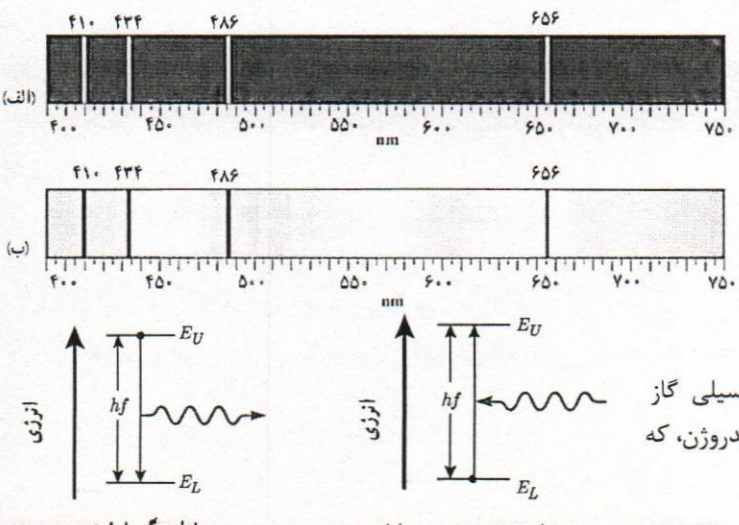


طیف جذبی خطی: برای مشاهدهٔ طیف‌های جذبی، نور یک چشمهٔ نور سفید را از ظرفی حاوی گاز کم فشار هیدروژن اتمی (یا گاز عنصر دیگری) عبور داده و توسط منشور پاشیده می‌شود و طیف آن روی پرده تشکیل می‌شود. خطهای تاریک روی طیف، به طول موج‌هایی از نور سفید مربوط است که توسط اتم‌های گاز جذب شده‌اند.

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.

تمرین۲۴. آیا معادلهٔ $E_U - E_L = hf$ برای فرایند جذب فوتون نیز برقرار است؟

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.

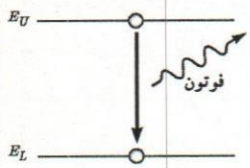
۲) این مدل نمی‌تواند متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی را توضیح دهد. برای مثال مدل بور نمی تواند توضیح دهد که چرا شدت خط قرمز با شدت خط آبی در طیف گسیلی گاز هیدروژن اتمی با یکدیگر متفاوت است.

اتم هیدروژن گونه به اتم هایی گفته می شود که تنها یک الکترون دارند.

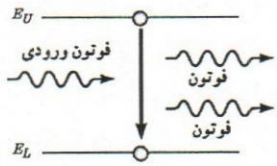
۵-۴ لیزر

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



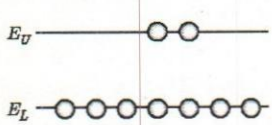
گسیل القایی

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.

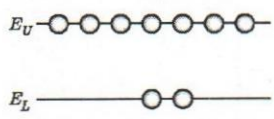
در گسیل القایی یک چشمهٔ انرژی خارجی مناسب باید وجود داشته باشد تا الکترون‌ها را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته کند. این انرژی می‌تواند به روش‌های متعددی از جمله درخش‌های شدید نور معمولی و یا تخلیه‌های ولتاژ بالا فراهم شود. اگر انرژی کافی به اتم‌ها داده شود، الکترون‌های بیشتری به تراز انرژی بالاتر 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 فصل ۵ (بخش دوم) ۵-۲ ، ۵-۳ و ۵-۴ طیف خطی ، مدل اتم رادرفورد بور و لیزر

تمرین۲۵. 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.

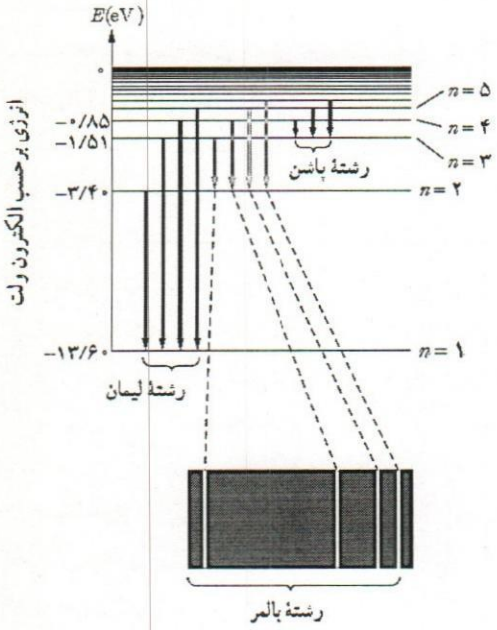
T. فوتون هایی که باریکهٔ لیزری را ایجاد می‌کنند ..... ، ..... و ..... هستند.

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.

تمرین۲۶. الف) طیف گسیلی یک جسم در چه مواردی پیوسته و درچه مواردی گسسته یا خطی است؟ منشأ فیزیکی این تفاوت را توضیح دهید. (تمرین ۱۰کتاب)

ب) توضیح دهید چگونه می‌توان طیف‌های گسیلی پیوسته و خطی را ایجاد کرد.

تمرین۲۷. 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؟ (تمرین۱۱کتاب)



ب) بر اساس مدل اتمی بور دلیل خطی بودن طیف گسیلی گازهیدروژن اتمی را توضیح دهید.

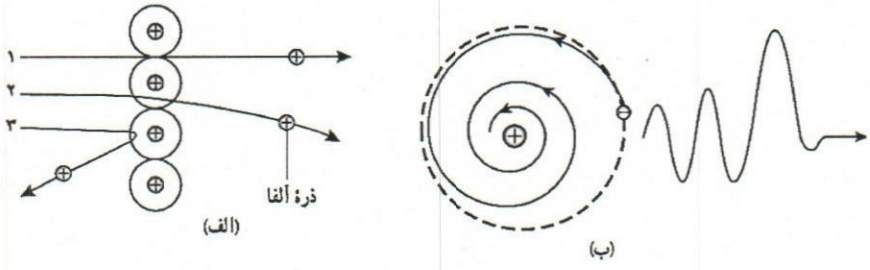
پ) اختلاف کوتاه‌ترین و بلندترین طول موج در هر رشته را، گسترهٔ طول موج‌های آن رشته می‌نامند. گسترهٔ طول موج های رشتهٔ لیمان (n'=۱) را پیدا کنید.

تمرین۲۸. الف) فرایند جذب فوتون توسط اتم را توضیح دهید. (تمرین۱۲کتاب)

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؟

تمرین۲۹. مبنای مدل رادرفورد، نتایج آزمایش‌هایی بود که از پراکندگی ذره‌های آلفا توسط یک ورقهٔ نازک طلا به دست آمده بود (شکل الف) (تمرین۱۳کتاب)



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؟

تمرین۳۰. با استفاده از رابطهٔ بور برای انرژی الکترون در اتم هیدروژن، الف) اختلاف انرژی $\Delta E\ (n_U \to n_L) = E_U - E_L$ را حساب کنید. (تمرین ۱۴کتاب)

ب) نشان دهید که:

$$\Delta E(۴ \to ۲) = \Delta E(۴ \to ۳) + \Delta E(۳ \to ۲)$$

$$\Delta E(۴ \to ۱) = \Delta E(۴ \to ۲) + \Delta E(۲ \to ۱)$$

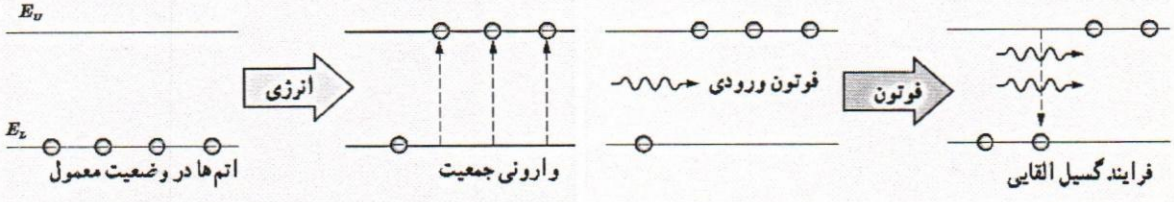
تمرین۳۱. الکترون اتم هیدروژنی در تراز $n=۵$ قرار دارد. (تمرین ۱۵کتاب)

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

تمرین۳۲. 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؟

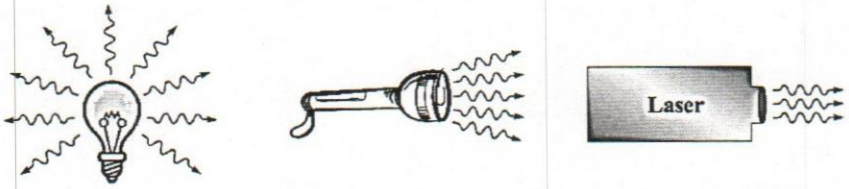
ب) نقش انرژی داده شده چیست و معمولاً این انرژی چگونه تأمین می‌شود؟

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؟

تمرین۳۳. 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 ۱۷کتاب)



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 ؟

مجموعه تستهای فصل ۵

تمرین ۳۴. انرژیِ وابسته به یک فوتونِ نوری به طولِ موجِ $۴۵۰nm$ چند ژول است؟($h=۶/۶\times۱۰^{-۳۴}J.s$ و $c=۳\times۱۰^{۸}\frac{m}{s}$)

۱) $۹/۹\times۱۰^{-۴۹}$ ۲) $۸/۹۱\times۱۰^{-۳۲}$ ۳) $۴/۴\times۱۰^{-۱۹}$ ۴) $۹/۹\times۱۰^{-۱۹}$

تمرین ۳۵. اگر کوانتومِ انرژیِ یک موجِ الکترومغناطیسی۲/۰۷ الکترون ولت باشد، این موج به کدام گروه از امواجِ الکترومغناطیسی تعلّق دارد؟ $(h=۴/۱۴\times۱۰^{-۱۵}eV.s)$

۱)فروسرخ ۲)مرئی ۳)ماوراء بنفش ۴)گاما

تمرین ۳۶. طولِ موجِ اشعه‌ی فرابنفشی در خلأ، ۰/۱۱میکرون است. انرژیِ وابسته به فوتونِ آن در آب چند الکترون ولت است؟ ($n=\frac{۴}{۳}$ آب ، $h=۶/۶\times۱۰^{-۳۴}J.s$ و $c=۳\times۱۰^{۸}\frac{m}{s}$)

۱) ۱/۶۵ ۲) ۸/۴ ۳) ۱۱/۲۵ ۴) ۱۵

تمرین ۳۷. 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 ۳۸. ولتاژِ متوقّف کننده‌ی جریانِ فوتوالکتریک از سطحِ فلزی که در معرضِ تابشِ اشعه‌ی ماوراءِ بنفش قرار دارد، $۱/۸۲V$است. حداکثر سرعتِ الکترون‌هایِ گسیل شده از سطحِ این فلز چند متر بر ثانیه است؟ (بارِ الکترون $۱/۶\times۱۰^{-۱۹}c$ و جرمِ آن $۹/۱\times۱۰^{-۳۱}Kg$است).

۱) ۴×۱۰^{۵} ۲) ۸×۱۰^{۵} ۳) ۴×۱۰^{۷} ۴) ۸×۱۰^{۷}

تمرین ۳۹. تابعِ کارِ فلزِ باریم، $۲/۵eV$است. حدّ اکثر طولِ موجِ نوری که می‌تواند، موجبِ گسیلِ فوتوالکترون‌ها از سطحِ باریم شود، چند نانو متر است؟ ($h=۶/۶\times۱۰^{-۳۴}J.s$ و $c=۳\times۱۰^{۸}\frac{m}{s}$).

۱) $۵/۵\times۱۰^{-۳۳}$ ۲) $۷/۹۲\times۱۰^{-۱۷}$ ۳) ۲۴۲ ۴) ۴۹۵

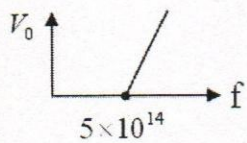
تمرین ۴۰. نورِ بنفشی به طولِ موجِ $۴۰۰nm$ بر سطحِ فلزی با تابعِ کارِ $۲/۵eV$می‌تابد و موجبِ گسیلِ جریانِ فوتوالکتریکی می‌شود. ولتاژِ متوقّف کننده در این حالت چند ولت است؟ $(hc=۱۲۴\,eV.nm)$

۱) ۰/۶ ۲) ۱/۵ ۳) ۳/۱ ۴) ۵/۶

تمرین ۴۱. بر سطحِ یک ورقه‌ی فلزی از جنسِ سرب، نوری با بسامدِ۳ برابرِ بسامدِ قطعِ آن می‌تابد. اگر انرژیِ جنبشیِ سریع‌ترین فوتوالکترون‌هایِ خارج شده از سطحِ فلز $۸eV$باشد، تابعِ کارِ سرب، چند الکترون ولت است؟

۱) ۱ ۲) $\frac{۸}{۳}$ ۳) ۴ ۴) ۸

تمرین ۴۲. 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 $۱۰^{۱۵}Hz$چند ولت است؟ $(h=۴/۱۴\times۱۰^{-۱۵}eV.s)$



۱) ۱/۵ ۲) ۲/۰۷ ۳) ۴/۱۴ ۴) ۸/۲۸

تمرین ۴۳. 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 $\lambda=۶۰۰nm$ روشن شود، فوتوالکترون گسیل خواهد کرد؟($c=۳\times۱۰^{۸}\frac{m}{s}$ و $h=۴/۱۴\times۱۰^{-۱۵}eV.s$).

۱) A ۲) B ۳) هر سه فلز ۴) هیچ یک از سه فلز

تمرین ۴۴. 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 ۴۵. در اتمِ ئیدروژن، الکترون از تراز n=۳ به تراز n=۱ 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 ۴۶. کوتاه‌ترین طولِ موجِ خط‌هایِ طیفیِ اتمِ ئیدروژن، تقریباً چند نانومتر است؟($R_H=۰/۰۱۱(nm)^{-۱}$)

۱) ۶۸ ۲) ۹۱ ۳) ۱۲۱ ۴) ۳۶۴

تمرین ۴۷. 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

تمرین۴۸. 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) $\frac{۱}{۹}$

تمرین۴۹. هر گاه به یک یونِ تک الکترونی که در مدارِ مانایِ شماره ی۲، دارایِ۲الکترون ولت انرژی است. فوتونی با طولِ موجِ ۸۰۰نانومتر 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.

تمرین۵۰. (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) $\frac{۸}{۳۳}\times۱۰^{۱۵}$

تمرین۵۱. (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

تمرین۵۲. (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

تمرین۵۳. (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

پاسخ بخش اول جای خالی کلمات

فیزیک کلاسیک - نسبیت خاص- نسبیت عام – کوانتومی – فتوالکترون - اثر فتوالکتریک – فوتون $E=hf$ - بسامد قطع f_o - تابع کار فلز(W_0)

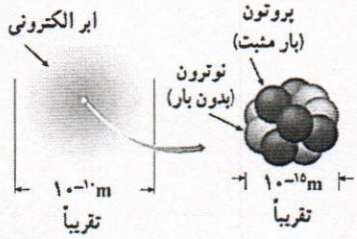
پاسخ بخش دوم جای خالی کلمات

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.

فصل ششم (آشنایی با فیزیک هسته‌ای)

فیزیک هسته ای، شاخه‌ای از فیزیک است که در آن با ساختار، برهم کنش‌ها و واپاشیِ هسته‌های اتمی سروکار داریم.

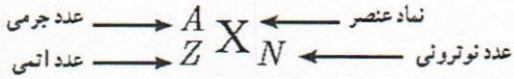
۶-۱ ساختار هسته



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 هم‌مکان 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 ۶-۱)

الف) ایزوتوپ فلوئور(F) با عدد نوترونی ۱۰ (۹پروتون)

ب) ایزوتوپ قلع (Sn) با عدد نوترونی ۶۶ (۵۰پروتون)

پایداری هسته:

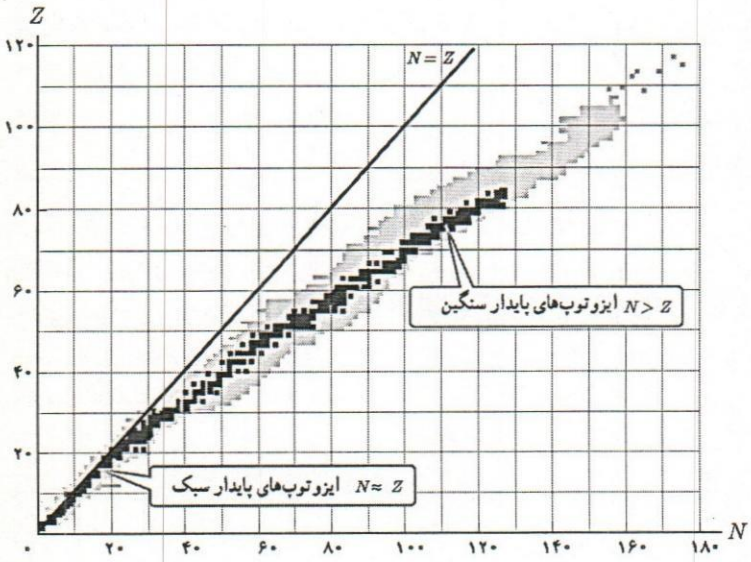
ابعاد هسته در مقایسه با ابعاد اتم بسیار کوچک‌تر است. با وجود این، بیشتر جرم اتم (بیش از ۹۹/۹درصد آن) در هسته متمرکز شده است. با توجه به اینکه نیروی الکتروستاتیکی رانشی خیلی قوی بین پروتون‌های درون هسته، که بسیار به یکدیگر نزدیک‌اند، وارد می‌شود، تنها چیزی که مانع از هم پاشیدن هسته می‌شود نیروی هسته‌ای 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 رباینده 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 رباینده 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 ۶-۱)

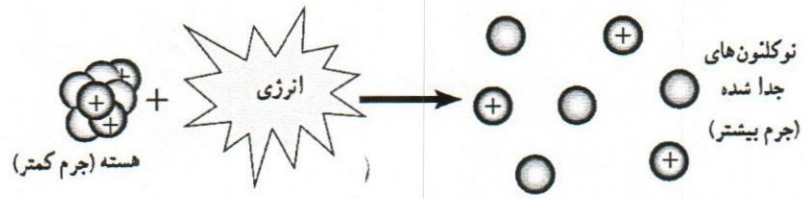
الف) نسبت تعداد نوترون به تعداد پروتون (N/Z) برای هسته‌های پایدار مختلف ثابت است یا متفاوت؟ توضیح دهید.



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.

۶-۲ پرتوزایی طبیعی و نیمه عمر

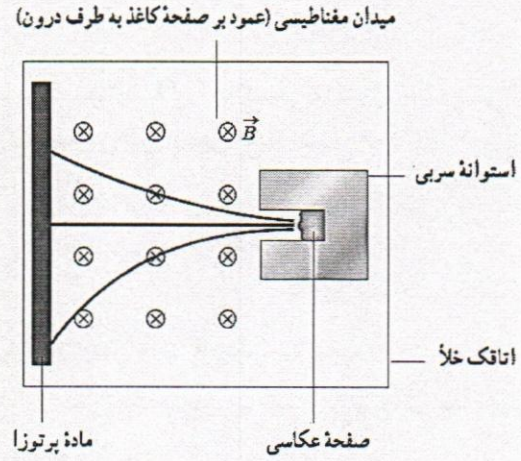
وقتی یک هستهٔ ناپایدار یا پرتوزا خودبه خود واپاشی می‌کند، نوع معیّنی از ذرات یا فوتون‌های پر انرژی آزاد می‌شوند. این فرایند واپاشی، **پرتوزایی طبیعی** نامیده می‌شود.

در پرتوزایی طبیعی سه نوع پرتو ایجاد می‌شود: پرتوهای آلفا (α) پرتوهای بتا (β) و پرتوهای گاما (γ)

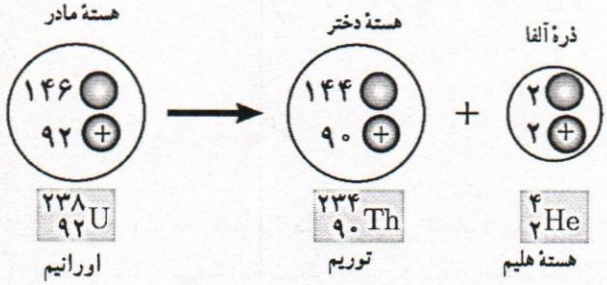
پرتوهای α کمترین نفوذ را دارند و با ورقهٔ نازک سربی با ضخامت ناچیز (≈۰/۰۱mm) متوقف می شوند، در حالی که پرتوهای β مسافت خیلی بیشتری را (≈۰/۱mm) در سرب نفوذ می کنند. پرتوهای γ بیشترین نفوذ را دارند و می توانند از ورقه ای سربی به ضخامت قابل ملاحظه‌ای (≈۱۰۰mm) گذرند.

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 ۶-۲)



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.



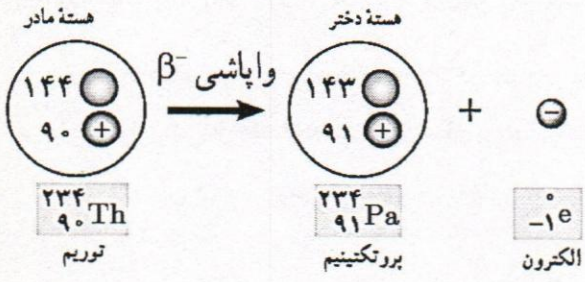
$$^A_ZX \rightarrow ^{A-4}_{Z-2}Y + ^4_2\alpha$$

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. ذرّه‌ی β، 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:

$$^1_0n \rightarrow ^1_1p + ^0_{-1}e,$$

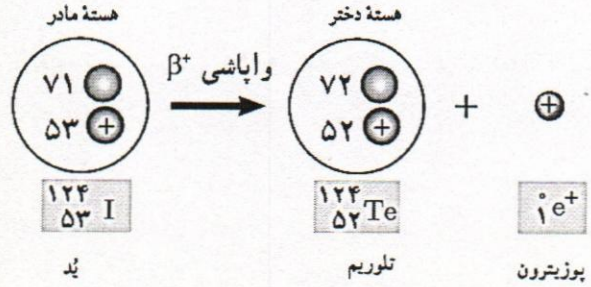


به این ترتیب یک نوترون از هسته کم می‌شود و یک پروتون به آن اضافه می‌شود. بنابراین جرمِ هسته، تغییرِ چندانی نمی‌کند، ولی عددِ اتمی یک واحد زیاد می‌شود:

$$^A_ZX \rightarrow ^A_{Z+1}Y + ^0_{-1}e$$

ب) (واپاشی β مثبت) اگر در واپاشی گسیلِ پوزیترون را داشته باشیم، یک پروتونِ هسته به نوترون و پوزیترون تبدیل می‌شود:

$$^1_1p \rightarrow ^1_0n + ^0_{+1}e,$$



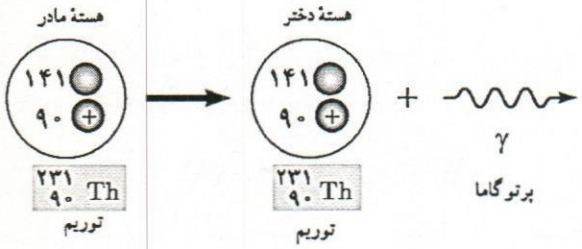
محصولِ این واپاشی، هسته‌ی عنصرِ جدیدی است که در جدولِ تناوبی قبل از X قرار دارد.

$$^A_ZX \rightarrow ^A_{Z-1}Y + ^0_{+1}e$$

تمرین۴. 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 ۶-۲)

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. (تمرین۶-۳)

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، به X هسته‌ی مادر وبه Y هسته‌ی دختر گویند.

نیمه عمر، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا تعداد هسته های مادر موجود در یک نمونه، به نصف برسند.

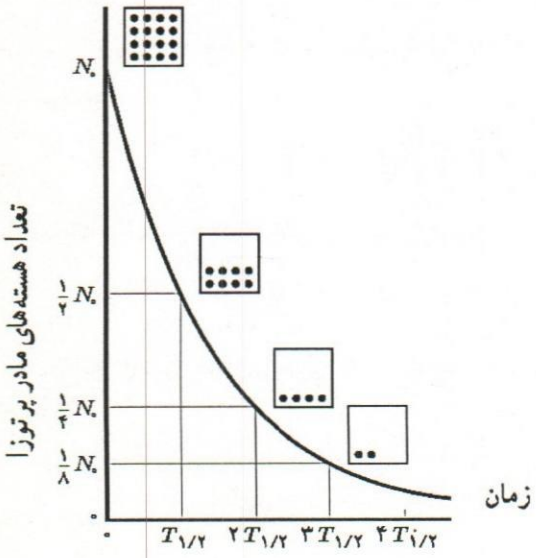
نیمه عمرِ مادّه ی پرتوزا : نیمه عمرِ یک مادّه‌ی پرتوزا، مدّت زمانی است که طول می‌کشد تا طِیِ آن نیمی از هسته‌هایِ پرتوزایِ موجود در آن واپاشیده شوند و آن را با $T_{\frac{1}{2}}$ نشان می‌دهند. در واقع نیمه عمر، به نوعی سرعتِ واپاشیِ یک ایزوتوپ را نشان می‌دهد.

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، یدِ ۱۳۱ ($_{53}I^{131}$) 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 ۶-۱)

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 ۶-۴)

پرسش ها و مسئله های فصل ۶ (بخش اول)

تمرین۸. در جای خالی کلمات مناسب بگذارید.

A. ..... ، شاخه‌ای از فیزیک است که در آن با ساختار، برهم کنش‌ها و واپاشیِ هسته‌های اتمی سروکار داریم.

B. که شعاع آن تقریباً ..... شعاع اتم است.

C. هستهٔ اتم از نوترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل شده‌است که به طور کلی ..... نامیده می‌شوند.

D. نوترون بار الکتریکی ندارد، و جرمش اندکی ..... از پروتون است.

E. در یک اتم خنثی، تعداد ..... هسته با تعداد الکترون‌های دور هسته برابر است.

F. هسته‌هایی که تعداد پروتون مساوی ولی تعداد نوترون متفاوت دارند خواص ..... یکسانی دارند.

G. بیش از ..... درصد جرم یک اتم در هسته متمرکز شده است.

H. نیرویی که عامل پایداری هسته است و پرتونها و نوترونها را در کنار هم نگه داشته‌است، .... است.

I. انرژی لازم برای برای جدا کردنِ نوکلئون‌های یک هسته، .... نامیده می‌شود.

J. جرم هسته از مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل دهنده‌اش اندکی ..... است.

K. به اختلاف جرم هسته و مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل دهنده هسته، ....گفته می‌شود،

L. نوکلئون‌ها می‌توانند با جذب انرژی به ترازهای انرژی بالاتر بروند و در نتیجه .... شود.

M. اختلاف بین ترازهای انرژی نوکلئون‌ها در هسته از مرتبهٔ .... است.

N. واپاشیα که در هسته‌های..... صورت می‌گیرد، ذرات باردار مثبت از جنس ..... از هسته‌ی اتم خارج می‌شود.

O. واپاشی همراه با گسیلِ ..... متداول‌ترین نوعِ واپاشی در هسته‌ها است.

P. اگر در واپاشیβ، الکترون گسیلِ شود، یک ..... در هسته، متلاشی شده و تبدیل به یک پروتون و یک الکترون شده‌است.

Q. اگر در واپاشیβ گسیلِ پوزیترون را داشته باشیم، یک ..... هسته به نوترون و پوزیترون تبدیل می‌شود.

R. ..... ، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا تعداد هسته های مادر موجود در یک نمونه، به نصف برسند.

۶-۱ 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 و10^{-27}kg در نظر بگیرید). (تمرین ۱ کتاب)

تمرین۱۰. برای $_{۸۲}pb^{۲۰۸}$ مطلوب است: الف) تعداد نوکلئون‌ها ب) تعداد نوترون‌ها پ) بار الکتریکی خالص هسته (تمرین ۲ 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 ۳ کتاب)

الف) $^{195}_{78}X$ ب) $^{32}_{16}X$ پ) $^{61}_{29}X$

تمرین۱۲. آیا می‌توان ایزوتوپ $^{61}_{25}X$ را با روش شیمیایی از ایزوتوپ $^{59}_{25}X$ جدا کرد؟ از ایزوتوپ $^{61}_{26}X$ پاسخ خود را توضیح دهید. (تمرین ۴ کتاب)

۶-۲ پرتوزایی طبیعی و نیمه عمر

تمرین۱۳. جاهای خالی در فرایندهای واپاشی زیر نشان دهندهٔ یک یا چند ذره‌ی α، β^+ یا β^- است. در هر واکنش، جای خالی را کامل کنید. (تمرین ۵ کتاب)

$^{211}_{82}Pb \rightarrow {}^{211}_{83}Bi + \cdots$

$^{11}_{6}C \rightarrow {}^{11}_{3}B + \cdots$

$^{231}_{90}Th^{*} \rightarrow {}^{231}_{90}Th + \cdots$

$^{18}_{9}F \rightarrow {}^{18}_{8}O + \cdots$

تمرین۱۴. هستهٔ دختر به دست آمده از هر یک از واپاشی‌های زیر را به صورت $^{A}_{Z}X$ مشخص کنید. (تمرین ۶ کتاب)

الف) $^{242}_{94}Pu$ واپاشی α انجام دهد.

ب) سدیم $^{23}_{11}Na$ واپاشی β^- انجام‌دهد.

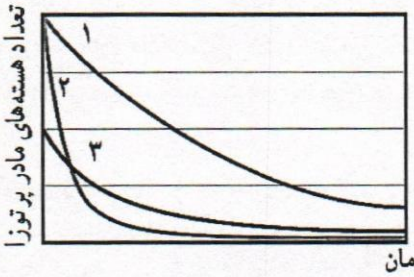
پ) نیتروژن $^{13}_{7}N$ واپاشی β^- انجام‌دهد.

ت) اکسیژن $^{15}_{8}O$ واپاشی β^+ انجام‌دهد.

تمرین۱۵. سرب $^{208}_{82}Pb$ 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 $^{A}_{Z}X$ مشخص کنید. (تمرین ۷ 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 ۸ 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 ۹ کتاب)



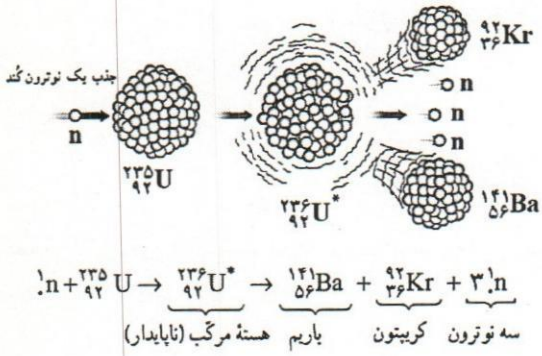
تمرین۱۸. .هنگامی که نیتروژن جوّ زمین توسط پرتوهای کیهانی (که معمولاً از جنس پروتون، ذره های α و الکترون هستند) بمباران می‌شود، ایزوتوپ پرتوزای کربن ۱۴ با آهنگ ثابتی در لایه های فوقانی جو تولید می‌شود. این کربن پرتوزا، با کربن ۱۲ که به طورطبیعی در جو وجود دارد درهم می‌آمیزد. بررسی‌ها نشان داده‌است که به ازای هر ۱۰۰۰۰میلیارد اتم پایدار کربن۱۲، تقریباً یک اتم پرتوزای کربنِ 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 عمر ۵۷۳۰ 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 ۱۰ 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 ۱۱ کتاب)

۶-۳ شکافت هسته ای

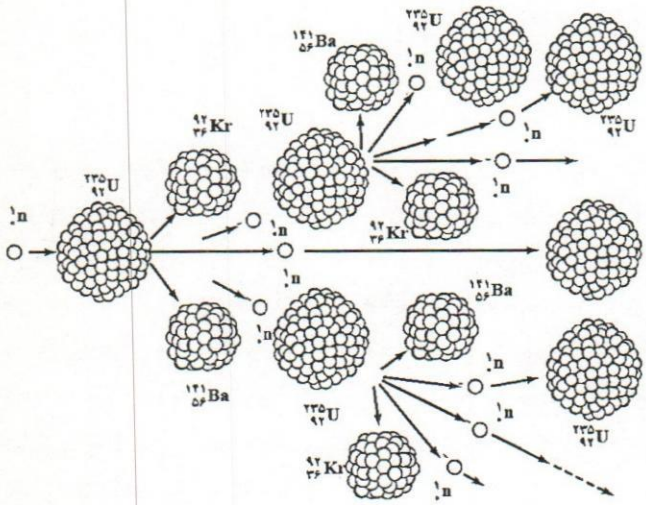
فرایند تقسیم شدن یک هستهٔ سنگین به دو هسته با جرم کمتر، **شکافت هسته‌ای** نامیده می‌شود. در فرایند شکافت اورانیم، ترکیب‌های متفاوتی از هسته‌های کوچک‌تر همراه با تعدادی نوترون (بین ۲تا۵) به وجود می‌آید.

وقتی نوترونی با هستهٔ اورانیم۲۳۵ برخورد کند و جذب شود، هستهٔ اورانیم شروع به ارتعاش می‌کند و تغییر شکل می‌دهد. ارتعاش تا وقتی ادامه می‌یابد که تغییر شکل چنان جدی شود که نیروی جاذبهٔ هسته‌ای دیگر نتواند با نیروی دافعهٔ الکتروستاتیکی بین پروتون‌های هسته متوازن شود. در این هنگام، هسته به پاره‌هایی وامی‌پاشد که حامل انرژی (به طور عمده انرژی جنبشی) هستند.



$$^1_0n + ^{235}_{92}U \rightarrow \underbrace{^{236}_{92}U^*}_{\text{هستهٔ مرکّب (ناپایدار)}} \rightarrow \underbrace{^{141}_{56}Ba}_{\text{باریم}} + \underbrace{^{92}_{36}Kr}_{\text{کریپتون}} + \underbrace{3\,^1_0n}_{\text{سه نوترون}}$$

واکنش زنجیری: با جذب یک نوترون کُند فرایند شکافت آغاز می‌شود. در این فرایند چند نوترون به وجود می‌آید. چون نوترون‌ها بار الکتریکی ندارند، هسته‌های دیگر آنها را دفع نمی‌کنند. نوترون‌ها پس از کُند شدن، توسط هسته‌های دیگر جذب می‌شوند و باعث شکافت درتعداد بیشتری هستهٔ اورانیم دیگر می‌شوند و واکنش به طور زنجیره‌ای ادامه می‌یابد.

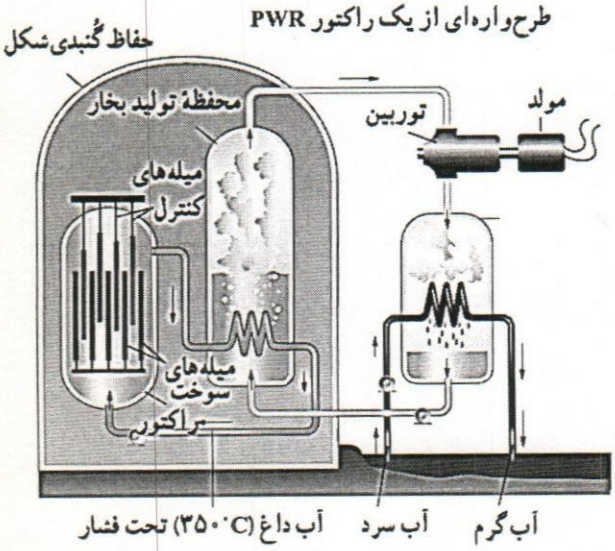


در واکنش‌های شکافت هسته‌ای، جرم محصولات شکافت، کمتر از جرم هستهٔ مرکّب است. این اختلاف جرم بنا به رابطهٔ $E = mc^2$ ، سبب آزاد شدن انرژی گرمایی زیادی می‌شود.

تمرین۲۰. چرا واکنش زنجیری به طور طبیعی در معدن‌های اورانیم رخ نمی‌دهد؟

غنی سازی اورانیم: فرایند افزایش درصد یا غلظت ایزوتوپ ۲۳۵ در یک نمونه، غنی سازی گفته می‌شود.
بیشتر راکتورهای تجاری تولید برق، از اورانیمی استفاده می‌کنند که در آنها ایزوتوپ تا ۳ درصد غنی سازی شده است. در بیشتر راکتورهای پژوهشی، از سوختی استفاده می شود که تا ۲۰ درصد غنی سازی شده است.

طرح واره‌ای از یک راکتور PWR



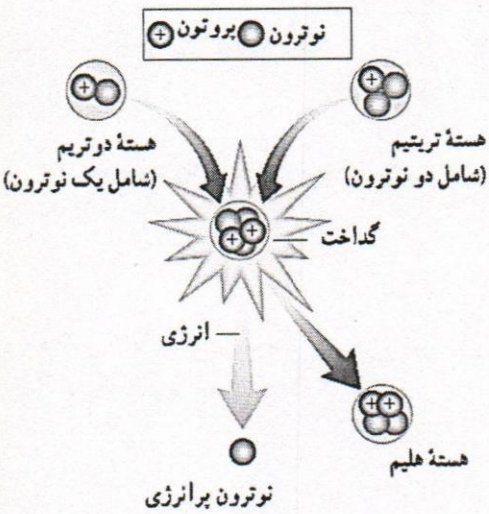
راکتورهای شکافت هسته‌ای: نوترون‌های آزاد شده در فرایند شکافت انرژی جنبشی زیادی دارند وبا ایزوتوپ اورانیوم۲۳۵ واکنش انجام نمی‌دهند. اگر بتوان نوترون‌های تند را به نحوی کُند ساخت احتمال جذب آنها افزایش می‌یابد. آب معمولی، آب سنگین و گرافیت (اتم های کربن) به عنوان **کُندساز** نوترون‌ها در واکنش‌های شکافت هسته‌ای استفاده می‌شوند.
راکتورهای هسته‌ای افزون بر سوخت هسته‌ای و ماده کندساز دارای، میله‌های کنترل و شاره‌ای (معمولا آب) هستند که گرما را به خارج راکتور انتقال می‌دهد. با وارد کردن میله‌های کنترل، آهنگ واکنش شکافت، یعنی تعداد نوترون‌های موجود برای به وجود آوردن شکافت، تنظیم می‌شود.

میله‌های کنترل معمولاً از مواد جذب کنندهٔ نوترون، مانند کادمیم یا بور، ساخته می‌شوند.

۶-۴ گداخت (همجوشی) هسته‌ای

واکنش هسته‌ای که منشأ تولید انرژی در ستارگان و از جمله خورشید است، گداخت یا همجوشی هسته‌ای نام دارد. در فرایند گداخت هسته‌ای، دو هستهٔ سبک (برای مثال دوتریوم D و تریتیوم T) با یکدیگر ترکیب می‌شوند و هستهٔ سنگین‌تری به وجود می‌آورند. در واکنش گداخت، مجموع جرم محصولات فرایند، کمتر از مجموع جرم هسته‌های اولیه است. این اختلاف جرم سبب آزاد شدن مقدار زیادی انرژی می‌شود.

$$D + T \rightarrow {}^{4}He + {}^{1}n$$



مشکلات در ساخت راکتور گداخت به این علت پیش می‌آید که دو هستهٔ کم جرم باید به قدر کافی به هم نزدیک شوند تا نیروی کوتاه بُرد هسته‌ای بتواند آنها را کنار هم نگه دارد و واکنش گداخت انجام شود. ولی، هر هسته، بار مثبت دارد و هستهٔ دیگر را دفع می‌کند، برای آنکه هسته‌ها با وجود این نیروی رانشی بسیار قوی، بتوانند به هم گداخته شوند، باید دما بسیار بالا باشد تا هسته‌ها با انرژی جنبشی زیادی به یکدیگر برخورد کنند. به همین دلیل، برای انجام این واکنش باید مقدار زیادی انرژی صرف کرد. به طور مثال، برای شروع واکنش دوتریم-تریتیم، به دمایی حدود ده‌ها میلیون درجهٔ سلسیوس نیاز است. دمایی از این مرتبه در ستارگان و خورشید وجود دارد.

پرسش ها و مسئله های فصل ۶ (بخش دوم)

تمرین۲۱. در جای خالی کلمات مناسب بگذارید.

A. فرایند تقسیم شدن یک هستهٔ سنگین به دو هسته با جرم کمتر، ..... نامیده می‌شود.

B. فرایند افزایش درصد یا غلظت ایزوتوپ ۲۳۵ در یک نمونه، ..... گفته می‌شود.

C. راکتورهای تجاری تولید برق، از اورانیمی استفاده می‌کنند که در آنها ایزوتوپ تا ..... غنی سازی شده است و در بیشتر راکتورهای پژوهشی، از سوختی استفاده می شود که تا ..... غنی سازی شده است.

D. آب معمولی، آب سنگین و گرافیت (اتم های کربن) به عنوان ..... نوترون‌ها در واکنش‌های شکافت هسته‌ای استفاده می‌شوند.

E. در راکتورهای هسته‌ای برای تنظیم آهنگ واکنش شکافت، از ..... استفاده می‌شود.

F. ..... معمولاً از مواد جذب کنندهٔ نوترون، مانند کادمیم یا بور، ساخته می‌شوند.

G. ..... منشأ تولید انرژی در ستارگان و از جمله خورشید است.

H. در فرایند ..... ، دو هستهٔ سبک با یکدیگر ترکیب می‌شوند و هستهٔ سنگین‌تری به وجود می‌آورند.

I. برای شروع واکنش .... ، به دمایی حدود ده‌ها میلیون درجهٔ سلسیوس نیاز است.

۶-۳ شکافت هسته‌ای

تمرین۲۲. .معادلهٔ زیر بخشی از واکنشی را نشان می‌دهد که در یک راکتور هسته‌ای روی می‌دهد. (تمرین ۱۲ کتاب)

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{236}_{92}U$$

الف) اهمیت عددهای ۲۳۵ و ۹۲ را توضیح دهید.

ب) اتم‌های $^{236}_{92}U$ ناپایدارند و خود به خود به قطعه‌هایی کوچک‌تر همراه با تعدادی نوترون سریع (بین۲ تا۵ عدد) و مقدار زیادی انرژی واپاشیده می‌شود. این فرایند چه نام دارد و انرژی آزاد شده در این فرایند چگونه تعیین می‌شود؟

پ) اورانیم ۲۳۵ عمدتاً نوترون‌های با تندی کم را جذب می‌کند تا نوترون های سریع را. توضیح دهید چگونه تندی نوترون ها را درقلب راکتور کم می‌کنند.

ت) چگونه تولید انرژی را در قلب راکتور کنترل می‌کنند؟

ث) واکنش زنجیری را توضیح دهید.

ج) انرژی به صورت گرما در قلب راکتور تولید می‌شود. چگونه گرما از قلب راکتور گرفته و به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود؟

چ) هنگامی که میله‌های سوخت از مرکز راکتور بیرون کشیده می‌شوند، آنها "پرتوزا" و "ایزوتوپ" هایی با " نیمه عمر" طولانی هستند. واژه‌های داخل گیومه را توضیح دهید.

تمرین۲۳. الف) حدود ۰/۷ درصد اورانیوم موجود در سنگ معدن طبیعی اورانیم از ایزوتوپ ۲۳۵ تشکیل شده‌است. در هرواکنش شکافت حدود ۲۰۰MeV انرژی آزاد می‌شود. فرض کنید تمامی ایزوتوپ ۲۳۵ موجود در یک کیلوگرم از این اورانیم بتواند بر اثر شکافت، انرژی خود را آزاد کند. مقدار این انرژی برحسب مگا الکترون ولت (MeV) و ژول (J) چقدراست؟ (تمرین ۱۳ کتاب)

ب) با سوختن هر کیلوگرم زغال سنگ، حدود ۳۰MJ انرژی گرمایی آزاد می‌شود. چند کیلوگرم زغال سنگ باید بسوزد تا معادل انرژی به دست آمده در قسمت الف، انرژی تولید شود؟

تمرین۲۴. یکی از واکنش‌های ممکن در شکافت $^{235}_{92}U$ ، داده شده‌است. در این واکنش عدد اتمی Z، عدد جرمی A و عنصر X در $^{A}_{Z}X$ تعیین کنید. (تمرین ۱۴ کتاب)

$$^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{133}_{51}Sb + {}^{A}_{Z}X + 4{}^{1}_{0}n$$

در صورت لزوم از جدول تناوبی کمک بگیرید.

تمرین۲۵. در واکنش زیر چه تعداد نوترون تولید می‌شود؟ (تمرین ۱۵ کتاب)

$^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{133}_{50}Sn + {}^{101}_{42}Mo +$ نوترون ها

تمرین۲۶. بازده نیروگاه هسته‌ای بوشهر حدود ۳۵ درصد است. یعنی، ۶۵ درصد انرژی حاصل از شکافت ایزوتوپ اورانیم۲۳۵ به صورت گرما تلف و حدود ۳۵ درصد آن، به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. با توجه به اینکه در هر شکافت حدود ۲۰۰MeV انرژی آزاد می‌شود، چند کیلوگرم اورانیم ۲۳۵ در سال شکافت پیدا می‌کند؟ (فرض کنید نیروگاه در طول سال با توان پایدار۱۰۰۰ مگاوات کار می‌کند). (تمرین ۱۶ کتاب)

۶-۴ گداخت هسته‌ای

تمرین۲۷. انرژی آزاد شده در هر واکنش شکافت اورانیم ۲۳۵ با یک نوترون کُند حدود ۲۰۲/۵MeV و در هر واکنش گداختِ دوتریم با تریتیم حدود ۱۷/۶MeV است. (تمرین ۱۷ کتاب)

الف) تعداد نوکلئون‌های شرکت کننده در هر واکنش شکافت چقدر است؟ انرژی آزاد شده به ازای هر نوکلئون را حساب‌کنید.

ب) تعداد نوکلئون‌های شرکت کننده در هر واکنش گداخت چقدراست؟ انرژی آزاد شده به ازای هر نوکلئون را حساب‌کنید.

پ) نتیجه‌های قسمت (الف) و (ب) را با یکدیگر مقایسه کنید. با توجه به نیاز روزافزون بشر به انرژی، و با توجه به اینکه مواد قابل شکافت مانند ^{235}U به مقدار بسیار کمی در طبیعت وجود دارد ولی دوتریم به طور فراوان در آب اقیانوس‌ها و دریاها موجود است و جدا کردن آن از هیدروژن معمولی آسان و کم هزینه است، اهمیت این مقایسه را توضیح دهید.

تستهای زیر را حل کنید:

تمرین۲۸. نیروی 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

تمرین۲۹. 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

تمرین۳۰. 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.

تمرین۳۱. سنگین ترین عنصر در طبیعت دارایِ عددِ اتمیِ.....و عددِ نوترونیِ .....است.

۱)۹۰،۱۵۴ ۲)۱۵۴،۹۰ ۳)۹۲،۱۴۶ ۴)۱۴۶،۹۲

تمرین۳۲. فراوان ترین مادّه ی رادیواکتیوِ رویِ زمین،اورانیومِ۲۳۸ است، که پس از واپاشی هایِ متعدّد، به هسته ی پایدارِ سربِ۲۰۶ ،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

تمرین۳۳. $^{232}_{90}Th$ در چند مرحله وامی پاشد، که در آن ۶ذرّه ی آلفا و۴ذرّه ی بتا(الکترون) گسیل می شوند.ایزوتوپِ حاصل کدام است؟

۱) $^{206}_{82}Pb$ ۲) $^{208}_{82}Pb$ ۳) $^{238}_{92}U$ ۴) $^{234}_{91}Pa$

تمرین۳۴. نیمه عمرِ یک مادّه ی رادیواکتیو ۱۰روز است.اگر ۸۰گرم 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

تمرین۳۵. نیمه عمرِ ^{215}At ،۱۰۰میکروثانیه است.پس از چند ثانیه $\frac{15}{16}$ هسته هایِ آن واپاشیده می شوند؟

۱) ۴۰۰ ۲) 2×10^{-4} ۳) 4×10^{-4} ۴) 8×10^{-4}

تمرین۳۶. 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

تمرین۳۷. 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) $^{98}_{43}Tc$

تمرین۳۸. 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

تمرین۳۹. (۹۷ ریاضی) کدام گزینه در مورد U^{235} و U^{238} درست نیست؟

۱) تعداد نوترون U^{235} بیشتر است. ۲) هر دو تعداد پرتون یکسانی دارند.

۳) هردو خواص شیمیایی یکسانی دارند ۴) U^{238} ، ۰/۷۲ درصد اورانیوم طبیعی را تشکیل می‌دهند.

تمرین۴۰. (۹۷ تجربی) در واپاشی هسته‌های ناپایدار، کدام مورد درست است؟ ($e = ۱/۶\times ۱۰^{-19}C$)

۱) هنگام گسیل پوزیترون بار هسته به اندازه $e = ۱/۶\times ۱۰^{-19}C$ افزایش می‌یابد.

۲) هنگام گسیل الکترون بار هسته به اندازه $e = ۱/۶\times ۱۰^{-19}C$ کاهش می‌یابد.

۳) هنگام گسیل α بار هسته به اندازه $۳/۲\times ۱۰^{-19}C$ کاهش می‌یابد.

۴) هنگام گسیل گاما، پوزیترون و الکترون بار هسته ثابت می‌ماند.

تمرین۴۱. (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) $n_A - n_B = ۴$ ۲) $n_B - n_A = ۴$ ۳) $n_A - n_B = ۲$ ۴) $n_B - n_A = ۲$

تمرین۴۲. (۹۶تجربی) در فعل و انفعال هسته‌ای $^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{A}_{Z}X + 3(^{1}_{0}n)$ برای عنصر X ، تعداد نوترونها و پروتون‌ها کدام است؟

۱) ۵۸ و ۳۶ ۲) ۵۶ و ۳۶ ۳) ۹۴ و ۵۴ ۴) ۹۲ و ۵۴

تمرین۴۳. بارِ کلّ هسته ی زیرکونیمِ ۹۰،برابرِ است.تعداد نوترون هایِ این هسته،کدام است؟

۱) ۴۰ ۲) ۴۵ ۳) ۵۰ ۴) ۱۳۰

تمرین۴۴. 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 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 ($^{4}_{2}He$)- ذرّه‌ی بتا (β) - نوترون – پروتونِ - نیمه عمر

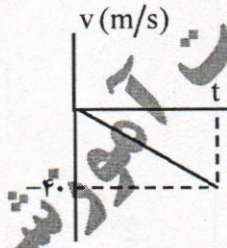
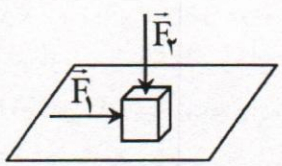
پاسخ بخش دوم جای خالی کلمات

شکافت هسته‌ای- غنی سازی- ۳ درصد - ۲۰ درصد – کُندساز- میله‌های کنترل- میله‌های کنترل- گداخت یا همجوشی هسته‌ای - گداخت هسته‌ای - دوتریم-تریتیم-

باسمه تعالی

سؤالات امتحان نهایی درس : **فیـــزیک ۳**	رشته : **ریاضی فیزیک**	نام و نام خانوادگی :	مدت امتحان : **۱۱۰ دقیقه**
پایه دوازدهم دورهٔ دوم متوسطه	تعداد صفحه : **۳**	تاریخ امتحان : **۱۳۹۸ / ۳ / ۵**	ساعت شروع : **۸ صبـح**
دانش آموزان روزانه، بزرگسال و داوطلبان آزاد سراسر کشور در **نوبت خرداد ماه** سال **۱۳۹۸**			مرکز سنجش و پایش کیفیت آموزشی http://aee.medu.ir

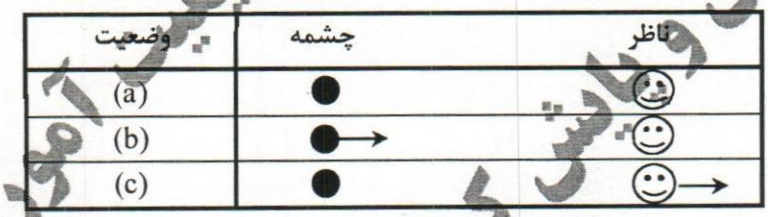
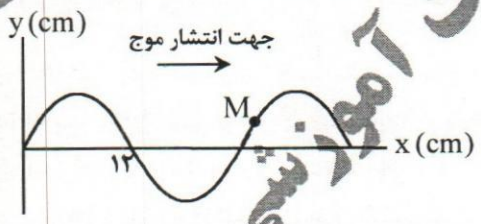
توجه : استفاده از ماشین حساب ساده (دارای چهار عمل اصلی ، جذر و درصد) بلامانع است .

ردیف	سؤالات (پاسخ نامه دارد)	نمره
۱	در جمله های زیر ، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کرده و در پاسخ برگ بنویسید : الف) درحرکت (با شتاب ثابت - یکنواخت) بر خط راست ، سرعت متوسط و سرعت لحظه ای با هم برابرند . ب) سطح محصـور بین نمودار سرعت - زمان و محور زمان برابـر تغییـر (مکان- سرعت) است . پ) در حرکت کندشونده روی خط راست ، بردارهای سرعت و شتاب (هم جهت - در خلاف جهت هم) هستند . ت) عقـربهٔ تنـدی سنج خـودروها ، تنـدی (متـوسط - لحظـه ای) را نشان می دهنـد .	۱
۲	معادلهٔ حرکت جسمی که روی خط راست حرکت می کند ، در SI به صورت $x = ۶t^۲ - ۵t - ۱۰$ است . الف) سرعت اولیهٔ جسم را تعیین کنید . ب) سرعت متوسط جسم را بین دو لحظهٔ $t_۱ = ۰$ و $t_۲ = ۲s$ حساب کنید .	۰/۲۵ ۱
۳	نمودار سرعت - زمان حرکت سقوط آزاد یک جسم مطابق شکل است :  الف) زمان سقـوط جسم (t) را بدست آوریـد . $(g = ۱۰\ m/s^۲)$ ب) ارتفـاع سقوط چقـدر بوده است ؟ پ) نمـودار مکان - زمان آن را رسم کنیـد .	۰/۵ ۰/۵ ۰/۵
۴	درستی یا نادرستی جمله های زیر را با علامت های (د) یا (ن) مشخص کنید . الف) لختـی ، به خاصیتی در اجسام می گویند که می خواهند وضعیت حـرکت خود را تغییـر دهند . ب) تغییـر تکانهٔ ناشی از نیروی متوسط برابر با تغییر تکانهٔ نیروی واقعی متغیر با زمان است . پ) نیـروی مقـاومت یک شاره ماننـد هوا به تنـدی حـرکت جسم بستگـی دارد . ت) نیروهای کنش و واکنش هم نوع نیستند و اثرات یکسانی ایجاد می کنند . ث) مربع دورهٔ گردش ماهواره ها به دور زمین ، متناسب با مکعب فاصلهٔ آن ها از مرکز زمین است .	۱/۲۵
۵	مطابق شکل، نیروی افقی $\vec{F}_۱$ بر جعبـه وارد می شود ، اما جعبه هم چنان ساکن است . اگـر در همـین حالـت ، بزرگـی نیروی قائم $\vec{F}_۲$ از صفر شروع به افزایش کند ، کمیت های زیر چگونه تغییر می کنند ؟  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	۱
	ادامهٔ سؤالات در صفحهٔ دوم	

مرکز سنجش و پایش کیفیت آموزشی

باسمه تعالی

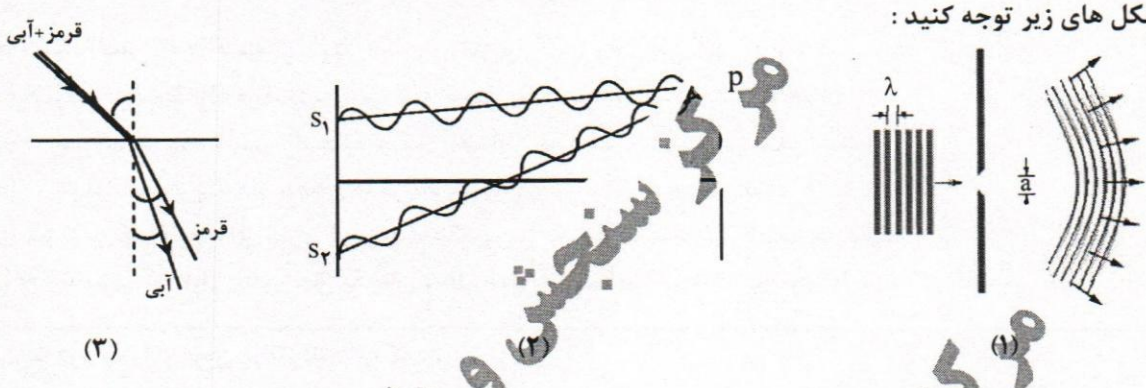
سؤالات امتحان نهایی درس : **فیـزیک ۳**	رشته : **ریاضی فیزیک**	نام و نام خانوادگی :	مدت امتحان : **۱۱۰ دقیقه**
پایه دوازدهم دورهٔ دوم متوسطه	تعداد صفحه : **۳**	تاریخ امتحان : **۱۳۹۸ / ۳ / ۵**	ساعت شروع : **۸ صبـح**
دانش آموزان روزانه، بزرگسال و داوطلبان آزاد سراسر کشور در **نوبت خرداد ماه** سال **۱۳۹۸**			مرکز سنجش و پایش کیفیت آموزشی http://aee.medu.ir

ردیف	سؤالات (پاسخ نامه دارد)	نمره
۶	الف) جسمی به وزن ۶۰ نیـــوتون را با طناب سبکی به طرف بالا می کشیم . اگر شتاب ثابت رو به بالای جسم $۲ m/s^۲$ باشد ، نیروهای وارد بر جسم را رسم کرده و نیروی کشش طناب را بدست آورید . $(g = ۱۰ m/s^۲)$ ب) تندی نوک عقربهٔ ثانیه شمار یک ساعت دیواری به طول ۱۰ cm را حساب کنید .	۱ ۰/۷۵
۷	در جمله های زیر ، جاهای خالی را با کلمه های مناسب تکمیل کنید : الف) افزایش جرم در یک سامانهٔ جرم - فنر ، باعث می شود که دورهٔ نوسان ها ..... شود . ب) انرژی مکانیکی هـر نوسانگر هماهنگ ساده ، با مربع دامنـه ..... است . پ) نـوسان هایی با اعمال یک نیـروی خارجـی ، نـوسان های ..... نام دارند . ت) یـکای ..... در SI ، وات بـر متـر مربـع $(W/m^۲)$ است .	۱
۸	شکل زیر ، جهت های حرکت یک چشمهٔ صوتی و یک ناظر (شنونده) را در وضعیت های مختلف نشان می دهد :  بسامدی را که ناظر در وضعیت های (b) و (c) می شنود ، با وضعیت (a) مقایسه کنید .	۰/۵
۹	شکل روبه رو ، یک موج سینوسی را در لحظـه ای از زمان در یک ریسمان کشیده شده، نشان می دهد .  الف) اگر تندی موج $۱/۲ m/s$ باشد ، بسامد موج چند هرتزاست ؟ ب) نقطـهٔ M ریسمان ، در ایـن لحظـه بالا مـی رود یا پاییـن ؟	۱ ۰/۲۵
۱۰	معادلهٔ حرکت هماهنگ سادهٔ یک نوسانگر در SI به صورت $x = ۰/۰۵ \cos ۵\pi t$ است . در چه لحظه ای پس از زمان صفر، برای دومین بار انرژی جنبشی آن بیشینه می شود؟	۱
۱۱	به پرسش های زیر پاسخ کوتاه دهید : الف) تأخیر زمانی بین دو صوت چقدر باشد تا گوش انسان پژواک را ازصوت مستقیم اولیه تمیز دهد ؟ ب) در آزمایش یانگ اگر بجای نور قرمز از نور آبی استفاده کنیم ، پهنای نوارها کاهش می یابند یا افزایش ؟ پ) اجـاق های میکـرومـوج (مایکـروفر) ، بـر چـه اساسی کار می کننـد ؟ ت) آیا در بازتاب پخشنده ، زاویـهٔ تابش و زاویـهٔ بازتابش بـا هم بـرابرند ؟	۱
	ادامهٔ سؤالات در صفحهٔ سوم	

مرکز سنجش و پایش کیفیت آموزشی

باسمه تعالی

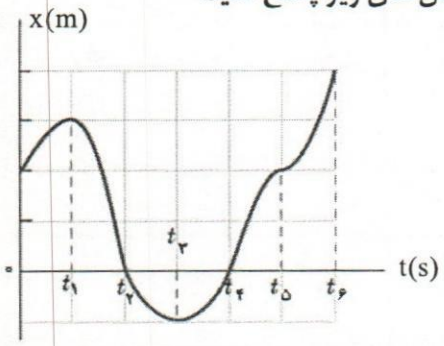
سؤالات امتحان نهایی درس : **فیـــزیک ۳**	رشته : **ریاضی فیزیک**	نام و نام خانوادگی :	مدت امتحان : **۱۱۰ دقیقه**
پایه دوازدهم دورهٔ دوم متوسطه	تعداد صفحه : **۳**	تاریخ امتحان : **۱۳۹۸ / ۳ / ۵**	ساعت شروع : **۸ صبـــح**
دانش آموزان روزانه، بزرگسال و داوطلبان آزاد سراسر کشور در **نوبت خرداد ماه** سال **۱۳۹۸**		مرکز سنجش و پایش کیفیت آموزشی http://aee.medu.ir	

ردیف	سؤالات (پاسخ نامه دارد)	نمره
۱۲	به شکل های زیر توجه کنید :  (۳) (۲) (۱) الف) شـــکل (۱) ، نشان دهندهٔ کدام پدیده در برهم کنش موج با محیط است و در چه صورتی رخ می دهد ؟ ب) در شکل (۲) ، در نقطهٔ p تداخل سازنده است یا ویرانگر ؟ و چه نـــواری تشکیل می شود ؟ پ) در شکل (۳) ، ضریب شکست محیط دوم برای نور قـــرمز بیشتر است یا آبی ؟ تندی کدام نور بیشتر است ؟	۰/۵ ۰/۵ ۰/۵
۱۳	اگـــر بسامد اصلی یک تار ویولن به طول ۸۰ cm برابـــر با ۲۰۰ Hz باشد ، تنـــدی مـــوج در تار را بدست آوریـــد .	۰/۷۵
۱۴	الف) ویژگی ترازهای شبه پایدار در محیط لیزری چیست ؟ ب) با توجه به شکل ، یک اشکال مدل اتمی رادرفورد را در مورد پایداری اتم توضیح دهید . 	۰/۵ ۰/۵
۱۵	طول موج آستانه برای اثر فوتوالکتریک در یک فلز معین ۳۱۰ nm است . الف) تابـــع کار فلز را حساب کنید . ($hc = ۱۲۴۰ \ eV.nm$) ب) اگر K_{max} برای فوتوالکترون ها ۲/۲ eV باشد ، طول موج نور فرودی چند نانومتر است ؟	۰/۵ ۰/۵
۱۶	کوتاه ترین طول موج رشته پاشن ($n_f = ۳$) در اتم هیدروژن را بدست آورید . ($R = ۰/۰۱ \ nm^{-1}$)	۰/۷۵
۱۷	الف) چرا واکنش زنجیری به طور طبیعی در معادن اورانیم رخ نمی دهد ؟ ب) چه نیرویی در اتم ، نوکلئون ها را در کنار یکدیگر نگه می دارد ؟ پ) جای خالی داده شده را که ممکن است مربوط به یک یا چند ذرهٔ آلفا یا بتا باشد ،کامل کنید : $^{11}_{6}C \rightarrow {}^{11}_{5}B + ...$	۰/۵ ۰/۲۵ ۰/۵
۱۸	از یک مادهٔ رادیواکتیـــو پس از گذشت ۱۳۵ روز ، $\frac{7}{8}$ مادهٔ فعـــال اولیه ، واپاشیده شده است . نیمه عمر این ماده چند روز است ؟	۱/۲۵
	موفق و سربلند باشید جمع بارم	۲۰

مرکز سنجش و پایش کیفیت آموزشی

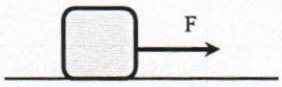
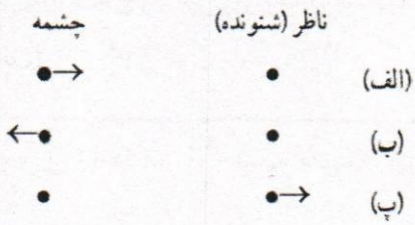
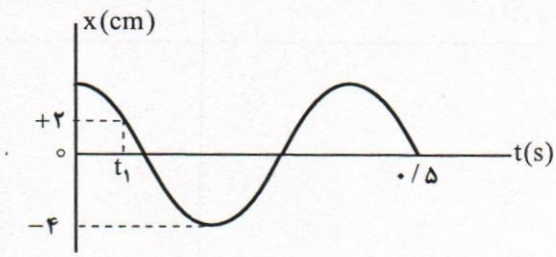
باسمه تعالی

سؤالات امتحان نهایی درس **فیـزیک**	رشته : **ریاضی فیزیک**	ساعت شروع : **۱۶ به افق تهران**	مدت امتحان : **۱۲۰ دقیقه**
پایه : **دوازدهم**			تاریخ امتحان : **۱۱ / ۳ / ۱۳۹۸**
دانش آموزان و داوطلبان آزاد خارج از کشور در **نوبت خرداد ماه سال ۱۳۹۸**			مرکـز سنجش و پایش کیفیت آموزشی

ردیف	توجه : سؤالات در ۳ صفحه تنظیم شده است	نمره
۱	جاهای خالی را با عبارت درست پر کنید : الف) شیب خطی که دو نقطه از نمودار مکان - زمان را به هم وصل می کند ، عبارت از ..... است. ب) حـرکت سقـوط آزاد در نـزدیکی سطـح زمیـن یک حـرکت ..... است. پ) در حـرکت ..... ، انـدازهٔ نیـروی خـالص وارد بـر جسم برابـر صفر است. ت) در حرکت نوسانی، تعداد نوسان ها در یکای زمان ..... نامیده می شود. ث) کم ترین کار لازم برای خارج کردن یک الکترون از یک فلز ..... نامیده می شود. ج) به عناصری که دارای عدد اتمی یکسان و عدد نوترونی متفاوت هستند، ایزوتوپ یا ..... گفته می شود.	۱/۵
۲	عبارت درست را از درون پرانتز انتخاب کنید : الف) در حرکت تند شونده، علامت شتاب حرکت (می تواند – نمی تواند) منفی باشد. ب) نیـروی مقاومت یک شاره ، به تنـدی حـرکت جسم بستگـی (دارد – ندارد). پ) تندی انتشار موج به ویژگی های فیزیکی (محیط انتشار – چشمهٔ) موج بستگی دارد. ت) بسامدی که گوش انسان از یک تُن درک می کند، (ارتفاع – بلندی) نامیده می شود.	۱
۳	درستی یا نادرستی جمله های زیر را با حرف های (د) یا (ن) مشخص کنید . الف) بردار سرعت متوسط هم سو با بردار مکان است. ب) تکانـه ، یـک کمیت بـرداری است. پ) انرژی یک نوسانگر هماهنگ ساده متناسب با دامنهٔ نوسان است. ت) طول موج های موجود در رشتهٔ براکت در ناحیهٔ فرابنفش قرار دارند. ث) نفوذ پرتوهای آلفا در یک ورقهٔ سربی از نفوذ پرتوهای بتا کمتر است.	۱/۲۵
۴	اتومبیلی با تنـدی $108\ km/h$ در حرکت است و راننده مانعی را در فاصلهٔ ۸۰ متری مشاهده می کند. اگـر بیشینهٔ شتاب توقف اتومبیل $5\ m/s^2$ باشد، آیا راننده می تواند به موقع خودرو را متوقف کند تا تصادفی رخ ندهد؟	۱/۲۵
۵	نمودار مکان - زمان متحرکی مطابق شکل است. با توجه به نمودار به پرسش های زیر پاسخ دهید:  الف) در چه لحظه ای برای اولین بار متحرک متوقف شده است؟ ب) در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 حرکت تندشونده است یا کند شونده؟ پ) اندازهٔ جابه جایی متحرک در بازهٔ زمانی صفر تا t_2 را با بازهٔ زمانی t_4 تا t_5 مقایسه کنید .	۰/۲۵ ۰/۲۵ ۰/۲۵
۶	توپی را از ارتفاع ۸۰ متری سطح زمین رها می کنیم. الف) تندی توپ در لحظهٔ برخورد با سطح زمین چند متر بر ثانیه است؟ ب) نمودار مکان - زمان حرکت توپ را از لحظهٔ رها شدن تا رسیدن به سطح زمین با محاسبهٔ زمان حرکت رسم کنید.	۰/۵ ۱
	ادامهٔ سؤالات در صفحهٔ دوم	

باسمه تعالی

سؤالات امتحان نهایی درس **فیـــزیک**	رشته : **ریاضی فیزیک**	ساعت شروع : **۱۶ به افق تهران**	مدت امتحان : **۱۲۰ دقیقه**
پایه : دوازدهم			**تاریخ امتحان : ۱۱ / ۳ / ۱۳۹۸**
دانش آموزان و داوطلبان آزاد خارج از کشور در نوبت خرداد ماه سال ۱۳۹۸			**مرکـز سنجش و پایش کیفیت آموزشی**

ردیف	سؤالات	نمره
۷	در شکل مقابل، اگـر اندازهٔ نیروی $\vec{F}$ برابر با ۲۵ N ، جرم جسم ۲۰ kg و اندازهٔ شتاب حرکت جسم بـرابـر $1\ m/s^2$ باشد، ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطـح را به دست آوریـد.  $(g = 10\ m/s^2)$	۱/۵
۸	قـرص چرخانی روی یک سطح افقـی در هـر دقیقه ۱۲۰ دور می چـرخد. تنـدی نقطه ای واقع بر قرص که تا مـرکز آن ۰/۵ متر فاصله دارد، چه انـدازه است؟ $(\pi \approx 3)$	۰/۷۵
۹	به پرسش های زیر پاسخ کوتاه بدهید:	
	الف) در یک لحظه جهت میدان مغناطیسی در یک موج الکترومغناطیسی رو به شمال و جهت میدان الکتریکی رو به شرق است. جهت انتشار موج الکترومغناطیسی را تعیین کنید.	۰/۵
	ب) چرا زمانی که نور از هوا وارد آب می شود ، بسامد آن ثابت می ماند؟	۰/۵
	پ) شخصی در مقابل یک دیوار فریاد می زند و بازتاب صوت او به گوشش می رسد. در چه صورتی می تواند صوت اصلی و پژواک آن را از هم تمیز دهد؟	۰/۵
	ت) نمودار انرژی جنبشی بیشینهٔ فوتوالکترون را بر حسب بسامد پرتوی فرودی بر سطح فلز، در اثر فوتوالکتریک به طور کیفی برای دو فلز متفاوت رسم کنید.	۰/۵
	ث) یک مورد تفاوت بین شکافت هسته ای و همجوشی هسته ای (گداخت) بنویسید.	۰/۵
	ج) در واپاشی گاما، هستهٔ اتم چه تغییری می کند؟	۰/۲۵
۱۰	شکل مقابل جهت حرکت یک چشمهٔ صوتی و یک ناظر (شنونده) را در سه حالت مختلف نشـان می دهـد. در هـر حالت مشخص کنیـد بسامـدی که شنونده می شنـود از بسامد صوت اصلی چشمه بیشتر یا کمتر است و یا برابر با بسامد صوت اصلی است؟ 	۰/۷۵
۱۱	نمودار مکان - زمان نوسانگری مطابق شکل است. شتاب نـوسانگر در لحظـهٔ t_1 چند m/s^2 است؟ $(\pi^2 \approx 10)$ 	۱/۵
	ادامهٔ سؤالات در صفحهٔ سوم	

باسمه تعالی

سؤالات امتحان نهایی درس **فیـــزیک**	رشته : **ریاضی فیزیک**	ساعت شروع : **۱۶ به افق تهران**	مدت امتحان : **۱۲۰ دقیقه**
پایه : دوازدهم			**تاریخ امتحان : ۱۱ / ۳ / ۱۳۹۸**
دانش آموزان و داوطلبان آزاد خارج از کشور در نوبت خرداد ماه سال ۱۳۹۸			**مرکـز سنجش و پایش کیفیت آموزشی**

ردیف	سؤالات	نمره
۱۲	**جدول زیر را مطابق نمونه کامل کنید.** |	| تشکیل گره و شکم در لولهٔ صوتی | گسترده شدن نور پس از عبور از یک روزنهٔ کوچک | تشکیل سراب | شنیده شدن پژواک | | شکست موج | | | | | | تداخل موج | * | | | | | بازتاب موج | | | | | | پراش موج | | | | |	۰/۷۵
۱۳	یک موج الکتـرومغناطیسی با زاویهٔ تابش 53° از هوا وارد محیط شفاف دیگری می شود. با فـرض این که سرعت نور در هوا $3\times10^8\ m/s$ و ضریب شکست هـوا نیز برابر ۱ باشد ، اگـر زاویهٔ شکست در محیط دوم 37° باشد، به موارد زیـر پاسخ دهید : $(\sin37=0/6\ ,\ \sin53=0/8)$ الف) ضریب شکست محیط شفاف دوم چقدر است؟ ب) سرعت نور در محیط دوم چند m/s است؟ پ) با رسم یک شکل، جبهه های موج را هنگام عبور از سطح مشترک دو محیط نشان دهید.	۰/۵ ۰/۵ ۰/۵
۱۴	تابع کار فلزی $4\ eV$ است. آیا نوری با طول موج ۳۰۰ نانومتر می تواند سبب گسیل فوتوالکترون ها از این فلز شود؟ $(hc=1240\ eV.nm)$	۰/۷۵
۱۵	الکترون در اتم هیدروژن در حالت برانگیختهٔ $n=4$ قرار دارد. الف) این الکترون با تابش چند فوتون منحصر به فرد می تواند به حالت پایه برود؟ ب) بیشترین انرژی فوتون گسیلی چند الکترون ولت است؟	۰/۲۵ ۱
۱۶	در فرایندهای واپاشی زیر یک یا چند ذرهٔ آلفا یا بتای مثبت یا بتای منفی آزاد می شود. جاهای خالی را پر کنید: الف) $^{214}_{84}Po \rightarrow ... + ^{210}_{82}Pb$ ب) $^{11}_{6}C \rightarrow ... + ^{11}_{5}B$	۰/۵
۱۷	پس از ۲۱ دقیقه ، $\frac{1}{8}$ هسته های یک ایزوتوپ پرتوزا فعال باقی مانده است. نیمه عمر این ایزوتوپ چند دقیقه است؟	۰/۷۵
	موفق و شاد و سربلند باشید جمع بارم	۲۰

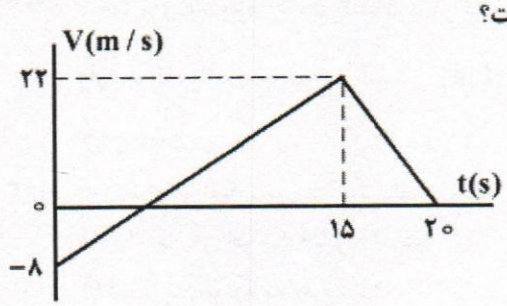
محل انجام محاسبات

۹ 21-A

۵۶ متحرکی بدون سرعت اولیه در مبدأ زمان از مبدأ مکان روی محور x با شتاب ثابت به حرکت درآمده و در لحظهٔ $t = 5s$ به مکان $x = -122/5m$ می‌رسد. بزرگی سرعت متحرک در این لحظه به چند متر بر ثانیه می‌رسد؟

۱) ۱۹/۶ ۲) ۳۲/۴ ۳) ۴۵/۰ ۴) ۴۹/۰

۱۵۷- نمودار سرعت ـ زمان متحرکی که بر مسیری مستقیم حرکت می‌کند، به‌صورت شکل زیر است. مسافت پیموده شده توسط این متحرک در بازهٔ زمانی ۰s تا ۲۰s، چند متر است؟

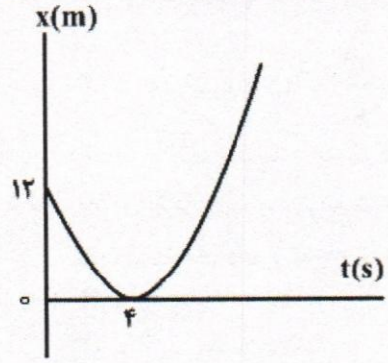


۱) ۱۶۰
۲) ۱۷۶
۳) ۱۸۰
۴) ۱۹۲

۱۵۸- گلوله‌ای از ارتفاع h رها می‌شود. این گلوله با سرعت V از ارتفاع ۹ متری زمین عبور می‌کند و با سرعت $\frac{3}{2}V$ به زمین می‌رسد. h چند متر است؟ (از مقاومت هوا صرف‌نظر شود و $g = 10\frac{m}{s^2}$)

۱) ۱۶/۲ ۲) ۱۸ ۳) ۳۲/۴ ۴) ۳۶

۱۵۹- مطابق شکل زیر، نمودار مکان ـ زمان متحرکی به‌صورت سهمی است. سرعت متحرک در لحظهٔ $t = 8s$ چند متر بر ثانیه است؟



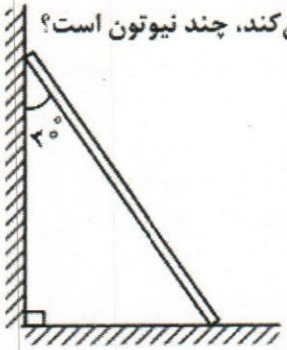
۱) ۳
۲) ۴
۳) ۶
۴) ۱۲

۱۶۰- رانندهٔ خودرویی به جرم ۲ تن که با سرعت $36\frac{km}{h}$ در یک مسیر مستقیم و افقی در حرکت است، با دیدن مانعی ترمز می‌کند. در اثر ترمز، خودرو با طی مسافت ۴ متر می‌ایستد. نیروی اصطکاک وارد شده بر خودرو چند نیوتون است؟

۱) ۷۵۰۰ ۲) ۱۲۵۰۰ ۳) ۱۵۰۰۰ ۴) ۲۵۰۰۰

محل انجام محاسبات

۱۶۱- نردبانی همگن به جرم ۴۰kg مطابق شکل زیر، روی دیوار قائمی با اصطکاک ناچیز قرار دارد. اگر نیرویی که دیوار قائم به نردبان وارد می‌کند، ۳۰۰N باشد، نیرویی که سطح افقی به نردبان وارد می‌کند، چند نیوتون است؟



$(g = 10\frac{N}{kg})$

۱) ۴۰۰

۲) ۵۰۰

۳) ۶۰۰

۴) $250\sqrt{3}$

۱۶۲- ماهواره‌ای به جرم ۵۰۰ کیلوگرم در ارتفاع ۱۶۰۰ کیلومتری سطح زمین به دور آن می‌چرخد. نیروی مرکزگرای وارد بر ماهواره چند نیوتون است؟ $(R_e = 6400km$ و $g = 10\frac{m}{s^2})$

۱) ۵۰۰۰ ۲) ۳۲۰۰ ۳) ۸۰۰ ۴) ۶۴۰

۱۶۳- در کف یک آسانسور باسکولی نصب شده است. در یک حرکت، باسکول وزن شخص را بیش از حالت سکون نشان داده است. آن حرکت چگونه است؟

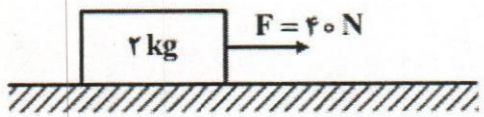
۱) الزاماً تندشونده به طرف بالا

۲) الزاماً تندشونده به طرف پایین

۳) تندشونده به طرف بالا یا کندشونده به طرف پایین

۴) کندشونده به طرف بالا یا تندشونده به طرف پایین

۱۶۴- مطابق شکل زیر، جسمی روی سطح افقی ساکن است. به جسم نیروی افقی F وارد می‌شود. ۵ ثانیه پس از وارد شدن نیروی F مقدار این نیرو ۳۰ نیوتون کاهش می‌یابد، حرکت جسم پس از آن چگونه است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$



$\mu_s = 0/6$ و $\mu_k = 0/5$

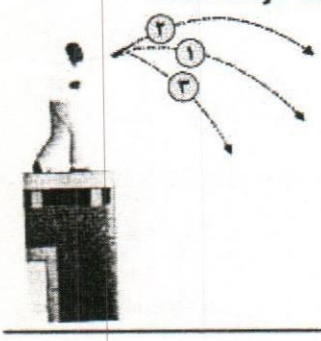
۱) جسم همان لحظه می‌ایستد.

۲) حرکت جسم با شتاب $1\frac{m}{s^2}$ کند می‌شود.

۳) حرکت جسم با شتاب $3\frac{m}{s^2}$ کند می‌شود.

۴) جسم با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد.

۱۶۵- مطابق شکل زیر، سه توپ مشابه از بالای ساختمانی، از یک نقطه با سرعت یکسان پرتاب می‌شوند. اگر کار نیروی وزن روی سه توپ از لحظهٔ پرتاب تا رسیدن به زمین W_1، W_2 و W_3 باشد، کدام رابطه درست است؟



۱) $W_1 = W_2 = W_3$

۲) $W_2 > W_1 > W_3$

۳) $W_3 < W_2 < W_1$

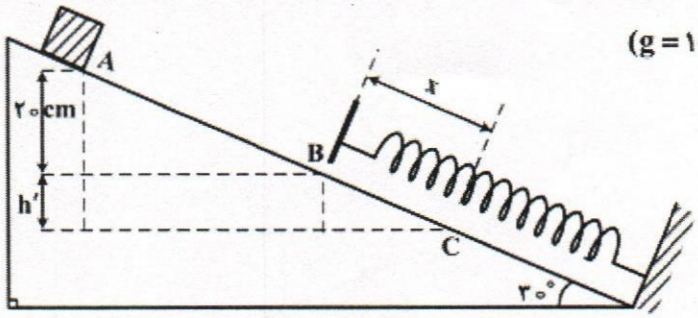
۴) $W_2 = W_3 > W_1$

محل انجام محاسبات

۱۶۶- اگر تکانهٔ گلوله‌ای در SI از ۲۰ به ۲۲ برسد، انرژی جنبشی گلوله چند درصد افزایش می‌یابد؟

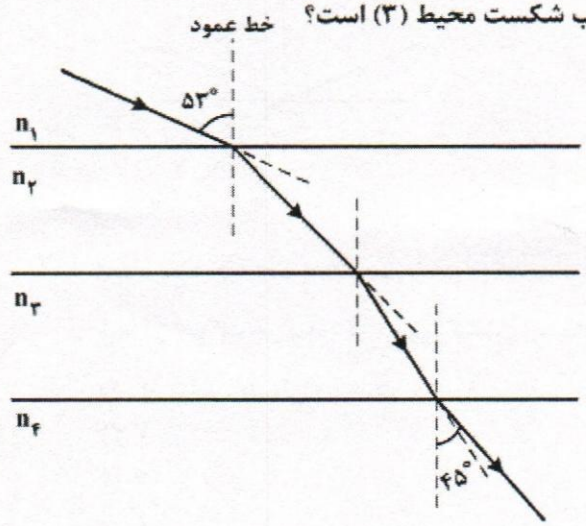
۱) ۱۰ ۲) ۱۲ ۳) ۲۱ ۴) ۴۲

۱۶۷- جسمی به جرم ۲ کیلوگرم روی سطح شیبدار با اصطکاک ناچیز به سمت پایین می‌لغزد و با سرعت $۲\frac{m}{s}$ از نقطهٔ A عبور کرده و در نقطهٔ B به فنر برخورد می‌کند. اگر حداکثر فشردگی فنر x و بیشینهٔ انرژی ذخیره شده در فنر ۱۰ ژول باشد، x چند سانتی‌متر است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$



۱) ۱۰
۲) ۲۰
۳) ۳۰
۴) ۴۰

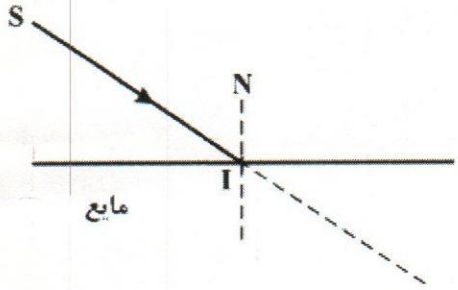
۱۶۸- مطابق شکل زیر پرتو نوری از محیط شفاف (۱) وارد محیط‌های شفاف دیگر می‌شود. اگر سرعت نور در محیط (۲)، ۲۵ درصد کم‌تر از سرعت نور در محیط (۱) باشد و سرعت نور در محیط (۴)، ۴۰ درصد بیشتر از سرعت نور در محیط ۳ باشد، ضریب شکست محیط (۲) چند برابر ضریب شکست محیط (۳) است؟ $(\sin ۵۳^\circ = ۰/۸ ، \sin ۴۵^\circ = ۰/۷)$

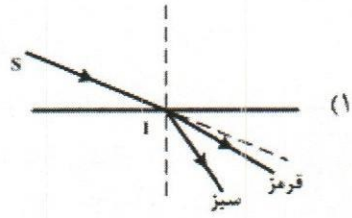


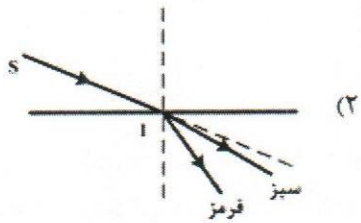
۱) $\frac{۴}{۳}$
۲) $\frac{۶}{۵}$
۳) $\frac{۳}{۴}$
۴) $\frac{۵}{۶}$

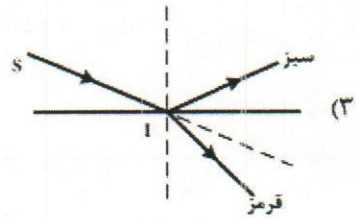
محل انجام محاسبات

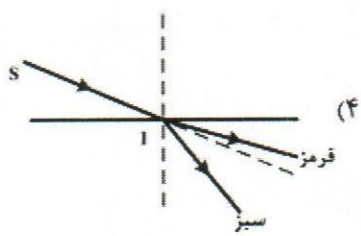
۱۶۹- در شکل زیر، پرتو فرودی SI شامل نورهای تکفام قرمز و سبز است که از هوا وارد یک مایع شفاف می‌شود. کدام‌یک از شکل‌های زیر مسیر شکست نور را درست نشان می‌دهد؟



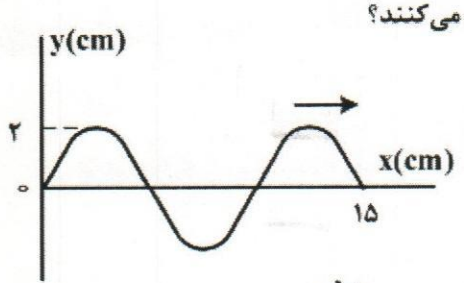
۱)


۲)


۳)


۴)


۱۷۰- شکل زیر، یک موج سینوسی را در لحظه‌ای از زمان نشان می‌دهد که در جهت محور x در طول ریسمان کشیده شده‌ای حرکت می‌کند. اگر نیروی کشش ریسمان ۸۰N و چگالی خطی (جرم واحد طول) آن $۰/۲\frac{kg}{m}$ باشد، هر یک از ذرات ریسمان در مدت ۰/۰۱s مسافت چند سانتی‌متر را طی می‌کنند؟



۱) ۲
۲) ۴
۳) ۸
۴) ۱۶

۱۷۱- چگالی خطی جرم (جرم واحد طول) در یک سیم که در ساز موسیقی به‌کار رفته $۴\times۱۰^{-۳}\frac{kg}{m}$ است و این سیم بین دو نقطه با نیروی ۲۵۰N کشیده شده است. اگر بسامد صوت حاصل از ساز ۳۱۲/۵Hz باشد، طول موج ایجاد شده در آن چند متر است؟

۱) ۰/۵۰ ۲) ۰/۷۵ ۳) ۰/۸۰ ۴) ۱/۲۵

محل انجام محاسبات

۱۷۲- آونگ ساده‌ای به طول ۸۰cm با دامنهٔ کم در حال نوسان است. طول آونگ را چگونه تغییر دهیم تا دورهٔ نوسان آن نصف شود؟

۱) ۶۰ سانتی‌متر کاهش دهیم.
۲) ۶۰ سانتی‌متر افزایش دهیم.
۳) ۲۰ سانتی‌متر کاهش دهیم.
۴) ۲۰ سانتی‌متر افزایش دهیم.

۱۷۳- نوسانگری به جرم ۱۰۰g به انتهای فنری که ثابت آن $۴۰\frac{N}{m}$ است، بسته شده است و روی سطح افقی بدون اصطکاک، حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر انرژی مکانیکی نوسانگر ۸mJ باشد، لحظه‌ای که انرژی جنبشی نوسانگر برابر انرژی پتانسیل کشسانی آن است، سرعت آن چند متر بر ثانیه است؟

۱) $\frac{\sqrt{۲}}{۱۰}$ ۲) $\frac{\sqrt{۲}}{۵}$ ۳) $۱۰\sqrt{۲}$ ۴) $۲۰\sqrt{۲}$

۱۷۴- یک لامپ ۲۰۰ وات، نور بنفش با طول موج ۴۰۰nm گسیل می‌کند. یک لامپ ۲۰۰ واتی دیگر نور زرد با طول موج ۶۰۰nm گسیل می‌کند. تعداد فوتون‌هایی که در هر ثانیه از لامپ زرد گسیل می‌شود، چند برابر تعداد فوتون‌هایی است که در همین مدت از لامپ بنفش گسیل می‌شود؟

۱) $\frac{۲}{۳}$ ۲) ۱ ۳) $\frac{۳}{۲}$ ۴) ۲

۱۷۵- تابع کار فلزی ۴/۱۴eV است. بیشینهٔ طول موج نور برای خارج کردن الکترون از سطح این فلز چند نانومتر است؟

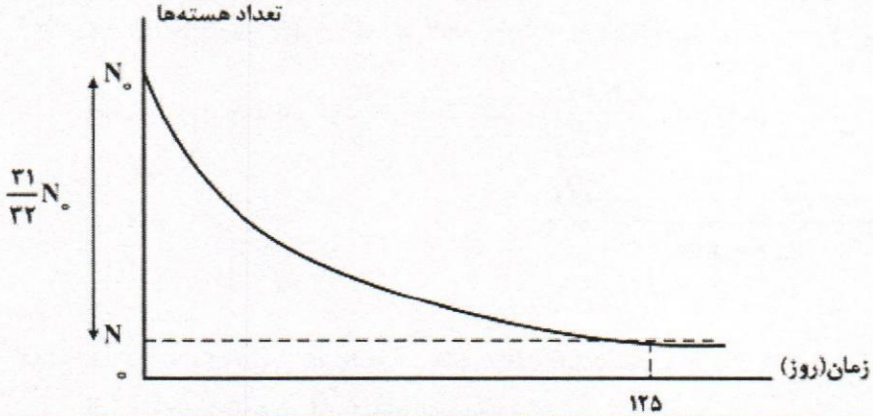
$(h = ۴/۱۴\times۱۰^{-۱۵}\ eV.s$ و $C = ۳\times۱۰^{۸}\frac{m}{s})$

۱) ۳۰۰ ۲) ۴۰۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۶۰۰

۱۷۶- در واکنش $^{۲۳۷}_{۹۲}X \rightarrow Y + ۳\alpha + \beta^-$ تعداد نوکلئون‌های Y چقدر است؟

۱) ۲۲۴ ۲) ۲۲۵ ۳) ۲۲۶ ۴) ۲۲۸

۱۷۷- نمودار واپاشی هسته‌های یک مادهٔ پرتوزا برحسب زمان به‌صورت شکل زیر است. نیمه عمر این ماده چند روز است؟

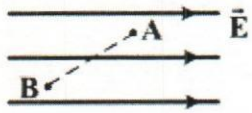


۱) ۵
۲) ۲۵
۳) ۵۰
۴) ۶۲/۵

محل انجام محاسبات

۴

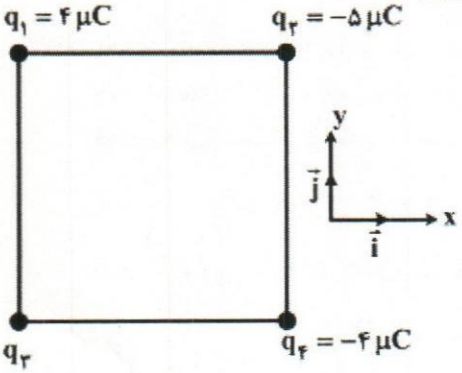
۱۷۸- در شکل زیر، بار الکتریکی $q = -۵۰\,\mu C$ از نقطهٔ A به پتانسیل الکتریکی ۱۲۰ ولت به نقطهٔ B می‌رود و انرژی پتانسیل الکتریکی آن $۵mJ$ تغییر می‌کند. پتانسیل الکتریکی نقطهٔ B چند ولت است؟



۱) ۲۰
۲) ۱۱۰
۳) ۱۳۰
۴) ۲۲۰

۱۷۹- چهار ذرهٔ باردار مطابق شکل زیر در رأس‌های یک مربع به ضلع $۲۰cm$ قرار دارند. اگر نیروی الکتریکی خالص وارد بر $q_۲$ در SI به‌صورت $\vec{F} = -۹\vec{i}$ باشد، $q_۳$ چند میکروکولن است؟

$$(k = ۹\times۱۰^۹ \frac{N.m^۲}{C^۲})$$

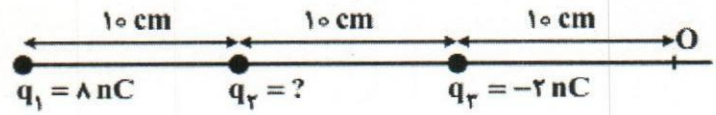


۱) $-۸\sqrt{۲}$
۲) -۴
۳) ۴
۴) $۸\sqrt{۲}$

۱۸۰- اگر اندازهٔ بارهای هر یک از دو بار الکتریکی نقطه‌ای را ۳ برابر کنیم و فاصلهٔ بین آن‌ها را نیز ۳ برابر کنیم، نیروی الکتریکی بین آن‌ها چند برابر می‌شود؟

۱) $\frac{۱}{۳}$
۲) ۱
۳) ۳
۴) ۹

۱۸۱- سه بار نقطه‌ای مطابق شکل زیر ثابت شده‌اند. میدان الکتریکی برایند حاصل از سه بار در نقطهٔ O برابر $۱۰۰\frac{N}{C}$ است. بار $q_۲$ چند نانو کولن می‌تواند باشد؟ $(k = ۹\times۱۰^۹ \frac{N.m^۲}{C^۲})$



۱) $+۴$
۲) $+۲$
۳) -۲
۴) -۴

۱۸۲- خازنی به یک باتری که ولتاژ آن قابل تنظیم است، متصل است. اگر ولتاژ دو سر خازن از $۲۰V$ به $۱۵V$ برسد، انرژی ذخیره شده در آن چند برابر می‌شود؟

۱) $\frac{۳}{۴}$
۲) $\frac{۲}{۳}$
۳) $\frac{۹}{۱۶}$
۴) $\frac{۳}{۱۶}$

محل انجام محاسبات

۱۸۳- ترمیستور چیست؟

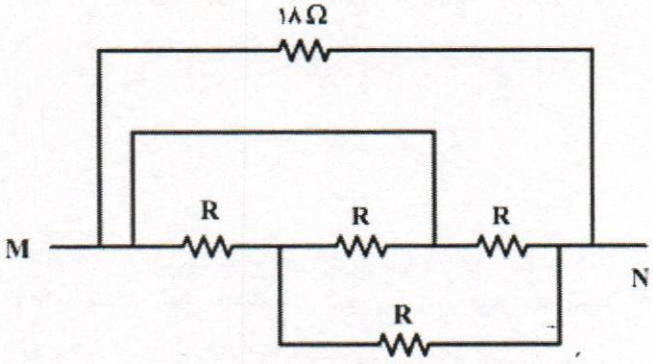
۱) نوعی دیود است که حساس به نور و گرما است.

۲) نوعی دیود است که به‌عنوان دماسنج استفاده می‌شود.

۳) نوعی از مقاومت است که بستگی مقاومت الکتریکی آن به دما، تقریباً صفر است.

۴) نوعی از مقاومت است که بستگی مقاومت الکتریکی آن به دما، با مقاومت‌های الکتریکی معمولی متفاوت است.

۱۸۴- در مدار زیر، مقاومت معادل بین دو نقطهٔ M و N برابر $\frac{R}{۲}$ است. R چند اهم است؟



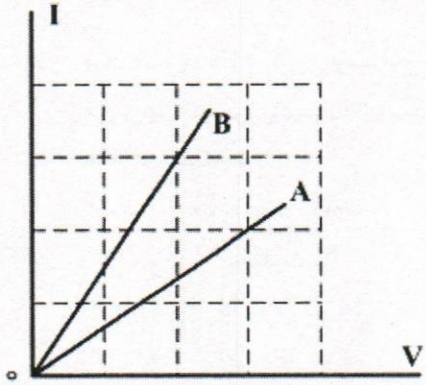
۱) ۱۸

۲) ۱۲

۳) ۶

۴) ۳

۱۸۵- شکل زیر، رابطهٔ بین جریان عبوری از مقاومت‌های A و B و اختلاف پتانسیل دو سر آن مقاومت‌ها را نشان می‌دهد. مقاومت B چند برابر مقاومت A است؟



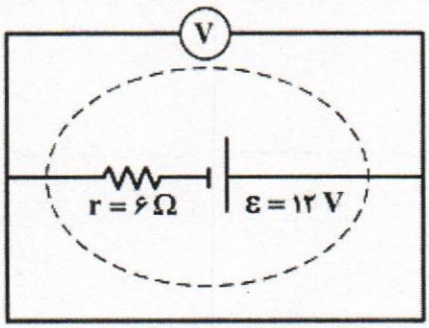
۱) $\frac{۴}{۹}$

۲) $\frac{۲}{۳}$

۳) $\frac{۳}{۲}$

۴) $\frac{۹}{۴}$

۱۸۶- در مدار زیر، ولت‌سنج چند ولت را نشان می‌دهد؟



۱) صفر

۲) ۲

۳) ۶

۴) ۱۲

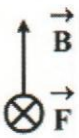
محل انجام محاسبات

۶

۱۸۷- پیچهٔ مسطحی شامل ۵۰ حلقه است و مساحت سطح هر حلقهٔ آن $۶۴\pi cm^۲$ است. اگر جریان ۸ آمپر از آن بگذرد، اندازهٔ میدان مغناطیسی در مرکز پیچه چند تسلا است؟ $(\mu_۰ = ۴\pi \times ۱۰^{-۷} \frac{T.m}{A})$

۱) $۱۰^{-۳}$ ۲) $۱۰^{-۳}\pi$ ۳) $۱/۶ \times ۱۰^{-۳}$ ۴) $۲ \times ۱۰^{-۳}\pi$

۱۸۸- الکترونی با سرعت $\vec{V}$ در یک میدان مغناطیسی یکنواخت، عمود بر میدان در حرکت است. اگر شکل زیر نشان‌دهندهٔ جهت میدان $(\vec{B})$ و جهت نیروی وارد بر الکترون $(\vec{F})$ باشد، جهت $\vec{V}$ کدام است؟

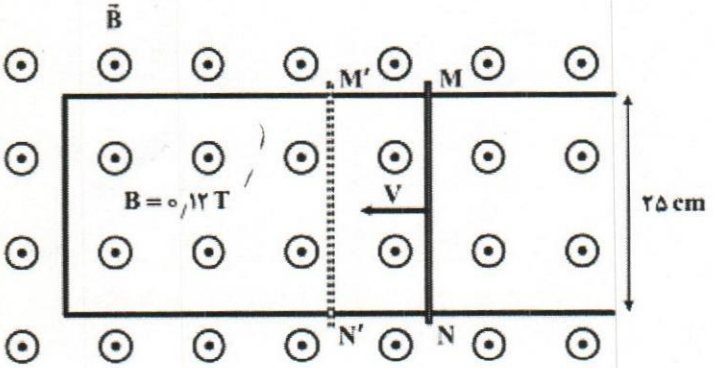


۱) ⊙
۲) ⊗
۳) →
۴) ←

۱۸۹- معادلهٔ شار مغناطیسی عبوری از یک پیچه که شامل ۶۰ حلقه است، در SI به صورت $\phi = ۴ \times ۱۰^{-۳} \cos ۱۰۰\pi t$ است. اندازهٔ نیروی محرکهٔ القایی متوسط در پیچه در بازهٔ زمانی $t_۱ = \frac{۱}{۲۰۰}s$ تا $t_۲ = \frac{۱}{۱۰۰}s$ چند ولت است؟

۱) ۲/۴ ۲) ۴/۸ ۳) ۲۴ ۴) ۴۸

۱۹۰- میلهٔ فلزی MN را روی رسانای U شکل با سرعت ثابت V در مدت Δt از وضع MN به وضع $M'N'$ در می‌آوریم. اگر نیروی محرکه القاء شده ۰/۱۵ ولت باشد، سرعت حرکت میله چند متر بر ثانیه و جهت جریان القا شده در میله، کدام است؟



۱) ۵ و از N به طرف M
۲) ۵ و از M به طرف N
۳) ۷/۵ و از N به طرف M
۴) ۷/۵ و از M به طرف N

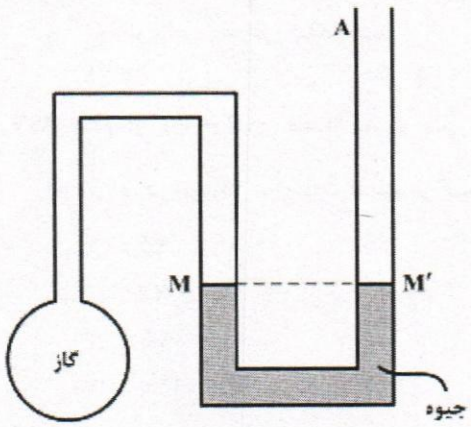
محل انجام محاسبات

صفحه ۷

۱۹۱- مکعب فلزی توپری به ابعاد $۵cm \times ۴cm \times ۲cm$ و چگالی $۸\frac{g}{cm^۳}$ از طرف یکی از وجه‌هایش روی سطح افقی قرار می‌گیرد. بیشترین فشاری که مکعب می‌تواند بر سطح وارد کند، چند پاسکال است؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$

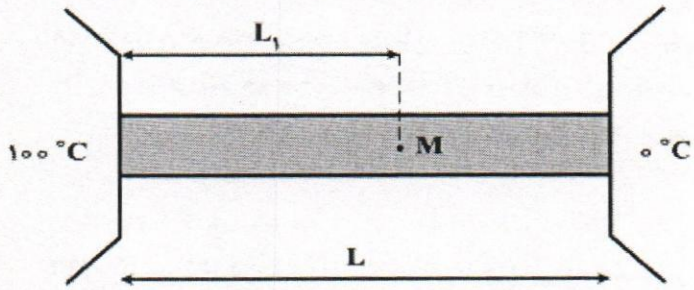
۱) $۱/۶ \times ۱۰^۲$ ۲) ۴×۱۰^۲ ۳) $۱/۶ \times ۱۰^۳$ ۴) ۴×۱۰^۳

۱۹۲- در شکل زیر دمای گاز ۲۷ درجهٔ سلسیوس و فشار آن ۷۵ سانتی‌متر جیوه است. اگر دمای گاز را ۳۰ درجه سلسیوس افزایش دهیم، چند سانتی‌متر به ارتفاع جیوه در شاخهٔ A اضافه کنیم تا سطح جیوه در شاخهٔ سمت چپ، در سطح M باقی بماند؟



۱) ۲۰
۲) ۱۵
۳) ۷/۵
۴) ۵/۵

۱۹۳- یک میلهٔ همگن به طول L بین دو منبع با دماهای ۱۰۰°C و صفر درجه سلسیوس قرار دارد، طول $L_۱$ چه کسری از L باشد تا دما در نقطهٔ M از میله برابر ۳۰ درجه سلسیوس باشد؟ (از مبادلهٔ گرما بین سطح میله و محیط صرف‌نظر شده است.)



۱) ۰/۳
۲) ۰/۵
۳) ۰/۷
۴) ۰/۷۵

۱۹۴- یک حباب هوا به حجم ۱/۴۰ سانتی‌متر مکعب از عمق دریاچه‌ای که فشار در آن محل $۱/۸ \times ۱۰^۵$ پاسکال و دما ۷ درجه سلسیوس است، به سطح دریاچه می‌رسد که دما ۲۷ درجه سلسیوس و فشار $۱/۰ \times ۱۰^۵$ پاسکال است. در این انتقال، حجم حباب چند سانتی‌متر مکعب تغییر می‌کند؟

۱) ۱/۳۰ ۲) ۱/۲۸ ۳) ۱/۰۷ ۴) ۰/۷۰

محل انجام محاسبات

۸

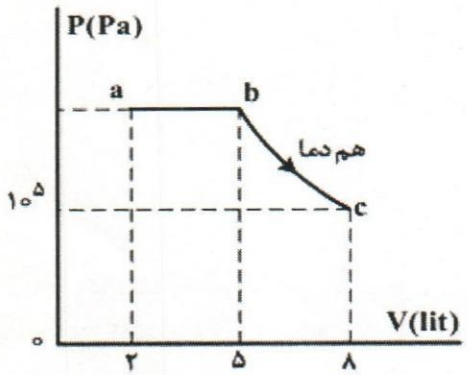
۱۹۵ در یک فرایند بی‌دررو، اگر حجم گاز از ۵Lit به ۴Lit برسد، کار انجام شده روی گاز برابر W_1 و تغییر انرژی درونی گاز ΔU_1 است و اگر در ادامهٔ همان فرایند، حجم گاز از ۴Lit به ۳Lit برسد، کار انجام شده روی گاز W_2 و تغییر انرژی درونی گاز ΔU_2 است. کدام رابطه درست است؟

۱) $\Delta U_2 = \Delta U_1 \ , \ W_2 = W_1$
۲) $\Delta U_2 > \Delta U_1 \ , \ W_2 > W_1$
۳) $\Delta U_1 > \Delta U_2 \ , \ W_1 > W_2$
۴) $\Delta U_2 > \Delta U_1 \ , \ W_1 > W_2$

۱۹۶- در یک یخچال، گرمایی که به بیرون داده می‌شود $\frac{5}{4}$ گرمایی است که از مواد داخل یخچال گرفته می‌شود. ضریب عملکرد این یخچال چقدر است؟

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۵

۱۹۷- نمودار $(P-V)$ی مقدار معینی گاز تک اتمی مطابق شکل زیر است. انرژی درونی گاز در حالت c چند ژول از انرژی درونی گاز در حالت a بیشتر است؟ $(C_P = \frac{5}{2}R)$



۱) ۴۵۰
۲) ۷۲۰
۳) ۷۵۰
۴) ۱۲۰۰

۱۹۸- درون دو ظرف با حجم یکسان، در یکی n مول گاز اکسیژن و در دیگری به همان تعداد مول هلیم وجود دارد. طی یک فرایند هم حجم، به هر دو گاز، مقدار گرمای یکسانی می‌دهیم. اگر نسبت افزایش دمای هلیم به افزایش دمای اکسیژن را با k و نسبت تغییر انرژی درونی گاز هلیم به تغییر انرژی درونی گاز اکسیژن را با m نشان دهیم، کدام گزینه درست است؟

۱) $m=1 \ , \ k>1$ ۲) $m=1 \ , \ k=1$ ۳) $m<1 \ , \ k<1$ ۴) $m>1 \ , \ k>1$

۱۹۹- دمای ۱۲۲ درجهٔ فارنهایت معادل با چند درجهٔ سلسیوس و چند کلوین است؟

۱) ۵۰ و ۳۳۲ ۲) ۵۰ و ۳۲۳ ۳) ۵۹ و ۳۳۲ ۴) ۵۹ و ۳۲۳

۲۰۰- نقطهٔ ذوب طلا:

۱) فقط در مقیاس نانو ذره خیلی کاهش می‌یابد.
۲) فقط در مقیاس نانو ذره خیلی افزایش می‌یابد.
۳) هم در مقایس نانو ذره و هم در مقیاس نانو لایه خیلی کاهش می‌یابد.
۴) هم در مقیاس نانو ذره و هم در مقیاس نانو لایه خیلی افزایش می‌یابد.

محل انجام محاسبات